

**"DISEÑO DE INGENIERÍA CIRCUITO VIAL
PLAZA DE ARMAS- PLAZUELA SAN FRANCISCO, QUILLOTA"
ANEXO J
PROYECTO PAVIMENTACION Y AGUAS LLUVIAS
MEMORIA DE DISEÑO**

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.	4
2.1	AREA DE PROYECTO.....	5
3	DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	7
3.1	TRÁNSITO DE DISEÑO.....	7
3.2	MÉTODO AASHTO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	8
3.2.1	CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.....	8
3.2.2	CÁLCULO DE PAVIMENTOS.....	12
4	BASES DE DISEÑO GEOMETRICO.	14
4.1	VELOCIDAD DE DISEÑO.	14
4.2	ALINEAMIENTOS VERTICALES.....	14
4.3	ALINEAMIENTOS HORIZONTALES.	15
4.4	EJES DE REPLANTEO.	15
5	OBRAS DE EVACUACION DE AGUAS LLUVIAS	15
5.1	CAUDALES DE AGUAS LLUVIAS.....	16
5.1.1	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C).....	16
5.1.2	SUPERFICIE DE LA CUENCA	18
5.1.3	INTENSIDAD DE LA LLUVIA DE DISEÑO	18
5.2	CRITERIOS DE DISEÑO.....	22
5.3	CAPACIDAD DE CALLES	22
5.4	DESARROLLO DE PROYECTO	24
5.4.1	UBICACIÓN	24
5.4.2	CÁLCULO DE CAUDALES.....	24
5.4.3	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD TEÓRICA DE LAS CALLES.....	26
5.4.4	CAUDALES DENTRO DEL ÁREA DE PROYECTO.....	27
5.4.5	CAPTACIÓN AGUAS LLUVIAS.....	27



Avda. Uruguay #385 Dpto N° 92-51
Valparaiso - Casilla #1686
Fono / Fax : (32) - 2233850
(32) - 2234504
email: dare@123.cl

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de proyecto	5
Figura 2. Cuencas aportantes	24

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calles que componen el circuito	6
Tabla 2. Nivel de confiabilidad recomendado	10
Tabla 3. Coeficiente de Student	10
Tabla 4. Calidad del drenaje según duración de la eliminación del agua.....	12
Tabla 5. Porcentajes de tiempo anual según calidad de drenaje.....	12
Tabla 6. Parámetros de diseño	13
Tabla 7. Coeficientes de Escorrentía Zonas Urbanizadas.....	17
Tabla 8. Coeficientes de escorrentía Zonas Nuevas Urbanizadas	17
Tabla 9. Coeficientes de Escorrentía Zonas Rural Previa a ser Urbanizada.....	18
Tabla 10. Caudales de cada subcuenca.....	25
Tabla 11. Tramos de descarga.....	25
Tabla 12. Caudales por tramos	26
Tabla 13. Capacidad teórica de las calles	26
Tabla 15. Caudales calles principales	27

1 INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto define el diseño de proyecto de ingeniería de las obras de pavimentación y saneamiento de aguas lluvias del proyecto denominado “*Circuito Vial Peatonal Plaza De Armas – Plazuela San Francisco. Quillota*”, Comuna de Quillota, V Región.

Las exigencias de pavimentación mínimas están fijadas por SERVIU Regional. En éste, se solicita como mínimo los requisitos indicados en los respectivos textos de las siguientes ordenanzas en los párrafos correspondientes a pavimentaciones:

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)
- Plan Maestro de Evacuación de Aguas Lluvias (Si existe)
- Plan Regulador y Ordenanzas Locales (Si Existen)

Los parámetros geométricos utilizados para definir el trazado en planta y elevación de la arteria en cuestión, con sus respectivas intersecciones, obedecerá a las características físicas de las vía y se ajustará a los proyectos aprobados o bajo estudio por parte de otros proyectistas. Además cumplirá con los requisitos y especificaciones establecidas por MINVU en las siguientes publicaciones.

- Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Vialidad Urbana (REDEVU 1984)
- Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Vialidad Urbana (REDEVU 1998)
- Código de Normas y Especificaciones Técnicas para Obras de Pavimentación (1994)
- Técnicas Alternativas de Solución de Aguas Lluvias (1996)

Junto a lo anterior se tendrá también en consideración las siguientes publicaciones:

- Manual de Carretera (Todos sus volúmenes)
- Manuales de Señalización de Tránsito (CONASET 2001)

La alineación horizontal esta dada por los cierres actuales y futuros del área de proyecto.

La alineación vertical está resuelta en el perfil longitudinal, que dada la naturaleza peatonal del proyecto, tiende a levantar la rasante actual para hacer coincidir la cota de cuneta con la cota de aceras con el fin de materializar la condición peatonal de la vía. En este caso las limitaciones las constituyen los accesos a viviendas y vehículos, así como la plaza de armas que en la actualidad se encuentra en un proceso de remodelación.

2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.

El área de estudio comprende el sector central de la Comuna de Quillota. Los límites físicos del proyecto son los que se indican en la figura adjunta:

En general este proyecto se desarrolla sobre la base de una propuesta de paisajismo que busca revitalizar el sector céntrico de la ciudad, generando un área de circulación peatonal a nivel con la calzada. Esta propuesta parte con el área de intervención propuesta y posteriormente se extenderá tanto en dirección de la estación de ferrocarriles como al entorno inmediato de la plaza de armas.

El sector en general y el área de intervención en particular, presentan actualmente un intenso tráfico vehicular y peatonal. Estos flujos se ven dificultados en algunos sectores por los espacios asignados para estacionamientos concesionados, zonas de carga y descarga de productos para locales comerciales, y aceras peatonales estrechas debido a líneas de cierres rígidas y estrechas para los flujos en cuestión. Todas estas condicionantes implican un estrechamiento de los espacios físicos de circulación (Vehicular y Peatonal) lo cual se refleja en una disminución en las velocidades de circulación de los vehículos y una disminución de los peatones que circulan por el sector (eminentemente comercial) que finalmente se traduce en una merma económica par la ciudad y una disminución ostensible de la calidad de vida de los ciudadanos.

La solución propuesta busca aumentar los espacios de circulación peatonal y regular el flujo vehicular, trasladando los sectores de estacionamientos concesionados fuera del área de intervención, limitando los horarios para la carga y descarga de productos, ensanchando las aceras de circulación peatonal y reduciendo el numero de pistas de circulación de dos a una pero con un ancho mayor al que actualmente cuentan. Paralelo a lo anterior el proyecto debe adaptarse a la actual remodelación de la plaza de armas que a la fecha de este proyecto aún no esta concluida.

2.1 AREA DE PROYECTO

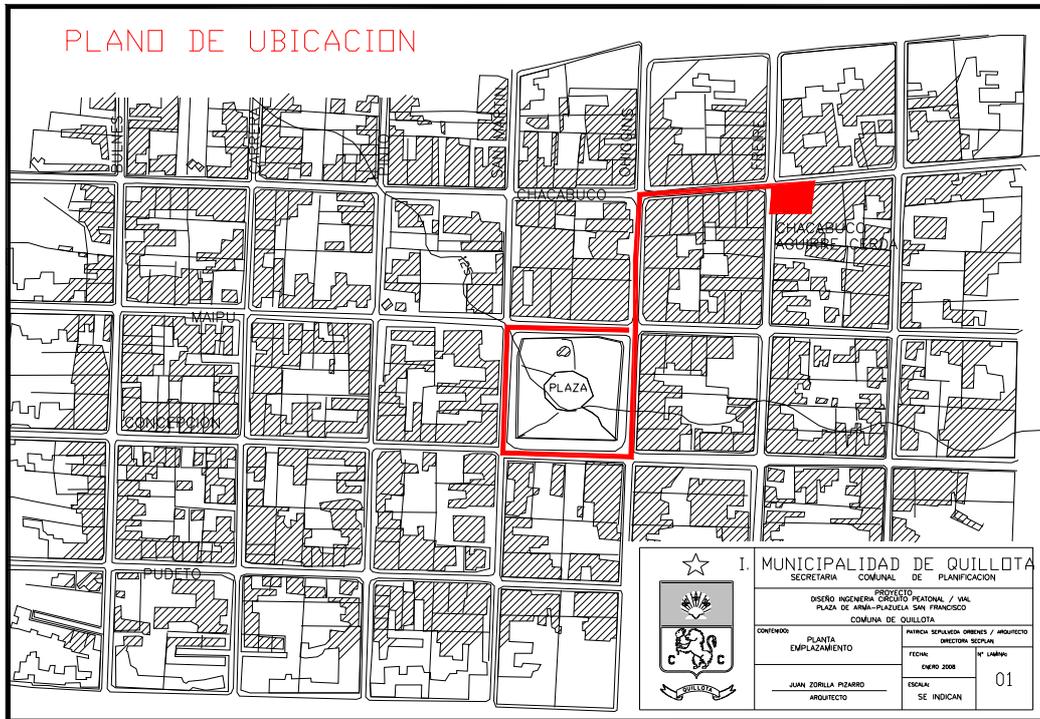


Figura 1. Ubicación del área de proyecto

Desde el punto de vista de la evacuación de aguas lluvias, se observa en terreno el escurrimiento superficial por calzadas. La distribución de las aguas se hace forzando los cruces mediante sifones que en la actualidad se encuentran, en su gran mayoría, a punto de colapsar por falta de mantenimiento. En terreno se observa que las calles que cruzan de Oriente a Poniente dominan en el trazado altimétrico por sobre las de orientación Norte Sur. Sin embargo, debido a la presencia de sifones, se observa que en general las aguas que bajan por las calles con orientación Norte – Sur lo hacen sin interrupción mientras que las de orientación Oriente Poniente van haciendo contribuciones a las de orientación Norte Sur.

La solución propuesta para las aguas lluvias mantiene este estatus quo ya que es el establecido en el plan maestro de aguas lluvias, pero incorpora una red de sumideros y canaletas que recolectan las aguas que llegan al sector en estudio, las canalizan bajo calzada mediante ductos y cámaras desarenadoras, para luego de salir del área en cuestión devolverlas a las calzadas correspondientes. Esto último se hace así debido a que en la actualidad no existen ni colectores ni canales en el sector en estudio donde poder evacuar.

La excepción parcial a lo anterior la constituye calle San Martín ya que según plan el maestro de evacuación de aguas lluvias por esta calle debe concretarse un colector de diámetro variable de entre 500 a 700 mm. Para cumplir con el plan, el desarrollo de este colector tendrá en cuenta tales lineamientos pero con la excepción que será un tramo ciego del futuro colector a la espera de la materialización de los tramos faltantes y ciertamente de la construcción de los colectores principales establecidos en el plan antes mencionado.

El sector en cuestión cuenta con un gran número de servicios tanto aéreos como subterráneos. A nivel subterráneo el tramo en cuestión cuenta con tendidos importantes de agua potable, alcantarillado y gas. Los tendidos de alcantarillado son tendidos profundos que no se verán afectados en sus trazados salvo por la modificación de sus chimeneas. Los tendidos de agua potable y Gas, dado lo superficial que se encuentran, muy probablemente deban ser reforzados con dados de hormigón o, en el peor de los casos, con la modificación de su trazado, sea este mediante un desplazamiento vertical, lateral o ambos de sus tendidos.

A nivel aéreo se observan postaciones eléctricas de Chilquinta que soportan servicios de telecomunicaciones de empresas como Telefónica, VTR- Metrópolis, etc. Según lo observado en terreno existen puntos determinados donde estos tendidos bajan a tierra. Es de interés municipal enterrar todos estos servicios aéreos a la vista mediante el soterrado de los tendidos de media y baja tensión eléctricos y la canalización mediante poliducto del resto de las empresas de servicio. Lo anterior da una medida del nivel de modificaciones de servicio que se espera realizar como parte del proyecto.

El circuito en detalle es el que a continuación se detalla:

<i>Calle</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>
Concepcion	San Martin	Ohiggins
Maipu	San Martin	Ohiggins
Chacabuco	Ohiggins	Freire
San Martin	Concepcion	Maipu
Ohiggins	Concepcion	Chacabuco

Tabla 1. Calles que componen el circuito

El circuito en cuestión presenta un grado de deterioro medio para ser una vía con mas de 20 años. Las calles alrededor de la plaza son de hormigón HCV mientras que el resto es de Asfalto. Hay sectores que se observa cierto grado de intervención para prolongar su vida útil (sector de calzadas de asfalto).

El proyecto en general busca nivelar calzada con aceras con las limitaciones geométricas impuestas por accesos (vehiculares, viviendas y negocios) así como por la actual remodelación de la plaza.

Debido a las singularidades geométricas resultados de las limitaciones previamente descritas así como las dadas por el mismo trazado geométrico del proyecto (aprobado por el municipio), se ha debido recurrir a un trazado de perfil transversal que mezcla el tradicional flujo a dos aguas con el flujo a una agua y por último, en el caso de las calles alrededor de la plaza, con el flujo invertido conocido como bombeo español.

3 DISEÑO DE PAVIMENTOS.

3.1 TRÁNSITO DE DISEÑO

De acuerdo a las características de la calle y a lo observado en terreno, se estimará el tránsito de diseño utilizando las recomendaciones que al respecto proporciona el MINVU a través de su Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación así como de las exigencias de pavimentación (el que resultase más desfavorable).

Las características de las calles, resumida en el cuadro N°1, permite tipificarla y así estimar un tráfico expresado en ejes equivalentes para un período de diseño de 20 años.

CUADRO N° 1
Tránsito de Diseño
(Período de 20 años)

Característica	Concepción	Maipu
Ancho Oficial [m]	18.00	18.00
N° de calzadas	Unica / Unidireccional	Unica / Unidireccional
Ancho de calzada [m]	6.00@9.00	6.00@9.00
Velocidad de diseño [km/h]	30	30
Longitud funcional [m]	165.00	170.00
Pendiente longitudinal promedio de terreno	0.6%	0.6%
Radio horizontal mínimo [m]	N/A	N/A
Conexión con vías importantes	Si	Si
Tipificación de vía	Servicio	Servicio
Tránsito estimado [e.e.]	1.5×10^5 - 2.0×10^5	1.5×10^5 - 2.0×10^5

(De acuerdo a recomendaciones SERVIU)

Característica		Chacabuco	San Martín
Ancho Oficial	[m]	15.00	18.00
Nº de calzadas		Unica / Unidireccional	Unica / Unidireccional
Ancho de calzada	[m]	6.00	4.00@6.00
Velocidad de diseño	[km/h]	50	50
Longitud funcional	[m]	190.00	170.00
Pendiente longitudinal promedio de terreno		1.00%	0.9%
Radio horizontal mínimo	[m]	N/A	N/A
Conexión con vías importantes		Si	Si
Tipificación de vía		Servicio	Servicio
Tránsito estimado	[e.e.]	1.5×10^5 - 2.0×10^5	1.5×10^5 - 2.0×10^5

(De acuerdo a recomendaciones SERVIU)

Característica		Freire	Ohiggins
Ancho Oficial	[m]	15.00	18.00
Nº de calzadas		Unica / Unidireccional	Unica / Unidireccional
Ancho de calzada	[m]	7.00	4.00@6.00
Velocidad de diseño	[km/h]	50	50
Longitud funcional	[m]	40.00	300.00
Pendiente longitudinal promedio de terreno		0.75%	0.7%
Radio horizontal mínimo	[m]	N/A	N/A
Conexión con vías importantes		Si	Si
Tipificación de vía		Servicio	Servicio
Tránsito estimado	[e.e.]	1.5×10^5 - 2.0×10^5	1.5×10^5 - 2.0×10^5

(De acuerdo a recomendaciones SERVIU)

3.2 MÉTODO AASHTO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

3.2.1 Características de diseño

3.2.1.1 Resistencia de diseño del hormigón (R_m) y Modulo de Elasticidad

Una de las propiedades del hormigón cuantificada por este método de diseño, corresponde a su resistencia media a flexo-tracción, evaluada a los 28 días. Esta resistencia es determinada a través de ensayo AASHTO T-97. También se evalúa el módulo de elasticidad comprobándolo mediante el ensayo de compresión estática en probetas cilíndricas.

La resistencia media de diseño recomendada para distintas vías es:

-
- Vías Expresas (Autopista y Autovía) : $R_m^{28} = 4.8 - 5.4 \cdot [MPa]$
 - Vías Troncales (Troncal y Colectora – Distribuidora) : $R_m^{28} = 4.6 - 5.0 \cdot [MPa]$
 - Mixta (Servicio) : $R_m^{28} = 4.6 - 5.0 \cdot [MPa]$
 - Vías Locales (Local y Pasaje) : $R_m^{28} = 4.2 - 4.8 \cdot [MPa]$

Para efectos de proyecto se considerara:

- Vías Expresas (Autopista y Autovía) : $R_m^{28} = 5.4 \cdot [MPa]$
- Vías Troncales (Troncal y Colectora – Distribuidora) : $R_m^{28} = 5.0 \cdot [MPa]$
- Mixta (Servicio) : $R_m^{28} = 5.0 \cdot [MPa]$
- Vías Locales (Local y Pasaje) : $R_m^{28} = 4.8 \cdot [MPa]$

El modulo de elasticidad a 28 días varía entre 290.000 y 300.000[kg/cm²].

3.2.1.1.2 Número de ejes equivalentes (EE)

El cálculo de los pavimentos rígidos se hará en base a las solicitaciones de tránsito acumulado, expresado en ejes equivalentes de 8.164 [Ton] (18 Kips), necesario para que el pavimento pase de un índice de serviciabilidad inicial de 4.5 a un valor final de 2.0.

3.2.1.1.3 Factor de confiabilidad de diseño (Fr).

Factor que toma en cuenta la variabilidad de los valores de entrada en el diseño. Este factor se calcula como:

$$F_r = 10^{-Z_R \cdot S_0}$$

El factor de confiabilidad depende de los siguientes parámetros.

- Nivel de Confiabilidad recomendado (R%)

Tipo de Vía	SERVIU Metropolitano%	Nivel Recomendado de R%
Expresa	80	85 – 95
Troncal	75	80 – 90
Colectora	60	75 – 85
Servicio	50	70 – 80
Local		60 – 75
Pasaje		50 – 70

Tabla 2. Nivel de confiabilidad recomendado

- Coeficiente de Student (Z_r)

Nivel de Confiabilidad R%	Z_r
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
95	-1.645

Tabla 3. Coeficiente de Student

3.2.1.1.4 Desviación Estándar Combinada (S_0)

Del análisis estadístico y del ajuste matemático de la ecuación de diseño se determinó que los valores de S_0 varían entre 0.30 y 0.40 para pavimentos rígidos, adoptándose para el diseño el valor de 0.35

3.2.1.1.5 Módulo de reacción de subrasante y módulo de reacción (K)

Se utiliza las siguientes correlaciones con el CBR para el cálculo del módulo de reacción tanto de subrasante como de cualquier otro suelo a ocupar como parte del pavimento:

- $CBR \leq 10\%$ $K_i [kg/cm^3] = 0.25 + 5.15 \cdot \text{Log}(CBR)$

➤ CBR > 10% $K_i [kg/cm^3] = 4.51 + 0.89 \cdot (\text{Log}(CBR))^{4.34}$

El Instituto Chileno del Cemento y Hormigón propone, para el diseño de pavimentos rígidos, la siguiente relación para la obtención de un módulo corregido para bases granulares:

$$K_C = \sqrt{1 + \left(\frac{h}{38}\right)^2 \cdot \left(\frac{K_1}{K_0}\right)^{\frac{2}{3}}} \cdot K_0$$

Donde:

- h : Espesor de la base [cm]
- K_0 : Modulo de reacción de la subrasante [kg/cm³]
- K_1 : Modulo de reacción de la base [kg/cm³]
- K_c : Modulo de reacción combinado o mejorado [kg/cm³]

El modulo corregido corresponde entonces al modulo a utilizar en el cálculo del pavimento.

3.2.1.1.6 Coeficiente de transferencia de carga

El coeficiente de transferencia de carga J se usa para incluir en el diseño la capacidad de determinado pavimento de transferir (distribuir) las solicitaciones a través de discontinuidades, como son juntas y grietas. Los dispositivos de transferencia de carga, la trabazón mecánica y la presencia de bermas tienen todos efectos sobre J .

En caminos típicos chilenos, donde no es usual el uso de dispositivos de transferencia de carga, se recomienda:

- Pavimento de Hormigón con trabazón mecánica – Berma Asfáltica : $J = 3.8 - 4.4$
- Pavimento de Hormigón con trabazón mecánica – Berma hormigón : $J = 3.6 - 4.2$

Para diseño se adoptan valores de entre 3.6 y 3.8 según recomendación de SERVIU.

3.2.1.1.7 Coeficiente de Drenaje

Según calidad de drenaje:

Drenaje	Agua Eliminada en
Excelente	2 Horas
Bueno	1 Día
Regular	1 Semana
Malo	1 Mes
Muy Malo	No drena

Tabla 4. Calidad del drenaje según duración de la eliminación del agua

Drenaje	Porcentaje de tiempo anual expuesto a condiciones de saturación (T)			
	T<1%	1%<T<5%	5%<T<25%	T>25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy Malo	1.00 - 0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Tabla 5. Porcentajes de tiempo anual según calidad de drenaje

3.2.2 Cálculo de pavimentos.

El método AASHTO 93 para pavimentos rígidos, estima el número de EE mediante la expresión:

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

$$\alpha = \frac{\text{Log} \left[\frac{P_i - P_f}{P_i - 1.5} \right]}{1 + \left[\frac{180.779}{H + 25.4} \right]^{8.46}} + Z_R \cdot S_0$$

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

El cálculo estructural se ejecuta considerando los parámetros y condiciones resumidos en los cuadros siguientes, al utilizar las ecuaciones anteriores.

Elemento	Valores	
Resistencia Media [MPa]	R _m	5.0
Ejes Equivalentes	EE	2.0·10 ⁵
Confiabilidad	R%	50
Coficiente Estadístico de Confiabilidad	Z _R	0.000
Desviación Estándar Combinada	S ₀	0.35
Serviciabilidad Inicial	P _i	4.5
Serviciabilidad Final	P _J	2.0
Coficiente de Drenaje	C _d	1.00
Coficiente de Transferencia	J	3.6
Capacidad Soporte California (Sub Rasante)	CBR _{Min} %	4
Capacidad Soporte California (Sub Rasante)	CBR _{Max} %%	43

Tabla 6. Parámetros de diseño

Para diseño se considera los siguientes valores:

Grupo 1: Calles alrededor de la Plaza de Armas, CBR_≥37%

- Calle Maipú
- Calle La Concepción
- Calle San Martín
- Calle Ohiggins



Avda. Uruguay #385 Dpto N° 92-51
Valparaiso - Casilla #1686
Fono / Fax : (32) - 2233850
(32) - 2234504
email: dare@123.cl

Grupo 2: Entre Plaza de Armas y Chacabuco, CBR \geq 37%

- Calle Ohiggins

Grupo 2: Entre Ohiggins y Plaza San Francisco, CBR \geq 4%

- Calle Chacabuco

4 BASES DE DISEÑO GEOMETRICO.

Los parámetros geométricos utilizados para definir el trazado en planta y elevación de la arteria en estudio, obedecen a las características físicas y de tránsito de la vía, y persiguen satisfacer los requisitos y especificaciones establecidos por SERVIU Regional, junto con las recomendaciones dadas por el Manual de Diseño de Vialidad Urbana del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (REDEVU).

Como referencia adicional se considera el Manual de Carretera Vol N°3 del 2002.

4.1 Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño han sido establecidas en conformidad al tipo de vía en estudio y ala solicitud que en tal sentido hace el Municipio en bases de propuesta (50 km/h). Para esto se ha consultado los rangos establecidos para cada tipo de vía tanto por el REDEVU como por el Manual de Carretera, y se ha seleccionado la mayor velocidad.

4.2 Alineamientos verticales.

El diseño del trazado en elevación de la vía de interés, se define de acuerdo a lo estipulado tanto por REDEVU como por Manual de Carretera. En general se sigue el los alineamientos dados por la topografía del terreno, pero se modifica según el tipo de obstáculo que se encuentre en la vía.

4.3 Alineamientos horizontales.

Su diseño se ajustará también a las pautas definidas por el REDEVU, especialmente en lo que a elementos de tránsito, estructuras, pistas, estacionamientos, separadores, uniones, ensanches, etc. Se refiere.

En general las curvas serán de tipo circulares, pero no se descarta el uso de curvas más complejas como clotoides y otras para resolver situaciones puntuales.

Como parámetro de diseño geométrico horizontal, se considera la circulación de camiones del tipo semi remolque corriente tal cual lo establece el Manual de Carreteras en su última edición.

En caso que las desangulaciones sean menores de 6[gra] se reemplazarán las curvas por simples deflexiones según recomendación SERVIU Metropolitano (Capítulo 1.B Diseño Geométrico).

4.4 Ejes de replanteo.

Los ejes de replanteo de los tramos proyectados coinciden en su mayoría con el eje longitudinal de la vía. Aquellas que no coinciden con los ejes de las vías existentes, lo están respecto a puntos y límites bien definidos.

5 OBRAS DE EVACUACION DE AGUAS LLUVIAS

En general, se contempla el vaciamiento superficial de las aguas lluvias sobre el pavimento de calzadas, en el que se ha dispuesto bombeo en uno o ambos sentidos. Soleras (cuando y donde corresponda) se utilizarán para facilitar la conducción del agua hacia los puntos de evacuación.

Como antecedente se cuenta con los planos:

- Plano: "Solución Propuesta (6c y 6d) Subcuenca Aconcagua Comuna Quillota", Proyecto: "Plan Maestro de Evacuación de Aguas Lluvias de la Provincia de Quillota, Informe Final".
- Plano: "Diagnóstico T = 2 – 5 y 10 Años, Situación Actual Láminas 6c y 6d (13/52 y 14/52 respectivamente)".
- Plano: "Diagnóstico T = 2 – 5 y 10 Años, Situación Futura Láminas 6c y 6d (39/52 y 40/52 respectivamente)".

- Plano: "Planchetas de Catastro de Redes Láminas 6c2, 6c4 y 6d1 (14/24, 15/24 y 16/24 respectivamente)".
- Plano: "Canales, Cauces Naturales y Vías evacuadotas Lámina 6 (4/8).

En los puntos siguientes se verifica la capacidad de las obras de evacuación de aguas lluvia, especificadas para el tramo de la calle en estudio, a fin de decidir si se necesita un sistema formal para evacuar las aguas.

5.1 CAUDALES DE AGUAS LLUVIAS

El cálculo de caudales, provenientes de áreas tributarias en estudio, se efectuará por el denominado Método Racional.

La aplicación de este método resulta apropiada en cuencas de superficie menor a las mil hectáreas. Según este método, el caudal máximo para un período de retorno y un tiempo de concentración determinado, se calcula mediante la expresión:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6}$$

Donde:

- Q : Caudal expresado en (m3/s)
- C : Coeficiente de escorrentía ponderado de la cuenca.
- A : Área tributaria, en (km2).
- I : Intensidad de la lluvia de diseño para un determinado período de retorno y de duración igual al tiempo de concentración (Tc) de la cuenca, expresada en (mm/hr)

5.1.1 Coeficiente de escorrentía (C)

Este parámetro toma en consideración la capacidad de retener agua de los distintos tipos de suelo presentes en el área y debe, por tanto, ser ponderado en base a los diversos tipos de superficie presentes en la cuenca bajo análisis. El cuadro siguiente muestra los valores adimensionales asociados a cada tipo de terreno:

TIPO DE ZONA		C	
	Mínimo	Medio	Alto
Áreas Residenciales			
Suburbios Semi-Urbanos	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 Aislados	0.50	0.60	0.70
Departamentos en Edificios Continuos	0.70	0.80	0.90
TIPO DE ZONA		C	
	Mínimo	Medio	Alto
Áreas Comerciales			
Comercio de Alta Densidad	0.70	0.82	0.95
Comercio de Baja Intensidad	0.50	0.60	0.70
Áreas Industriales			
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

Tabla 7. Coeficientes de Escorrentía Zonas Urbanizadas

TIPO DE ZONA		C	
	Mínimo	Medio	Alto
Calles			
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
Techos			
Metálicos en General	0.85	0.90	0.95
Tejas, Pizarras, Cemento Asbesto	0.70	0.80	0.90
Patios			
Baldosas Hormigón	0.80	0.87	0.95
Tierra sin cobertura	0.50	0.60	0.70
Parques, Plazas y Jardines			
Prados Suelo Arenoso	0.05	0.12	0.20
Prados Suelo Arcilloso	0.15	0.25	0.35

Tabla 8. Coeficientes de escorrentía Zonas Nuevas Urbanizadas

TIPO DE ZONA	C		
	Mínimo	Medio	Alto
Zona Agrícola y de bosques o con			
Agrícolas cultivadas, i <2%	0.10	0.12	0.15
Agrícolas cultivadas, 2% < i <7%	0.15	0.17	0.20
Agrícolas cultivadas, i >7%	0.20	0.22	0.25
Sin cultivo, con vegetación Natural, i <2%	0.15	0.17	0.20
Sin cultivo, con vegetación Natural, 2% < i	0.20	0.22	0.25
Sin cultivo, con vegetación Natural, i >7%	0.25	0.30	0.35
TIPO DE ZONA		C	
	Mínimo	Medio	Alto
Semiurbano, parcelas no agrícolas			
Sitios Mayores de 5000 m ²	0.25	0.32	0.40
Sitios Menores de 5000 m ²	0.30	0.40	0.50

Tabla 9. Coeficientes de Escorrentía Zonas Rural Previa a ser Urbanizada

5.1.2 Superficie de la cuenca

Conforme al relieve topográfico revisado en terreno, es posible verificar varias áreas tributarias. En general las áreas tributarias se identifican con calles que aportan desde direcciones bien definidas. El detalle descriptivo de estas se adjunta más adelante, mediante gráficos esquemáticos que indican las respectivas áreas y direcciones de flujos.

A nivel de proyecto, se considera la situación donde todas las calles indicadas en el seccional se encuentran pavimentadas. El análisis se realizará, en todo caso, solo sobre aquellas consideradas a ser pavimentadas en la licitación.

5.1.3 Intensidad de la lluvia de diseño

La evaluación de la intensidad para una lluvia de diseño con una duración y periodo de retorno dado se realizará de acuerdo a la siguiente expresión:

$$I = \frac{P_t^T}{t}$$

Donde:

T	:	Período de retorno en años.
t	:	Duración de la lluvia en horas.
P_t^T	:	Lluvia de diseño de duración t y periodo de retorno T en mm.
I_t^T	:	Intensidad de lluvia de diseño de duración t y periodo de retorno T en mm/hr

Este parámetro se define para un período de retorno e intervalo de duración establecido. La información hidrológica histórica con que se cuenta, para calcular la intensidad de la lluvia de diseño, corresponde a la estadística disponible en el Manual de Carreteras, Volumen N°3 del año 2002.

a) **Tiempo de Concentración**

La utilización de la fórmula racional requiere el cálculo del tiempo de concentración. Este incluye el tiempo que el agua tarda en llegar al punto de recolección del colector (Tiempo de concentración de la cuenca) y el tiempo de flujo, a través del colector, hasta el siguiente punto de recolección (Tiempo de flujo). Esto es así porque el colector recibe aportes en diversos puntos de su trayecto y cuando dos ramales se unen la determinación del tiempo de concentración se hace mediante un criterio que se indica a continuación junto con la determinación de los tiempos de concentración de la cuenca y el tiempo de flujo.

◆ **Tiempo de concentración de la cuenca**

El tiempo de concentración de la cuenca (T_c), se estimará mediante la expresión propuesta por Morgali y Linsley, que se considera recomendable para cuencas urbanas típicas como calles, patios y pasajes ("Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos", MINVU).

$$T_c = 7 \frac{L^{0.6} \cdot n^{0.6}}{i^{0.4} S^{0.3}}$$

Donde:

- T_c : Tiempo de concentración, expresado en [minutos]
- L : Longitud del recorrido del principal curso de agua, en [m]
- n : Coeficiente de Rugosidad de Manning (Calles de Asfalto y Hormigón :0.015)

- i : Intensidad de Lluvia [mm/hr]
- S : Pendiente [m/m]

Si el tiempo calculado por el método de Morgali y Linsley resulta inferior a diez minutos, se asumirá este último valor como tiempo de concentración de la cuenca, para efectos del cálculo de caudales.

◆ **Tiempo de flujo**

El tiempo de flujo T_f corresponde al tiempo que tarda el caudal del colector en ir de un punto de captación a otro. El cálculo de este es directo a través de la expresión:

$$T_f = \frac{d}{V_f}$$

Donde:

- V_f : Velocidad de flujo
- D : Distancia entre puntos de captación

◆ **Determinación de tiempo de concentración para cálculo de caudales**

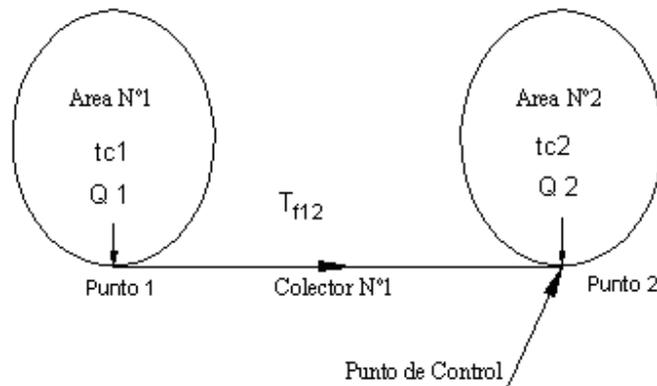
La determinación del tiempo de concentración para cálculo de caudales esta dado por el criterio de áreas acumuladas. Según éste criterio, dadas dos cuencas adyacentes conectadas por un colector, tal como se indica en la figura, se tiene el siguiente criterio para la determinación del tiempo de concentración y de caudales:

- $t_c = \text{máx}(t_{c1}, t_{c2} + T_{f12})$

- $T_{f12} = \frac{d}{V_{f12}}$

- $Q = \text{máx}(Q_1, Q_2, Q_{12})$

- Donde $Q_{12} = C \cdot i(t_{12}) \cdot A_{12}$ y $A_{12} = A_1 + A_2$



b) Precipitación de diseño

◆ **Lluvias menores a 1 hora**

El cálculo de lluvias de duración menor a 1 hora se hará mediante la expresión de Bell que se indica a continuación:

$$P_t^T = (0.54 \cdot t^{0.25} - 0.50) \cdot (0.21 \cdot \ln T + 0.52) P_{t=1hr}^{T=10años}$$

Donde:

- T : Período de retorno en años.
- t : Duración de la lluvia en minutos.
- P_t^T : Lluvia de diseño de duración t y periodo de retorno T en mm.

◆ **Lluvias mayores o iguales a 1 hora**

El cálculo de lluvias de duración mayores o igual a 1 hora se hará mediante la expresión que se indica a continuación:

$$P_t^T = K \cdot CD_t \cdot CF_T \cdot P_{t=24hr}^{T=10años}$$

Donde:

- CD_t : Coeficiente de duración para t horas.
- CF_T : Coeficiente de frecuencia para T años de periodo de retorno.
- K : Coeficiente de corrección
- $P_{t=24hr}^{T=10años}$: Lluvia de diseño de duración t y periodo de retorno T en mm.
Medida entre 8AM y 8AM.

◆ Datos

A continuación se entregan los datos básicos relacionados con el proyecto, que en este caso corresponden a la estación pluviométrica Quillota.

Intensidades y Precipitaciones de Diseño

$$I_{t=1hr}^{T=10años} = 9.92 [mm / hr] \quad P_{t=1hr}^{T=10años} = 9.92 [mm]$$

$$I_{t=24hr}^{T=10años} = 3.10 [mm / hr] \quad P_{t=24hr}^{T=10años} = 74.40 [mm]$$

5.2 CRITERIOS DE DISEÑO

La red del sistema de aguas lluvias estará formada por canaletas que conducirán el agua superficialmente. Dichas canaletas serán con rejillas a la vista en algunos tramos. Su ubicación dependerá del sentido de escurrimiento y del caudal. Por otro lado, la determinación de la sección de las canaletas se basará en análisis de caudales que lleguen a ellas, donde la condición de diseño será la altura de escurrimiento.

5.3 CAPACIDAD DE CALLES

Las calles reúnen y conducen las aguas lluvias hacia la red de drenaje. Sin embargo sólo se permite una cantidad reducida de agua en ellas, limitada por las restricciones impuestas a las condiciones de diseño para tormentas menores, o las de inundación máxima para tormentas mayores.

La capacidad teórica de agua que puede conducir una calle se puede estimar con las características geométricas y la pendiente longitudinal de la calzada, aplicando la ecuación de Manning para estimar el caudal y la velocidad media del flujo. El coeficiente de rugosidad para pavimentos de hormigón y asfalto se estima en $n = 0,015$:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n} AR^{\frac{2}{3}}$$

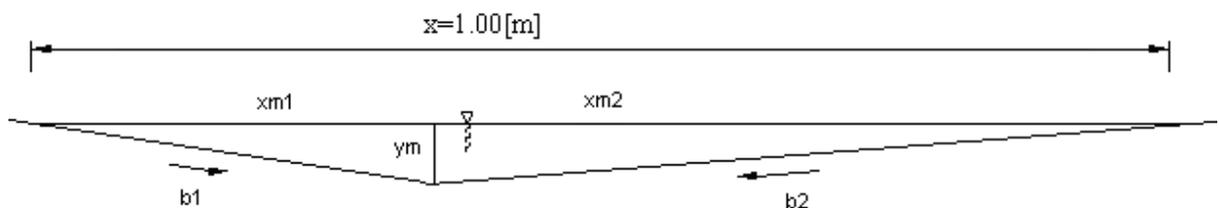
Donde:

- Q : caudal, en [m³/s].
- R : radio hidráulico de la sección, en (m).
- A : área transversal de la sección, en (m²).
- i : pendiente longitudinal, en tanto por uno.
- n : coeficiente de rugosidad de Manning.

Desde el punto de vista del diseño, la capacidad de conducción de aguas lluvias se considerará como:

- Ancho máximo permitido de la sección inundada = 1 metro.

Cabe destacar, que este proyecto no incluye utilización de cuneta, por lo que la capacidad de las calles quedará determinada directamente por la intersección del bombeo de la acera y el bombeo de la calzada, o en algún otro caso el bombeo español, tal como se ilustra en la figura.



Donde:

$$x_{m1} = \frac{y_m}{b_1} \quad x_{m2} = \frac{y_m}{b_2} \quad A = \frac{x_{m1} \cdot y_m}{2} + \frac{x_{m2} \cdot y_m}{2}$$

$$b^*_1 = \sqrt{(x_{m1}^2 + y_m^2)} \quad b^*_2 = \sqrt{(x_{m2}^2 + y_m^2)} \quad P = b^*_1 + b^*_2$$

$$R = \frac{A}{P}$$

5.4 DESARROLLO DE PROYECTO

El estudio previo al diseño de las obras de evacuación de aguas lluvias se centra en determinar cuanta agua potencial puede llegar a haber en las subcuencas del circuito vial peatonal Plaza de Armas - Plazuela San Francisco de la Comuna de Quillota. La comuna está inserta en la cuenca hidrográfica de Aconcagua.

5.4.1 Ubicación

La zona de estudio que abarca el circuito vial peatonal Plaza de Armas - Plazuela San Francisco de la Comuna de Quillota, incluye tramos de las calles Concepción, Maipú, Chacabuco, San Martín, O'Higgins y Freire.

5.4.2 Cálculo de caudales

Se procede a separar la cuenca en 5 subcuencas aportantes para maximizar la precisión de los cálculos. La división se realiza considerando los colectores propuestos por el Plan Maestro y queda de la siguiente forma:

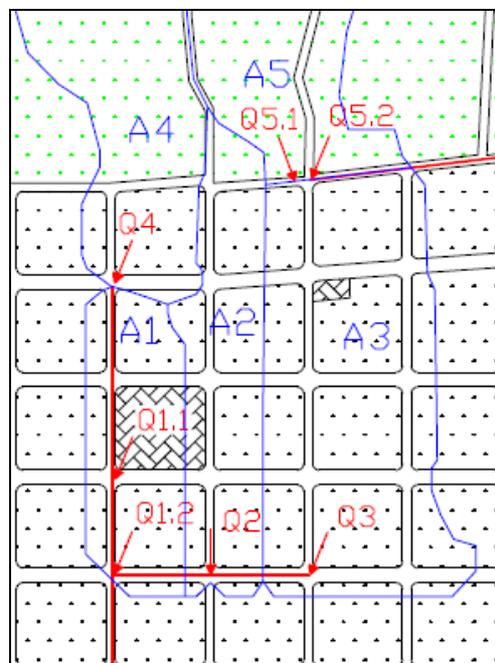


Figura 2. Cuencas aportantes

Para este análisis se definen 5 puntos de descarga 1.1, 2, 3, 4 y 5 de los cuales se ha considerado 1.2 como adicional debido a la topografía del lugar y el 60% de la descarga en 5 (5.1) como descarga adicional en 3 tras un eventual mal funcionamiento del colector en el punto 5. A continuación se muestra los cálculos.

Cuencas	A [m2]	L [m]	S [m/m]	tc [min]	i [mm/hr]	Q [m3/s]
Nº						
1.1	666,67	266,67	0,0063	23,37	17,56	0,0027
1.2	333,33	133,33	0,0063	13,73	23,47	0,0018
2	1.200,00	600	0,0167	30,08	15,18	0,0042
3	2.875,00	550	0,0091	35,66	13,73	0,0077
4	1.837,50	550	0,5	19,13	19,65	0,0030
5	2.387,50	500	0,0091	64,85	9,51	0,0025
*5.1	1.432,50					0,0015
*5.2	955					0,0010
Área Total [m2]	11.687,50				Caudal Total [m3/s]	0,0243

Tabla 10. Caudales de cada subcuena

Estos caudales corresponden a los máximos aportados por cada subcuena en forma individual. Ahora el estudio de los caudales correspondientes a la combinación de las descargas en el colector se debe realizar según el tiempo de concentración de una subcuena más lo que demora en recorrer la distancia por el colector hasta la descarga de otra subcuena aguas abajo y determinar el caudal superpuesto de ambas subcuencas.

Considerando los puntos de descarga antes mencionados y el colector, se definen los tramos siguientes:

4	1.1	Descarga de 4
1.1	1.2	Descarga que viene de 4 que se conecta con descarga de 1.1
3	2	Descarga de 5.1 que se conecta con descarga de 3
2	1.2	Descarga que viene de 3 que se conecta con descarga de 2
2	Salida	Descarga que viene de 1.1 y 2 que se conecta con descarga de 1.2

Tabla 11. Tramos de descarga

El estudio de los caudales que convergen al colector y su superposición se presentan en la siguiente tabla:

Tramos	A [m2]	Dist [m]	t [min]	C	I [mm/hr]	Qmáx [m3/hr]
4 1.1	1.837,50	250	19,13	0,30	19,58	10,830
1.1 1.2	2.504,17	125	23,37	0,60	17,50	26,300
3 2	4.307,50	125	100,51	0,65	7,16	27,630
2 1.2	5.507,50	125	102,59	0,82	7,07	31,928
2 fuera	8.345,00		104,68	0,82	6,98	47,752

Tabla 12. Caudales por tramos

5.4.3 Cálculo de la capacidad teórica de las calles.

Con respecto a la capacidad teórica de agua que puede conducir una calle en base a la limitación por ancho inundable, se utilizó el modelo teórico sin cuneta. A continuación se muestra una tabla resumen de los caudales teóricos de las calles según su pendiente longitudinal (En el Anexo 1 se muestra la tabla completa de los cálculos realizados).

Nombre Calle	Tramo	Pendiente	Q [l/s] calle
Chacabuco	BO- Freire	0,750	2,287
	BO- Freire	0,618	2,076
O" higgins	Chacabuco-Maipu	0,742	2,275
	Maipu y concepción	0,557	2,859
Maipu		0,524	2,773
Concepción	Con isla	0,522	1,384
	Con acera	0,522	0,954
San Martín		0,754	3,326
Freire		1,025	2,862
		0,962	2,773

Tabla 13. Capacidad teórica de las calles

La modelación efectuada no presenta escurrimiento relevante. Sin embargo existen puntos bajos donde es posible que se acumule el agua, para lo cual la solución es colocar obligatoriamente canaletas que capturen esos puntos.

5.4.4 Caudales dentro del área de proyecto

De acuerdo a los alineamientos y perfiles longitudinales de las calles, se pudo apreciar el sentido de escurrimiento del agua, lo cual permitirá decidir la ubicación necesaria de las canaletas.

Como criterio de diseño, se consideró que el agua escurre principalmente en el sentido Norte - Sur de las calles Freire, Bernardo O'Higgins y San Martín. En base a lo anterior se concentró los caudales en estas calles.

Tramo	Caudales m³/hora
Freire	27,630
Tramo O'Higgins	31,928
Tramo San Martín	26,300

Tabla 14. Caudales calles principales

5.4.5 Captación Aguas Lluvias

Las aguas lluvias del sector de proyecto se captarán en parte con los sumideros existentes (modificados para tener la cota de proyecto) y 20 sumideros nuevos (Tipo Serviu) ubicados en puntos bajos o antes de intersecciones para evitar inundación de pasos peatonales. Los sumideros nuevos descargarán en los existentes.

Los sumideros existentes que queden fuera de la calzada proyectada serán transformados en cámaras de aguas lluvias.

En el sector de la Plaza de Armas y Calle O'Higgins se colocarán canaletas para mejorar la captación de los sumideros proyectados. Las dimensiones de la canaletas de hormigón son: 40 [cm] de solera y altura 15 [cm]. Con respecto a la rejilla, ésta será metálica reforzada.



Avda. Uruguay #385 Dpto N° 92-51
Valparaiso - Casilla #1686
Fono / Fax : (32) - 2233850
(32) - 2234504
email: dare@123.cl

Para dimensionar las canaletas, se ocupó el software de diseño de canales (Hcanales) en donde los parámetros de entrada son el caudal, el ancho de la solera, la rugosidad, la pendiente y el talud. Para la elección del ancho se verifica que la altura de escurrimiento calculada resulte ser menor a una altura de escurrimiento que se utilice como criterio de diseño. En este caso, dicha altura será 15 cm. A continuación se muestra la tabla Resultados.

Tramo	Caudales m3/hora	Ancho	Altura de Escurrimiento cm	Verificación
Tramo O"Higgins	31,928	40 cm	3,63	< 15 cm
Tramo San Martín	26,300	40 cm	2,92	< 15 cm

Tabla 9. Sección Canaleta

Por lo tanto las dimensiones de la canaletas de hormigón son: 40 [cm] de solera y altura 15 [cm].

JUAN CARLOS RINCONES
INGENIERO CIVIL UTFSM

Anexo 1

Capacidad de las calles según máximo ancho inundable 1 metro.

Nombre Calle	Tramo	Pendiente %	n	b1	b2	xm1[m]	xm2[m]	ym[m]	Q L/s calle
Chacabuco	BO- Freire	0,750	0,015	0,02	0,03	0,6	0,4	0,012	2,287
	BO- Freire	0,618	0,015	0,02	0,03	0,6	0,4	0,012	2,076
O'Higgins	Chacabuco -Maipú	0,742	0,015	0,02	0,03	0,6	0,4	0,012	2,275
	Maipú y concepción	0,557	0,015	0,03	0,03	0,5	0,5	0,015	2,859
Maipú		0,524	0,015	0,03	0,03	0,5	0,5	0,015	2,773
Concepción	Con isla	0,522	0,015	0,03	0,03	0,5	0,5	0,015	1,384
	Con acera	0,522	0,015	0,02	0,03	0,6	0,4	0,012	0,954
San Martín		0,754	0,015	0,03	0,03	0,5	0,5	0,015	3,326
Freire		1,025	0,015	0,025	0,025	0,5	0,5	0,0125	2,862
		0,962	0,015	0,025	0,025	0,5	0,5	0,0125	2,773