UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE

ESTIMACIÓN DE CURVAS DE CAUDAL SÓLIDO EN SUSPENSIÓN Y COMPARACIÓN CON EXPRESIONES EMPÍRICAS DE FLEMING Y MANUAL DE PRESAS PEQUEÑAS

Memoria de titulación presentada por
IRIS ROMINA JIMÉNEZ PEREIRA

Como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil

Profesor Guía
Pedro Kamann Chacana

Octubre de 2016

Ningún soñador es pequeño
y ningún sueño es demasiado grande.

Dicen que soy una soñadora,
pero no soy la única.

RESUMEN

El estudio de la cantidad y el tipo de sedimentos que transporta un cauce es de vital importancia en proyectos de obras hidráulicas, así como también para evaluar su interacción con otras alteraciones del entorno producto de la actividad humana, como es por ejemplo la disposición de terreno para uso urbano, agrícola y/o ganadero, entre otros.

Se presenta en este caso el problema de determinar la cantidad de sedimentos en suspensión (o caudal sólido) transportados en un cauce con un caudal pasante (o caudal líquido) determinado. Para esto, es necesario obtener una relación entre ambos en varios ríos del país, con el cual se pueda crear un modelo empírico-analítico permitiendo interpolar y extrapolar estos resultados a los lugares del país en donde no se realicen mediciones de sedimentos.

En este documento se desarrolla un análisis comparativo entre modelos empíricos para obtener el caudal sólido en suspensión de una cuenca de determinadas características, y datos estimativos de cuencas de Chile, que consisten en estimaciones de las curvas de descarga del caudal sólido en suspensión, obtenidas a partir de la información estadística de cada una de las estaciones sedimentométricas analizadas.

Para el análisis comparativo se usan dos modelos empíricos: el Modelo de las Curvas de Fleming [1] y el Modelo del Manual de Presas Pequeñas [2]. El primero relaciona el caudal sólido en suspensión promedio con el caudal líquido promedio y la cobertura vegetal de la cuenca. El segundo, relaciona el caudal sólido en suspensión promedio con sólo el área de drenaje de la cuenca.

Sin embargo, en el análisis comparativo con los modelos empíricos mencionados no se obtuvo buenos resultados y los modelos no son representativos de las estaciones incluidas en este estudio. Esto puede ser debido a múltiples factores como el tipo de suelo, de terreno, cobertura vegetal, uso del suelo, etc., por lo que los altos errores obtenidos al comparar con ambos modelos no son inusuales. Debido a esto, se realizan ajustes de tipo Fleming y Manual Presas Pequeñas a los datos obtenidos de las estaciones, lográndose así obtener un ajuste más representativo de éstas.

De acuerdo a los errores obtenidos para los ajustes propuestos, se concluye que permiten obtener una buena aproximación de los datos reales de caudal sólido en suspensión promedio de las estaciones analizadas, por lo cual puede utilizarse para estimar sedimentos en cuencas no controladas.

Palabras Clave: Sedimentos en Suspensión, Estaciones sedimentométricas, Curvas de Fleming, Manual de Presas Pequeñas

ABSTRACT

The study of the amount and type of sediment that transports a riverbed is of vital importance in waterworks projects, as well as to evaluate its interaction with other alterations of environment product of human activity, as is for example the provision of land for urban, agricultural and/or livestock use, among others.

It comes in this case the problem of determining the amount of suspended sediment (or solid flow) carried in a channel with a given through-flow (or liquid flow). For this, it is necessary to obtain a relationship between the two in various rivers in the country, which is to create an empirical-analytical model who allowing interpolate and extrapolate these results to the sites of the country where no sediment measurements are made.

This paper presents a comparative analysis of empirical models developed to obtain the solid suspension flow in a basin of certain characteristics, and estimated data Chile basin, which are estimates of the discharge curves of solid suspension flow, obtained from statistical information of each of the analysed sediment stations.

For the comparative analysis two empirical models are used: Fleming Curves Model [1] and Design of Small Dams Model [2]. The first relates the solid suspension average flow with the liquid average flow and vegetation cover in the basin. The second relates the solid suspension average flow with only the drainage area of the basin.

However, in the comparative analysis with the mentioned empirical models, no good results were obtained and models are not representative of the stations included in this study. This may be due to multiple factors such as soil type, terrain, vegetation cover, land use, etc., so that high errors obtained by comparing with both models are not unusual. Because of this, Fleming type and Design of Small Dams Methods type adjustments are made with the data obtained from the stations, thus achieving a more representative adjustment of these.

According to the errors obtained for the proposed adjustments, it concludes that those allow to obtain a good approximation of the actual data of solid suspension average flow of the stations analyzed, thus can be used to estimate uncontrolled sediment basins.

Keywords: Suspension Sediment, Sediment Stations, Fleming Curves, Design of Small Dams

GLOSARIO

Analítico: Que está basado en el análisis.
Área de drenaje: Superficie drenada comprendida desde la línea de división de las aguas hasta un punto convenido (estación, desembocadura, etc).
Cauce: Concavidad del terreno, natural o artificial, por donde pasa una corriente de agua.
Caudal líquido: Cantidad de fluido (agua) que circula a través de una sección por unidad de tiempo.
Caudal sólido en suspensión: Cantidad de material sólido en suspensión (sedimentos finos) arrastrado por una corriente de agua, por unidad de tiempo.
Correlación: Correspondencia o relación recíproca entre dos o más cosas, ideas, valores, etc.
Cuenca: Territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.
Empírico: Que está basado en la experiencia y en la observación de los hechos.
Erosión: Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos.
Estación: Lugar o instalación situado en un punto de una corriente de agua en el cual se mide alguna característica de ésta.
Estación fluviométrica: Estación donde se mide el caudal líquido o pasante de una corriente de agua.
Estación sedimentométrica: Estación donde se mide la concentración de sedimentos en una corriente de agua.
Período de retorno: Intervalo promedio de tiempo dentro del cual se espera que la magnitud de un evento hidrológico se iguale o exceda solamente una vez.
Probabilidad de excedencia: Probabilidad de que una variable exceda un valor determinado.
Sedimento: Conjunto de partículas que proceden de las rocas o suelos y que son acarreadas por las aguas que escurren y por el viento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN V

ABSTRACT VII

GLOSARIO IX

ÍNDICE DE CONTENIDOS XI

ÍNDICE DE TABLAS XIV

ÍNDICE DE FIGURAS XIX

INTRODUCCIÓN XXIII

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 1
1.2. Objetivos 1
1.2.1. Generales 1
1.2.2. Específicos 1
1.3. Alcance de la investigación 2

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO 3

2.1. El proceso de erosión y producción de sedimentos 3
2.2. Fuentes de Producción de Sedimentos 7
2.3. Transporte de material en suspensión y de lecho 8
2.4. Medición del transporte de sedimentos en suspensión 9
2.5. Curvas de Caudal Sólido en Suspensión Diario 11
2.6. Curvas de Duración de Caudales Medios Diarios 12
2.7. Curvas de Caudal Sólido en Suspensión Promedio 13
2.7.1. Método de las Curvas de Fleming 14
2.7.2. Método del Manual de Presas Pequeñas 15
2.8. Funciones de Probabilidad 16
2.8.1. Distribución Normal 16
2.8.2. Distribución Log-normal 17
2.8.3. Distribución Gumbel 17
2.8.4. Distribución Pearson Tipo III 18
2.8.5. Distribución Log-Pearson Tipo III 19
2.9. Cálculo de errores de ajuste 19

2.9.1. Error cuadrático de ajuste 20
2.9.2. Error relativo de ajuste 20

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO 21

3.1. Obtención de datos requeridos 21
3.2. Obtención del Área de Drenaje 21
3.3. Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario 21
3.4. Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales 22
3.5. Curva de Duración de Caudales Medios Diarios 23
3.6. Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido 23
3.7. Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio 24
3.8. Obtención del Caudal Líquido Promedio 25

CAPÍTULO 4. OBTENCIÓN DE RELACIONES CAUDAL SÓLIDO VS CAUDAL LÍQUIDO 27

4.1. Introducción al análisis de estaciones 27
4.1.1. Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones (Ejemplo) 30
4.2. Análisis de estaciones 37
4.2.1. Estación Río Loa antes Represa Lequena 38
4.2.2. Estación Río Salado en Sifón Ayquina 42
4.2.3. Estación Río Huasco en Algodones 46
4.2.4. Estación Río Jorquera en Vertedero 50
4.2.5. Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 54
4.2.6. Estación Río Choapa en Cuncumén 58
4.2.7. Estación Río Grande en Puntilla San Juan 62
4.2.8. Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 66
4.2.9. Estación Río Turbio en Varillar 70
4.2.10. Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 74
4.2.11. Estación Río Blanco en Río Blanco 78
4.2.12. Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 82
4.2.13. Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 86
4.2.14. Estación Río Maipo en El Manzano 90
4.2.15. Estación Río Mapocho en Los Almendros 94
4.2.16. Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 98
4.2.17. Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 102
4.2.18. Estación Río Loncomilla en Las Brisas 106
4.2.19. Estación Río Purapel en Sauzal 110
4.2.20. Estación Río Teno después de Junta con Claro 114
4.2.21. Estación Río Biobío en Desembocadura 118
4.2.22. Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 122
4.2.23. Estación Río Diguillín en Longitudinal 126
4.2.24. Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 130
4.2.25. Estación Río Itata en Cholguán 134

4.2.26. Estación Río Itata en Coelemu 138
4.2.27. Estación Río Laja en Puente Perales 142
4.2.28. Estación Río Ñuble en San Fabián 146
4.2.29. Estación Río Allipén en Los Laureles 150
4.2.30. Estación Río Cautín en Rari-Ruca 154
4.2.31. Estación Río Cholchol en Cholchol 158
4.2.32. Estación Río Dónguil en Gorbea 162
4.2.33. Estación Río Lumaco en Lumaco 166
4.2.34. Estación Río Quepe en Quepe 170
4.2.35. Estación Río Trancura antes Río Llafenco 174
4.2.36. Estación Río Vergara en Tijeral 178
4.2.37. Estación Río Cruces en Rucaco 182
4.2.38. Estación Río Rahue en Forrahue 186
4.2.39. Estación Río Grande en Tierra del Fuego 190
4.2.40. Estación Río Las Minas en BT. Sendos 194
4.2.41. Estación Río Oro en Bahía San Felipe 198
4.2.42. Estación Río Penitente en Morro Chico 202
4.2.43. Estación Río Pérez en Desembocadura 206
4.2.44. Estación Río San Juan en Desembocadura 210
4.2.45. Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 214

4.3. Resumen de resultados del análisis de estaciones 218

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS COMPARATIVO CON EXPRESIONES EMPÍRICAS 221

5.1. Análisis comparativo con Curvas de Fleming 222
5.2. Análisis comparativo con Manual de Presas Pequeñas 228

CAPÍTULO 6. PROPOSICIÓN DE MODELOS 233

6.1. Ajuste de Modelo tipo Curvas de Fleming 233
6.2. Ajuste de Modelo tipo Manual de Presas Pequeñas 240
6.3. Resumen de resultados de la proposición de modelos 248

6.3.1. Resumen de Ajuste de Modelo tipo Fleming 248
6.3.2. Resumen de Ajuste de Modelo tipo Manual de Presas Pequeñas 250

CONCLUSIONES 251

REFERENCIAS 253

ANEXOS 255

ANEXO A. ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS ANUALES 256

ANEXO B. CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES 401

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 – Parámetros de la Ec. (2.1), usando Q en [ft^3/s] 14
Tabla 2.2 – Parámetros de la Ec. (2.1), usando Q en [m^3/s] 15
Tabla 4.1 – Datos de ubicación de las estaciones analizadas 28
Tabla 4.2 – Antecedentes, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 31
Tabla 4.3 – Área de Drenaje, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 31
Tabla 4.4 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 32
Tabla 4.5 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 33
Tabla 4.6 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 34
Tabla 4.7 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 35
Tabla 4.8 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 37
Tabla 4.9 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 37
Tabla 4.10 – Antecedentes, Estación Río Loa antes Represa Lequena 38
Tabla 4.11 – Área de Drenaje, Estación Río Loa antes Represa Lequena 39
Tabla 4.12 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loa antes Represa Lequena 40
Tabla 4.13 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loa antes Represa Lequena 41
Tabla 4.14 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loa antes Represa Lequena 41
Tabla 4.15 – Antecedentes, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 42
Tabla 4.16 – Área de Drenaje, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 43
Tabla 4.17 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 44
Tabla 4.18 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 45
Tabla 4.19 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 45
Tabla 4.20 – Antecedentes, Estación Río Huasco en Algodones 46
Tabla 4.21 – Área de Drenaje, Estación Río Huasco en Algodones 47
Tabla 4.22 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Huasco en Algodones 48
Tabla 4.23 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Huasco en Algodones 49
Tabla 4.24 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Huasco en Algodones 49
Tabla 4.25 – Antecedentes, Estación Río Jorquera en Vertedero 50
Tabla 4.26 – Área de Drenaje, Estación Río Jorquera en Vertedero 51
Tabla 4.27 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Jorquera en Vertedero 53
Tabla 4.28 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Jorquera en Vertedero 53
Tabla 4.29 – Antecedentes, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 54
Tabla 4.30 – Área de Drenaje, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 55
Tabla 4.31 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 56
Tabla 4.32 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 57
Tabla 4.33 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 57
Tabla 4.34 – Antecedentes, Estación Río Choapa en Cuncumén 58
Tabla 4.35 – Área de Drenaje, Estación Río Choapa en Cuncumén 59
Tabla 4.36 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Choapa en Cuncumén 60
Tabla 4.37 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Choapa en Cuncumén 61
Tabla 4.38 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Choapa en Cuncumén 61
Tabla 4.39 – Antecedentes, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 62
Tabla 4.40 – Área de Drenaje, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 63
Tabla 4.41 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 64
Tabla 4.42 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 65
Tabla 4.43 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 65
Tabla 4.44 – Antecedentes, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 66
Tabla 4.45 – Área de Drenaje, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 67

Tabla 4.46 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 69
Tabla 4.47 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 69
Tabla 4.48 – Antecedentes, Estación Río Turbio en Varillar 70
Tabla 4.49 – Área de Drenaje, Estación Río Turbio en Varillar 71
Tabla 4.50 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Turbio en Varillar 73
Tabla 4.51 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Turbio en Varillar 73
Tabla 4.52 – Antecedentes, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 74
Tabla 4.53 – Área de Drenaje, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 75
Tabla 4.54 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 76
Tabla 4.55 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 77
Tabla 4.56 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 77
Tabla 4.57 – Antecedentes, Estación Río Blanco en Río Blanco 78
Tabla 4.58 – Área de Drenaje, Estación Río Blanco en Río Blanco 79
Tabla 4.59 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Blanco en Río Blanco 80
Tabla 4.60 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Blanco en Río Blanco 81
Tabla 4.61 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Blanco en Río Blanco 81
Tabla 4.62 – Antecedentes, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 82
Tabla 4.63 – Área de Drenaje, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 83
Tabla 4.64 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 84
Tabla 4.65 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 85
Tabla 4.66 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 85
Tabla 4.67 – Antecedentes, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 86
Tabla 4.68 – Área de Drenaje, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 87
Tabla 4.69 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 88
Tabla 4.70 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 89
Tabla 4.71 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 89
Tabla 4.72 – Antecedentes, Estación Río Maipo en El Manzano 90
Tabla 4.73 – Área de Drenaje, Estación Río Maipo en El Manzano 91
Tabla 4.74 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Maipo en El Manzano 93
Tabla 4.75 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Maipo en El Manzano 93
Tabla 4.76 – Antecedentes, Estación Río Mapocho en Los Almendros 94
Tabla 4.77 – Área de Drenaje, Estación Río Mapocho en Los Almendros 95
Tabla 4.78 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho en Los Almendros 96
Tabla 4.79 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho en Los Almendros 97
Tabla 4.80 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho en Los Almendros 97
Tabla 4.81 – Antecedentes, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 98
Tabla 4.82 – Área de Drenaje, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 99
Tabla 4.83 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 100
Tabla 4.84 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 101
Tabla 4.85 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 101
Tabla 4.86 – Antecedentes, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 102
Tabla 4.87 – Área de Drenaje, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 103
Tabla 4.88 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 104
Tabla 4.89 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 105
Tabla 4.90 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 105
Tabla 4.91 – Antecedentes, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 106
Tabla 4.92 – Área de Drenaje, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 107
Tabla 4.93 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 108
Tabla 4.94 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 109

Tabla 4.95 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 109
Tabla 4.96 – Antecedentes, Estación Río Purapel en Sauzal 110
Tabla 4.97 – Área de Drenaje, Estación Río Purapel en Sauzal 111
Tabla 4.98 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Purapel en Sauzal 112
Tabla 4.99 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Purapel en Sauzal 113
Tabla 4.100 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Purapel en Sauzal 113
Tabla 4.101 – Antecedentes, Estación Río Teno después de Junta con Claro 114
Tabla 4.102 – Área de Drenaje, Estación Río Teno después de Junta con Claro 115
Tabla 4.103 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Teno después de Junta con Claro 117
Tabla 4.104 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Teno después de Junta con Claro 117
Tabla 4.105 – Antecedentes, Estación Río Biobío en Desembocadura 118
Tabla 4.106 – Área de Drenaje, Estación Río Biobío en Desembocadura 119
Tabla 4.107 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Biobío en Desembocadura 120
Tabla 4.108 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Biobío en Desembocadura 121
Tabla 4.109 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Biobío en Desembocadura 121
Tabla 4.110 – Antecedentes, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 122
Tabla 4.111 – Área de Drenaje, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 123
Tabla 4.112 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 124
Tabla 4.113 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 125
Tabla 4.114 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 125
Tabla 4.115 – Antecedentes, Estación Río Diguillín en Longitudinal 126
Tabla 4.116 – Área de Drenaje, Estación Río Diguillín en Longitudinal 127
Tabla 4.117 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Diguillín en Longitudinal 128
Tabla 4.118 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Diguillín en Longitudinal 129
Tabla 4.119 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Diguillín en Longitudinal 129
Tabla 4.120 – Antecedentes, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 130
Tabla 4.121 – Área de Drenaje, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 131
Tabla 4.122 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 132
Tabla 4.123 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 133
Tabla 4.124 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 133
Tabla 4.125 – Antecedentes, Estación Río Itata en Cholguán 134
Tabla 4.126 – Área de Drenaje, Estación Río Itata en Cholguán 135
Tabla 4.127 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Cholguán 136
Tabla 4.128 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Cholguán 137
Tabla 4.129 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Cholguán 137
Tabla 4.130 – Antecedentes, Estación Río Itata en Coelemu 138
Tabla 4.131 – Área de Drenaje, Estación Río Itata en Coelemu 139
Tabla 4.132 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Itata en Coelemu 140
Tabla 4.133 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Coelemu 141
Tabla 4.134 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Coelemu 141
Tabla 4.135 – Antecedentes, Estación Río Laja en Puente Perales 142
Tabla 4.136 – Área de Drenaje, Estación Río Laja en Puente Perales 143
Tabla 4.137 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Laja en Puente Perales 144
Tabla 4.138 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Laja en Puente Perales 145
Tabla 4.139 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Laja en Puente Perales 145
Tabla 4.140 – Antecedentes, Estación Río Ñuble en San Fabián 146
Tabla 4.141 – Área de Drenaje, Estación Río Ñuble en San Fabián 147
Tabla 4.142 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Ñuble en San Fabián 148
Tabla 4.143 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Ñuble en San Fabián 149

Tabla 4.144 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Ñuble en San Fabián 149
Tabla 4.145 – Antecedentes, Estación Río Allipén en Los Laureles 150
Tabla 4.146 – Área de Drenaje, Estación Río Allipén en Los Laureles 151
Tabla 4.147 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Allipén en Los Laureles 152
Tabla 4.148 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Allipén en Los Laureles 153
Tabla 4.149 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Allipén en Los Laureles 153
Tabla 4.150 – Antecedentes, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 154
Tabla 4.151 – Área de Drenaje, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 155
Tabla 4.152 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 156
Tabla 4.153 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 157
Tabla 4.154 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 157
Tabla 4.155 – Antecedentes, Estación Río Cholchol en Cholchol 158
Tabla 4.156 – Área de Drenaje, Estación Río Cholchol en Cholchol 159
Tabla 4.157 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cholchol en Cholchol 160
Tabla 4.158 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cholchol en Cholchol 161
Tabla 4.159 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cholchol en Cholchol 161
Tabla 4.160 – Antecedentes, Estación Río Dónguil en Gorbea 162
Tabla 4.161 – Área de Drenaje, Estación Río Dónguil en Gorbea 163
Tabla 4.162 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Dónguil en Gorbea 164
Tabla 4.163 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Dónguil en Gorbea 165
Tabla 4.164 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Dónguil en Gorbea 165
Tabla 4.165 – Antecedentes, Estación Río Lumaco en Lumaco 166
Tabla 4.166 – Área de Drenaje, Estación Río Lumaco en Lumaco 167
Tabla 4.167 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Lumaco en Lumaco 168
Tabla 4.168 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Lumaco en Lumaco 169
Tabla 4.169 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Lumaco en Lumaco 169
Tabla 4.170 – Antecedentes, Estación Río Quepe en Quepe 170
Tabla 4.171 – Área de Drenaje, Estación Río Quepe en Quepe 171
Tabla 4.172 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Quepe en Quepe 172
Tabla 4.173 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Quepe en Quepe 173
Tabla 4.174 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Quepe en Quepe 173
Tabla 4.175 – Antecedentes, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 174
Tabla 4.176 – Área de Drenaje, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 175
Tabla 4.177 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 176
Tabla 4.178 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 177
Tabla 4.179 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 177
Tabla 4.180 – Antecedentes, Estación Río Vergara en Tijeral 178
Tabla 4.181 – Área de Drenaje, Estación Río Vergara en Tijeral 179
Tabla 4.182 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Vergara en Tijeral 180
Tabla 4.183 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Vergara en Tijeral 181
Tabla 4.184 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Vergara en Tijeral 181
Tabla 4.185 – Antecedentes, Estación Río Cruces en Rucaco 182
Tabla 4.186 – Área de Drenaje, Estación Río Cruces en Rucaco 183
Tabla 4.187 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cruces en Rucaco 184
Tabla 4.188 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cruces en Rucaco 185
Tabla 4.189 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cruces en Rucaco 185
Tabla 4.190 – Antecedentes, Estación Río Rahue en Forrahue 186
Tabla 4.191 – Área de Drenaje, Estación Río Rahue en Forrahue 187
Tabla 4.192 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Rahue en Forrahue 188
Tabla 4.193 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Rahue en Forrahue 189

Tabla 4.194 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Rahue en Forrahue 189
Tabla 4.195 – Antecedentes, Estación Río Grande en Tierra del Fuego 190
Tabla 4.196 – Área de Drenaje, Estación Río Grande en Tierra del Fuego 191
Tabla 4.197 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Tierra del Fuego 193
Tabla 4.198 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Tierra del Fuego 193
Tabla 4.199 – Antecedentes, Estación Río Las Minas en BT. Sendos 194
Tabla 4.200 – Área de Drenaje, Estación Río Las Minas en BT. Sendos 195
Tabla 4.201 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Las Minas en BT. Sendos 197
Tabla 4.202 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Las Minas en BT. Sendos 197
Tabla 4.203 – Antecedentes, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 198
Tabla 4.204 – Área de Drenaje, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 199
Tabla 4.205 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 200
Tabla 4.206 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 201
Tabla 4.207 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 201
Tabla 4.208 – Antecedentes, Estación Río Penitente en Morro Chico 202
Tabla 4.209 – Área de Drenaje, Estación Río Penitente en Morro Chico 203
Tabla 4.210 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Penitente en Morro Chico 204
Tabla 4.211 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Penitente en Morro Chico 205
Tabla 4.212 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Penitente en Morro Chico 205
Tabla 4.213 – Antecedentes, Estación Río Pérez en Desembocadura 206
Tabla 4.214 – Área de Drenaje, Estación Río Pérez en Desembocadura 207
Tabla 4.215 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Pérez en Desembocadura 208
Tabla 4.216 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Pérez en Desembocadura 209
Tabla 4.217 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Pérez en Desembocadura 209
Tabla 4.218 – Antecedentes, Estación Río San Juan en Desembocadura 210
Tabla 4.219 – Área de Drenaje, Estación Río San Juan en Desembocadura 211
Tabla 4.220 – Caudal obtenido para T100, Estación Río San Juan en Desembocadura 212
Tabla 4.221 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río San Juan en Desembocadura 213
Tabla 4.222 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación San Juan en Desembocadura 213
Tabla 4.223 – Antecedentes, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 214
Tabla 4.224 – Área de Drenaje, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 215
Tabla 4.225 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 216
Tabla 4.226 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 217
Tabla 4.227 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 217
Tabla 4.228 – Resumen de resultados del análisis de estaciones 218
Tabla 5.1 – Error cuadrático de ajuste, Curvas de Fleming 225
Tabla 5.2 – Error relativo de ajuste, Curvas de Fleming 225
Tabla 5.3 – Error cuadrático de ajuste, Curvas de Fleming (sin incluir las estaciones que se alejan de la tendencia) 228
Tabla 5.4 – Error relativo de ajuste, Curvas de Fleming (sin incluir las estaciones que se alejan de la tendencia) 228
Tabla 5.5 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Manual de Presas Pequeñas 232
Tabla 6.1 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial Fleming (Zona Norte, Centro y Sur) 234
Tabla 6.2 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial Fleming (Zona Centro) 237
Tabla 6.3 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial Fleming (Zona Sur) 239
Tabla 6.4 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (Zona Norte, Centro y Sur) 242
Tabla 6.5 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (Zona Centro) 244
Tabla 6.6 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (Zona Sur) 247
Tabla 6.7 – Comparación de los errores obtenidos para el Modelo de Curvas de Fleming y el Ajuste de Modelo tipo Fleming 248
Tabla 6.8 – Comparación de los errores obtenidos para el Modelo de M. Presas Pequeñas y el Ajuste de Modelo tipo M. Presas Pequeñas 250

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Transporte colina-abajo de las partículas de suelo por impacto de la lluvia....5
Figura 2.2 – Perfil típico de una cárcava....6
Figura 2.3 – Velocidad, concentración y descarga de sedimentos en las corrientes....9
Figura 2.4 – Esquema sugerido para el muestreo de sedimentos con puntos de muestreo a media profundidad del caudal pasante....10
Figura 2.5 – Muestreador o tomamuestras manual integrador de profundidad DH-48 para uso en cauces pequeños....11
Figura 2.6 – Curva de calibración de sedimentos para el río Powder en Arvada, Wyoming, Estados Unidos....12
Figura 2.7 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios Diarios, Bowle Creek cerca de Hattlesburg. Miss., Estados Unidos, 1939-1948....13
Figura 2.8 – Tasa de producción de sedimento promedio anual vs tamaño del área de drenaje....15
Figura 4.1 – Ubicación geográfica, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones....30
Figura 4.2 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones....32
Figura 4.3 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones....35
Figura 4.4 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones....36
Figura 4.5 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones....36
Figura 4.6 – Ubicación geográfica, Estación Río Loa antes Represa Lequena....38
Figura 4.7 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Loa antes Represa Lequena....39
Figura 4.8 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Loa antes Represa Lequena....40
Figura 4.9 – Ubicación geográfica, Estación Río Salado en Sifón Ayquina....42
Figura 4.10 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Salado en Sifón Ayquina....43
Figura 4.11 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Salado en Sifón Ayquina....44
Figura 4.12 – Ubicación geográfica, Estación Río Huasco en Algodones....46
Figura 4.13 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Huasco en Algodones....47
Figura 4.14 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Huasco en Algodones....48
Figura 4.15 – Ubicación geográfica, Estación Río Jorquera en Vertedero....50
Figura 4.16 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Jorquera en Vertedero....51
Figura 4.17 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Jorquera en Vertedero....52
Figura 4.18 – Ubicación geográfica, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí....54
Figura 4.19 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí....55
Figura 4.20 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí....56
Figura 4.21 – Ubicación geográfica, Estación Río Choapa en Cuncumén....58
Figura 4.22 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Choapa en Cuncumén....59
Figura 4.23 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Choapa en Cuncumén....60
Figura 4.24 – Ubicación geográfica, Estación Río Grande en Puntilla San Juan....62
Figura 4.25 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Grande en Puntilla San Juan....63
Figura 4.26 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Grande en Puntilla San Juan....64
Figura 4.27 – Ubicación geográfica, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue....66
Figura 4.28 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue....67
Figura 4.29 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue....68
Figura 4.30 – Ubicación geográfica, Estación Río Turbio en Varillar....70
Figura 4.31 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Turbio en Varillar....71
Figura 4.32 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Turbio en Varillar....72
Figura 4.33 – Ubicación geográfica, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito....74
Figura 4.34 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito....75
Figura 4.35 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito....76
Figura 4.36 – Ubicación geográfica, Estación Río Blanco en Río Blanco....78
Figura 4.37 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Blanco en Río Blanco....79
Figura 4.38 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Blanco en Río Blanco....80
Figura 4.39 – Ubicación geográfica, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos....82
Figura 4.40 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos....83
Figura 4.41 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos....84
Figura 4.42 – Ubicación geográfica, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo....86
Figura 4.43 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo....87
Figura 4.44 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo....88
Figura 4.45 – Ubicación geográfica, Estación Río Maipo en El Manzano....90
Figura 4.46 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Maipo en El Manzano....91
Figura 4.47 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Maipo en El Manzano....92

Figura 4.48 – Ubicación geográfica, Estación Río Mapocho en Los Almendros 94
Figura 4.49 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Mapocho en Los Almendros 95
Figura 4.50 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Mapocho en Los Almendros 96
Figura 4.51 – Ubicación geográfica, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 98
Figura 4.52 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 99
Figura 4.53 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 100
Figura 4.54 – Ubicación geográfica, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 102
Figura 4.55 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 103
Figura 4.56 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 104
Figura 4.57 – Ubicación geográfica, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 106
Figura 4.58 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 107
Figura 4.59 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 108
Figura 4.60 – Ubicación geográfica, Estación Río Purapel en Sauzal 110
Figura 4.61 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Purapel en Sauzal 111
Figura 4.62 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Purapel en Sauzal 112
Figura 4.63 – Ubicación geográfica, Estación Río Teno después de Junta con Claro 114
Figura 4.64 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Teno después de Junta con Claro 115
Figura 4.65 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Teno después de Junta con Claro 116
Figura 4.66 – Ubicación geográfica, Estación Río Biobío en Desembocadura 118
Figura 4.67 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Biobío en Desembocadura 119
Figura 4.68 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Biobío en Desembocadura 120
Figura 4.69 – Ubicación geográfica, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 122
Figura 4.70 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 123
Figura 4.71 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 124
Figura 4.72 – Ubicación geográfica, Estación Río Diguillín en Longitudinal 126
Figura 4.73 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Diguillín en Longitudinal 127
Figura 4.74 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Diguillín en Longitudinal 128
Figura 4.75 – Ubicación geográfica, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 130
Figura 4.76 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 131
Figura 4.77 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 132
Figura 4.78 – Ubicación geográfica, Estación Río Itata en Cholguán 134
Figura 4.79 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Itata en Cholguán 135
Figura 4.80 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Itata en Cholguán 136
Figura 4.81 – Ubicación geográfica, Estación Río Itata en Coelemu 138
Figura 4.82 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Itata en Coelemu 139
Figura 4.83 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Itata en Coelemu 140
Figura 4.84 – Ubicación geográfica, Estación Río Laja en Puente Perales 142
Figura 4.85 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Laja en Puente Perales 143
Figura 4.86 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Laja en Puente Perales 144
Figura 4.87 – Ubicación geográfica, Estación Río Ñuble en San Fabián 146
Figura 4.88 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Ñuble en San Fabián 147
Figura 4.89 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Ñuble en San Fabián 148
Figura 4.90 – Ubicación geográfica, Estación Río Allipén en Los Laureles 150
Figura 4.91 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Allipén en Los Laureles 151
Figura 4.92 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Allipén en Los Laureles 152
Figura 4.93 – Ubicación geográfica, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 154
Figura 4.94 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 155
Figura 4.95 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 156
Figura 4.96 – Ubicación geográfica, Estación Río Cholchol en Cholchol 158
Figura 4.97 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cholchol en Cholchol 159
Figura 4.98 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cholchol en Cholchol 160
Figura 4.99 – Ubicación geográfica, Estación Río Dónguil en Gorbea 162
Figura 4.100 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Dónguil en Gorbea 163
Figura 4.101 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Dónguil en Gorbea 164
Figura 4.102 – Ubicación geográfica, Estación Río Lumaco en Lumaco 166
Figura 4.103 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Lumaco en Lumaco 167
Figura 4.104 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Lumaco en Lumaco 168
Figura 4.105 – Ubicación geográfica, Estación Río Quepe en Quepe 170
Figura 4.106 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Quepe en Quepe 171
Figura 4.107 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Quepe en Quepe 172
Figura 4.108 – Ubicación geográfica, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 174
Figura 4.109 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 175

Figura 4.110 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Trancura antes Río Llafenco.....176
Figura 4.111 – Ubicación geográfica, Estación Río Vergara en Tijeral 178
Figura 4.112 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Vergara en Tijeral 179
Figura 4.113 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Vergara en Tijeral 180
Figura 4.114 – Ubicación geográfica, Estación Río Cruces en Rucaco 182
Figura 4.115 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cruces en Rucaco 183
Figura 4.116 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cruces en Rucaco 184
Figura 4.117 – Ubicación geográfica, Estación Río Rahue en Forrahue.....186
Figura 4.118 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Rahue en Forrahue.....187
Figura 4.119 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Rahue en Forrahue.....188
Figura 4.120 – Ubicación geográfica, Estación Río Grande en Tierra del Fuego.....190
Figura 4.121 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Grande en Tierra del Fuego.....191
Figura 4.122 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Grande en Tierra del Fuego.....192
Figura 4.123 – Ubicación geográfica, Estación Río Las Minas en BT. Sendos.....194
Figura 4.124 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Las Minas en BT. Sendos.....195
Figura 4.125 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Las Minas en BT. Sendos.....196
Figura 4.126 – Ubicación geográfica, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 198
Figura 4.127 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 199
Figura 4.128 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 200
Figura 4.129 – Ubicación geográfica, Estación Río Penitente en Morro Chico 202
Figura 4.130 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Penitente en Morro Chico.....203
Figura 4.131 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Penitente en Morro Chico 204
Figura 4.132 – Ubicación geográfica, Estación Río Pérez en Desembocadura 206
Figura 4.133 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Pérez en Desembocadura 207
Figura 4.134 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Pérez en Desembocadura 208
Figura 4.135 – Ubicación geográfica, Estación Río San Juan en Desembocadura 210
Figura 4.136 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río San Juan en Desembocadura 211
Figura 4.137 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río San Juan en Desembocadura 212
Figura 4.138 – Ubicación geográfica, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 214
Figura 4.139 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos.....215
Figura 4.140 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 216
Figura 5.1 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio 221
Figura 5.2 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido), y Curvas de Fleming 222
Figura 5.3 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 4) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte) 223
Figura 5.4 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 3) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro) 224
Figura 5.5 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 2) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro) 224
Figura 5.6 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 1) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur) 225
Figura 5.7 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido), con ejes en escala lineal 226
Figura 5.8 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido), con ejes en escala lineal (Vista ampliada) 227
Figura 5.9 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido), y Manual de Presas Pequeñas.....229
Figura 5.10 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte, Centro y Sur) 230
Figura 5.11 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte) 230
Figura 5.12 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro) 231
Figura 5.13 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur).....231
Figura 6.1 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes logarítmicos) 233
Figura 6.2 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido –Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes lineales).....234
Figura 6.3 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial Fleming) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte, Centro y Sur) 235

Figura 6.4 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes logarítmicos) 236
Figura 6.5 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes lineales) 236
Figura 6.6 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial Fleming) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro) 237
Figura 6.7 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes logarítmicos) 238
Figura 6.8 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes lineales) 238
Figura 6.9 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial Fleming) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur) 239
Figura 6.10 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes logarítmicos) 241
Figura 6.11 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido –Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes lineales) 241
Figura 6.12 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte, Centro y Sur) 242
Figura 6.13 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes logarítmicos) 243
Figura 6.14 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes lineales) 244
Figura 6.15 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro) 245
Figura 6.16 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes logarítmicos) 246
Figura 6.17 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes lineales) 246
Figura 6.18 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur) 247

INTRODUCCIÓN

El tema de investigación de esta memoria, la cual permite optar al título de Ingeniero Civil, es un análisis comparativo entre modelos empíricos para obtener el caudal sólido en suspensión de una cuenca de determinadas características, y datos estimativos de cuencas de Chile, que consisten en estimaciones de las curvas de descarga del caudal sólido en suspensión, obtenidas de acuerdo a la información estadística con la que se cuenta de cada una de las cuencas a analizar.

Se usan para el análisis comparativo dos modelos empíricos: el Modelo de las Curvas de Fleming [1] y el Modelo del Manual de Presas Pequeñas [2]. Las Curvas de Fleming relacionan el caudal sólido en suspensión promedio y el caudal líquido promedio mediante constantes que dependen del tipo de cubierta de la cuenca; en cambio, el Modelo del Manual de Presas Pequeñas, relaciona el caudal sólido en suspensión promedio con sólo el área de drenaje de la cuenca.

Los antecedentes estadísticos usados en esta memoria corresponden a los de Estaciones Sedimentométricas-Fluviométricas pertenecientes al Ministerio de Obras Públicas y proporcionados por la Dirección General de Aguas, desde la Región de Antofagasta (II Región) hasta la Región de Magallanes y de la Antártica (XII Región). Aproximadamente la mitad de la información estadística en esta memoria, desde la Región de Antofagasta (II Región) hasta la Región del Biobío (VII) en su mayoría, ya ha sido analizada por Vicencio M. (2012) en su memoria de título “Estimación de Curvas de Sólido en Suspensión y Comparación con Expresiones Empíricas de Fleming; Dendy y Bolton” [3]. De ésta se realizan varias modificaciones, rescatándose principalmente datos recopilados y área de drenaje de las cuencas.

Capítulo 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El estudio de la cantidad y el tipo de sedimentos que transporta un cauce es de vital importancia en proyectos de obras hidráulicas, así como también para evaluar su interacción con otras alteraciones del entorno producto de la actividad humana, como es por ejemplo la disposición de terreno para uso urbano, agrícola y/o ganadero, entre otros.

Se presenta en este caso el problema de determinar la cantidad de sedimentos en suspensión (o caudal sólido) transportados en un cauce con un caudal pasante (o caudal líquido) determinado. Para esto, es necesario obtener una relación entre ambos en varios ríos del país, con el cual se pueda crear un modelo empírico-analítico permitiendo interpolar y extrapolar estos resultados a los lugares del país en donde no se realicen mediciones de sedimentos.

Se comparan a su vez modelos empíricos desarrollados en otro país, con el objetivo de contrastar los resultados obtenidos con éstos, lo que permite ajustar estos modelos a la realidad del país. Importante es señalar que estos modelos dependen no sólo del caudal pasante por el cauce, sino que también consideran la cobertura (tipo de vegetación) y/o el área de drenaje de la cuenca.

1.2. Objetivos

Los objetivos de la presente memoria se han dividido en dos grupos.

1.2.1. Generales

- Obtener relaciones empírico-analíticas entre el caudal sólido en suspensión promedio y el caudal líquido promedio de las cuencas de Chile.
- Comparar los resultados obtenidos del análisis de estaciones sedimentométricas-fluviométricas chilenas con respecto a modelos empíricos obtenidos para cuencas en otro país.
- Ajustar los modelos empíricos para cuencas en otro país con los resultados obtenidos para las cuencas chilenas proponiendo modelos empírico-analíticos para su uso general en todo el país.

1.2.2. Específicos

- Recopilar información estadística fluviométrica de caudal medio diario y sedimentométrica de muestreo rutinario e integrado.

- Obtener correlación entre muestreo integrado y muestro rutinario para cada estación.
- Obtener Curva de Duración de Caudales Medios Diarios para cada estación, incluyendo los valores de caudal asociados a períodos de retorno de 50 y 100 años.
- Obtener correlación entre caudal sólido en suspensión diario y caudal líquido diario de cada estación.
- Obtener la relación entre caudal sólido en suspensión promedio o medio anual y el caudal líquido promedio de las cuencas chilenas.
- Comparar los resultados obtenidos con el Modelo de Curvas de Fleming.
- Comparar los resultados obtenidos con el Modelo del Manual de Presas Pequeñas.
- Ajustar los modelos empíricos con el modelo propuesto para las cuencas chilenas.

1.3. Alcance de la investigación

Dentro de los alcances de la investigación se encuentra la búsqueda de modelos empírico-analíticos que permitan relacionar el caudal sólido de suspensión medio anual o promedio de una cuenca con respecto al caudal líquido medio anual de ésta o su área de drenaje.

El estudio presentado comprende gran parte de las estaciones sedimentométricas-fluviométricas de Chile, esto es, de norte a sur, desde la Región de Antofagasta (II Región) hasta la Región de Magallanes y de la Antártica (XII Región).

Se incluyen estaciones de casi todas las regiones del país excepto de la Región Arica y Parinacota (XV Región), de Tarapacá (I) y de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (XI Región), de las cuales no se incluyen estaciones debido a la falta de estadística de éstas o a que la estadística se considera insuficiente y/o no representativa, ya sea de caudales medios diarios y/o sedimentos.

Respetando lo expresado en el párrafo anterior, las estaciones sedimentométrica-fluviométricas analizadas son en total cuarenta y cinco (45).

Capítulo 2. MARCO TEÓRICO

2.1. El proceso de erosión y producción de sedimentos

El sedimento producido en una cuenca tiene su origen en la superficie de la cuenca, en el fondo y en las riberas de los cauces (principales y de inundación) y, en alguna medida, en desechos industriales y urbanos. Se le da el nombre de sedimentos a las partículas que proceden de las rocas o suelos y que son acarreadas por las aguas que escurren y por el viento [4].

En el proceso de destrucción y transformación de las rocas, los principales agentes destructores naturales son el agua y el aire. Se pueden distinguir dos formas de generar destrucción y transformación: Desintegración Mecánica y Descomposición Química. Cuando esto sucede, se dice que la roca ha quedado intemperizada [5].

La Desintegración Mecánica está asociada a:

- Cambios periódicos de temperatura: La alternancia de calentamiento y enfriamiento generan alternancia en los estados de compresión y tracción a que están sometidas las rocas. La roca cede por fatiga.
- Congelación: El agua atrapada en los poros y fisuras de la roca se congela y se dilata. La roca cede por tracción (hay fracturas).
- Efectos físicos de flora y fauna: Las raíces de árboles y arbustos fracturan grandes bloques. También, aunque en menor grado, producen un efecto análogo pequeños animales.

El producto final de esta desintegración mecánica son en general, sedimentos del tipo grava y arenas, y eventualmente limos.

En la Descomposición Química el agua es el principal agente. Los procesos más importantes son:

- Oxidación: Se adicionan iones de oxígeno a los minerales que componen las rocas.
- Reducción: Extracción de iones de oxígeno de los minerales de las rocas.
- Hidratación: Adición de agua a los minerales presentes en las rocas.
- Carbonatación: Disolución del material de la roca por agua que contiene una gran proporción de dióxido de carbono.
- Efectos químicos de la vegetación: Ácidos orgánicos provenientes de vegetación descompuesta incrementan el poder disolvente de aguas naturales.

El producto final de la descomposición química lo constituyen las arcillas.

Los procesos de erosión en cuencas y cauces son los que originan los sedimentos a transportar. Existen dos tipos principales de erosión: la geológica y la acelerada. Cada uno representa un tipo distinto de remoción del suelo.

La erosión geológica es causada por condiciones naturales, es decir no ha habido una alteración de la cuenca por actividades humanas. Este proceso es relativamente lento y puede observarse en terrazas de erosión, valles rellenos de elementos aluviales, planicies aluviales y deltas, grandes depósitos de materiales transportados por el viento, etc.

La erosión acelerada se produce por la interacción de agentes naturales como ser el agua, el viento y el hielo facilitadas por las acciones del hombre sobre la tierra, entre las cuales puede citarse preparación de cultivos, explotación forestal, construcciones de edificios y vías de comunicación, alteraciones de los cauces por implantación de obras y explotación de sedimentos, etc. Esta erosión es la de mayor interés en los procesos del transporte de sólidos [4]; su estudio permite analizar medios con los cuales controlar la erosión en los sitios donde se produzca, tanto para conservar el suelo en su sitio, como para minimizar la acumulación en embalses y puertos [6].

Adicionalmente a estos fenómenos de erosión se agregan los fenómenos llamados de remoción en masa, los cuales ponen en movimiento grandes volúmenes de sedimento de variadas dimensiones y características, desde grandes bloques de rocas hasta sedimentos de reducido tamaño, con consecuencias altamente catastróficas y cuyo origen se asocia a la interacción de factores geológicos, geográficos, orográficos, climáticos, hidrológicos, etc.

La erosión que tiene por agente principal al agua se denomina erosión hídrica, y en ella se distinguen los siguientes tipos:

a) Erosión por Gotas:
   Es originada por el impacto de las gotas de lluvia en el suelo que disgregan la superficie del terreno. Los impactos de las gotas de lluvia remueven el suelo separando las partículas más finas y haciendo saltar material en todas direcciones. Las partículas son salpicadas a mayor distancia en la dirección de menor altura.
   En la Figura 2.1 se muestra el transporte colina-abajo de partículas de suelo en el caso de que el terreno tenga pendiente.
   Las gotas de lluvia varían de 0.5 a 6 mm de tamaño y su velocidad terminal varía con el diámetro desde aproximadamente 2 a 8 m/s. Dado que la energía cinética es proporcional a d^3v^2, el poder erosivo de las gotas más grandes puede ser 10 000 veces mayor que el de las más pequeñas [6]. Esto es compatible con el hecho de que unas pocas tormentas son las mayores

causantes de la erosión de una cuenca, efecto que es aumentado pues el flujo superficial ocurre con mayor frecuencia en tormenta de gran intensidad.

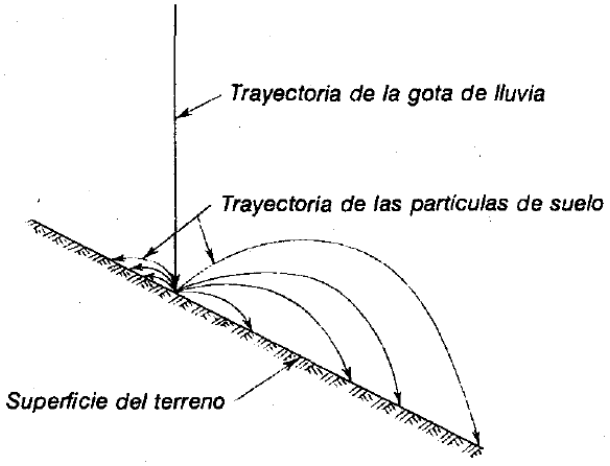


Figura 2.1 – Transporte colina-abajo de las partículas de suelo por impacto de la lluvia
Fuente: Linsley, Kohler y Paulhus (1977) [6]

b) Erosión Laminar:
Se produce principalmente en superficies lisas, carentes de cubierta vegetal y de pendiente uniforme, preferentemente en climas semiáridos. Su acción comienza cuando el suelo se encuentra saturado o impermeabilizado; la corriente de agua se mueve sobre la superficie del suelo formando una delgada lámina la que efectúa un raspado casi uniforme.

c) Erosión en Capas en Difusa:
Se caracteriza por hilillos de agua que siguen cursos divergentes y convergentes, posibilitando el desprendimiento local de material y su posterior transporte a cortas distancias. Cuando el proceso anterior se intensifica se tiene lo que se llama escurrimiento difuso intenso, en esta situación los hilillos de agua se convierten en pequeños cursos que recorren distancias mayores, llegando incluso a profundizarse con lluvias posteriores.

d) Erosión en Quebradas:
Conocida también como erosión por escurrimiento concentrado lineal. Esta ocurre cuando los hilos de agua forman un escurrimiento de mayor magnitud con la capacidad de arrastre suficiente como para transformarse en surcos o cárcavas (ver Figura 2.2). Los surcos corresponden a un agudizamiento de la erosión difusa intensa mientras que las cárcavas son de mayores dimensiones disectando profundamente el terreno. El perfil transversal de las cárcavas presenta frecuentemente forma de V o de U. La primera suele producirse donde el subsuelo es resistente debido a una textura fina y/o compacta, mientras que la segunda se presenta frecuentemente en los valles

aluviales, donde tanto el suelo superficial como el subsuelo son fácilmente erosionables.

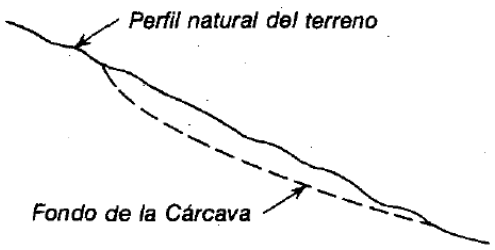


Figura 2.2 – Perfil típico de una cárcava
Fuente: Linsley, Kohler y Paulhus (1977) [6]

e) Erosión en Ríos y Corrientes (también llamada socavación):
Corresponde a la pérdida de material del fondo y bordes de los cauces por efecto de la capacidad de arrastre que posee un escurrimiento. El material removido se incorpora a la corriente y es transportado sea por el fondo a velocidad menor que la del escurrimiento o en suspensión a velocidad igual a la del flujo líquido. Ocurre naturalmente por la interacción del escurrimiento con el cauce, por cambios morfológicos del río y/o por la presencia de estructuras construidas por el hombre en el cauce o en sus riberas. Se distingue la erosión general o socavación generalizada, producida por el aumento del arrastre durante una crecida o por alteraciones humanas; la erosión por angostamiento, que se presenta como estrechamiento del cauce y que provoca un aumento local del arrastre al aumentar la velocidad del flujo; y la erosión o socavación local, generada por la presencia de estructuras implantadas en el cauce que producen un campo de vórtices de herradura generando el movimiento del sedimento del lecho incorporándolo al escurrimiento.

f) Erosión por Ondas y Olas en Océanos y Lagos:
Este fenómeno es provocado por la acción de las olas en las riberas de lagos, canales y, por supuesto, en zonas costeras.

Cuando la erosión es causada por el viento recibe el nombre de Erosión Eólica. El viento es el agente que disgrega el suelo y lo transporta. Este fenómeno se produce con mayor facilidad en zonas áridas o semiáridas, en playas y en terrenos de actividad agrícola importante. En las zonas costeras es típica la formación de dunas muchas veces de grandes dimensiones [4].

Si el agente erosivo proviene de la fusión de los hielos de los glaciares cordilleranos, la erosión que se produce se denomina Erosión Glacial.

Los fenómenos de Remoción en Masa corresponden a desplazamientos o deformaciones de determinados volúmenes de suelo y/o rocas generados por

diversos factores y están asociados a procesos gravitatorios. Estos fenómenos pueden ser de desplazamientos lentos o rápidos. En su generación se conjugan una serie de factores, como ya se mencionara, distinguiéndose factores climáticos, hidrológicos, geológicos, geográficos, etc. Estos procesos movilizan generalmente grandes volúmenes de sedimentos de variados tamaños y puedes constituir un aporte de cierta importancia de sedimentos a los cauces de drenaje de la cuenca. El agua constituye uno de los principales agentes desencadenantes del proceso al originar fuertes disminuciones de la resistencia al corte y aumento de las presiones intersticiales a lo largo de potenciales planos o superficies de ruptura. Los procesos de remoción en masa han sido clasificados de diversas maneras, citándose, entre otros, los flujos, los deslizamientos, los desprendimientos, etc.

2.2. Fuentes de Producción de Sedimentos

Los fenómenos sedimentológicos propios de una cuenca, son el resultado de la acción de agentes erosivos sobre el suelo de la cuenca y sus cauces, y su efecto está condicionado por elementos o factores característicos que incrementan o aminoran la acción de los agentes. Estos factores pueden ser físicos o humanos, encontrándose entre los primeros factores climáticos, fisiográficos, formaciones superficiales y cobertura vegetal y entre los segundos se destacan las prácticas agropecuarias y las alteraciones introducidas por obras en la superficie y/o en los cauces de la cuenca.

Las fuentes potenciales de sedimento se pueden distinguir entre las que se considerarían fuentes naturales y las que son consideradas como fuentes artificiales.

Las fuentes naturales corresponden a la erosión producida en la superficie del terreno, la erosión en cauces principales y tributarios y los movimientos de remoción en masa. Las fuentes que hemos denominado artificiales están representadas por la destrucción de la cobertura vegetal de la cuenca, la implantación de obras de ingeniería como ser: construcción de caminos, vías férreas, presas, plantas industriales, villas, etc, la explotación de minas y canteras y los desechos urbanos e industriales.

De esta forma los procesos que caracterizan los fenómenos sedimentológicos, erosión, transporte y depósito, no son homogéneos en toda la cuenca existiendo áreas que constituyen fuentes prioritarias de origen del sedimento. Estas zonas no son simples de determinar y su identificación es de gran importancia ya que está asociada a la conservación y recuperación de suelos y a la posibilidad de efectuar un control y manejo del problema sedimentológico de una cuenca.

Ya se ha establecido que hay factores físicos que condicionan la respuesta sedimentológica de una cuenca. El clima está representado principalmente por el

tipo, régimen y distribución espacial y temporal de las precipitaciones, por la temperatura y régimen de vientos, elementos que unidos a otros factores ambientales condicionan la escorrentía superficial. La fisiografía está representada por el área, pendiente, altura media, longitud y red de drenaje de la cuenca. Las formaciones superficiales son las que dan las características geológicas y propiedades de los suelos de la cuenca. La cubierta vegetal, que puede estar representada por elementos que van desde bosques a vegetación rala o inexistente condicionará también la acción de los agentes hídricos y eólicos sobre el suelo y la escorrentía superficial. Estos factores no son necesariamente homogéneos en una cuenca y por lo tanto su incidencia en el fenómeno sedimentológico, como ya se ha mencionado, no será la misma en toda su extensión.

De esta forma la respuesta sedimentológica de una cuenca o zona de ella está condicionada por la superposición de varios de los factores mencionados, lo que le da la compleja característica al fenómeno sedimentológico, debiéndose considerar además, si procede, la intervención que realiza el hombre a través del uso de la tierra y de la construcción de obras que alteran el sistema natural de la cuenca.

Por lo tanto, la identificación de zonas potenciales de generar sedimentos requiere conocer los factores ambientales antes señalados, analizar sus efectos y caracterizar la cuenca o las subcuencas desde un punto de vista climático, morfológico, de la vegetación existente y de la actividad humana desarrollada. Es evidente la dificultad y complejidad que presenta el identificar fuentes de producción de sedimentos en una cuenca y más aún cuantificar dicha producción [4]. Se han desarrollado varias ecuaciones que relacionan los factores erosivos para dar una base de estimación de las tasas de erosión; sin embargo, como ya se ha mencionado, es difícil definir los factores con propiedad por lo cual estas ecuaciones sólo proporcionan respuestas de modo aproximado [6].

2.3. Transporte de material en suspensión y de lecho

Los sedimentos se mueven en un cauce natural como sedimentos en suspensión en el flujo, o como carga de fondo (arrastre de fondo), que se desliza y rueda a lo largo del lecho del canal. Estos dos procesos no son independientes entre sí, dado que el material que aparece en un tramo como carga de fondo puede aparecer aguas abajo en suspensión [6].

Los sedimentos en suspensión están constituidos por las partículas más finas mantenidas en suspensión por los remolinos de la corriente y sólo se asientan cuando la velocidad de la corriente disminuye, o cuando el lecho se hace más liso o la corriente descarga en un pozo o lago. Las partículas sólidas de mayor tamaño son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente y se designan con el nombre de arrastre de fondo [7].

Hay un tipo intermedio de movimiento en el que las partículas se mueven aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces tocando el fondo y a veces avanzando en suspensión hasta que vuelven a caer al fondo. A este proceso se le denomina en algunos documentos como saltación [7] [6], y es una parte muy importante del proceso de transporte por el viento; en la corriente líquida la altura de los saltos es tan reducida que no se distinguen realmente del arrastre de fondo [7]. La Figura 2.3 muestra una estimación de la velocidad, concentración y descarga de los sedimentos en las corrientes.

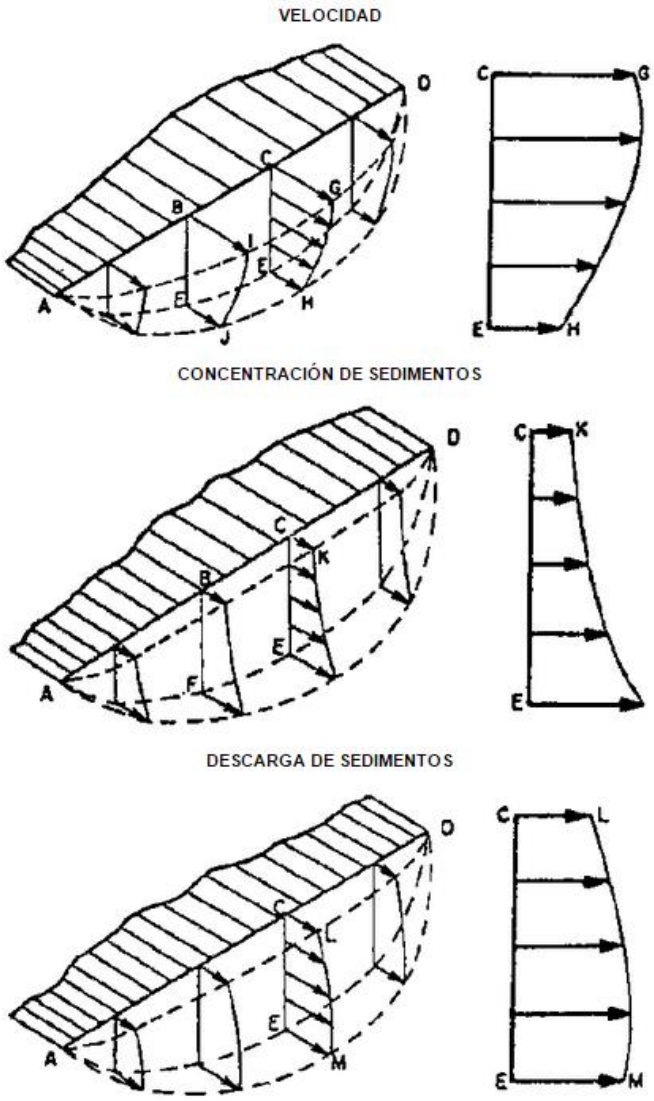


Figura 2.3 – Velocidad, concentración y descarga de sedimentos en las corrientes
Fuente: Hudson (1997) [7]

2.4. Medición del transporte de sedimentos en suspensión

La forma más sencilla de tomar una muestra de sedimentos en suspensión consiste en sumergir un recipiente en la corriente, en un punto en el que esté bien mezclada,

como por ejemplo, aguas abajo de un vertedero o de escollos de rocas. El sedimento contenido en un volumen medido de agua se filtra, se seca y se pesa. Esto da una medida de la concentración del sedimento y cuando se combina con el caudal pasante se obtiene la tasa de descarga de sedimentos [7].

Para muestras únicas tomadas excavando con palas o cucharas, se recomienda una profundidad de 300 mm por debajo de la superficie. Si la muestra se puede tomar a cualquier profundidad, se recomienda la mitad de la profundidad del caudal dado que es la que permite obtener los mejores cálculos de la concentración media de sedimentos. Cuando el programa de muestreo consiste en muestras obtenidas en secciones verticales en diversos puntos a través de la corriente, el esquema recomendado es el de la Figura 2.4.

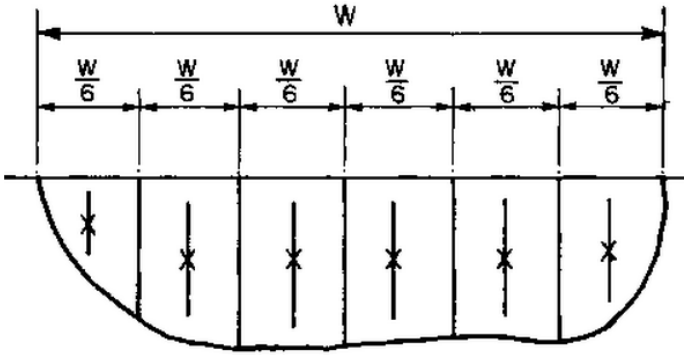


Figura 2.4 – Esquema sugerido para el muestreo de sedimentos con puntos de muestreo a media profundidad del caudal pasante
Fuente: Hudson (1997) [7]

Para tener en cuenta las variaciones en la concentración de sedimentos en diferentes puntos de una corriente, se puede utilizar un muestreador integrador de profundidad, es decir, un muestreador que obtiene una muestra única agrupando pequeñas submuestras tomadas en diferentes puntos [7]. Un buen muestreador debe producir un mínimo de perturbaciones en el flujo, debe evitar errores producidos por las fluctuaciones a corto plazo de las concentraciones, y debe dar resultados que puedan relacionarse con las mediciones de velocidad del flujo [6].

El muestreador integrador de la Figura 2.5 corresponde a uno de la serie de medidores diseñados en el laboratorio de hidráulica de Iowa, Estados Unidos, bajo contrato con varias agencias federales del país [8]. Consiste en un cuerpo aerodinámico con una botella de vidrio para contener las muestras; un conducto permite la salida del aire a medida que el agua llena la botella y controla la velocidad de entrada de modo que sea aproximadamente igual a la velocidad del flujo local. El extremo de entrada de la botella tiene una boquilla intercambiable que viene en varios tamaños para controlar la tasa a la cual se llena la botella. Los modelos más grandes tienen la botella completamente encerrada y están equipados con aletas de cola para mantener el aparato de cabeza al fluido cuando éste se halla suspendido

por medio de un cable [6]. Debido a la forma de la boquilla, no se puede descender hasta el fondo del río lo cual puede causar errores bastante grandes en cauces de poca profundidad [9].

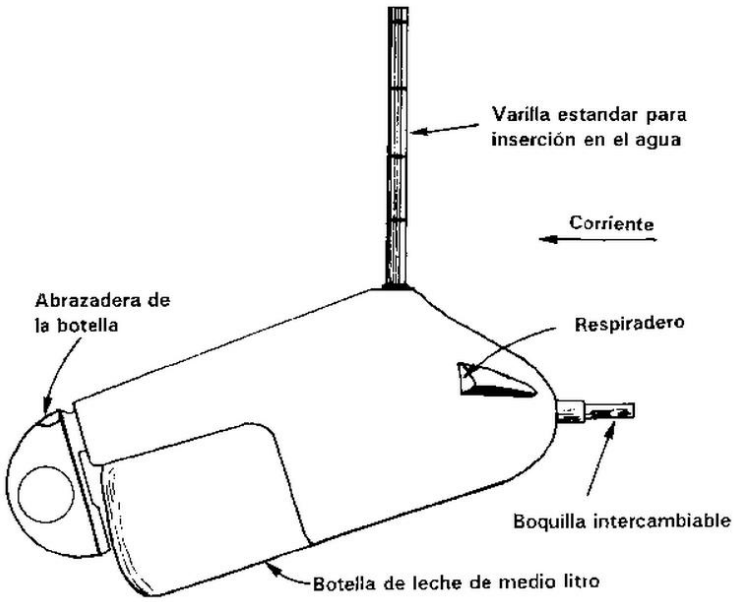


Figura 2.5 – Muestreador o tomamuestras manual integrador de profundidad DH-48 para uso en cauces pequeños
Fuente: Hudson (1997) [7]

El manejo del medidor requiere su descenso vertical a lo largo de la profundidad del río a velocidad constante, hasta alcanzar el fondo ascendiendo después a la superficie, también a velocidad constante [6]. El resultado es una muestra integrada con la cantidad relativa de material recogida a cada altura en proporción a la velocidad local. La duración del viaje está determinada por el tiempo necesario para llenar la botella, haciéndose necesario unos pocos ensayos para determinarlo [7]. Un cierto número de verticales debe ser muestreado a lo largo de cada sección transversal con el objeto de determinar la carga total en la sección, y así eliminar el problema de si una muestra puntual es o no representativa de la carga total [6].

En algunos muestreadores integradores en profundidad la botella se saca del curso de agua cuando se ha llenado o poco antes de que se llene; otros tipos de muestreadores pueden tener algún dispositivo para detener la entrada de agua una vez que la botella está llena.

2.5. Curvas de Caudal Sólido en Suspensión Diario

Las medidas del transporte de sedimentos producen solamente medidas ocasionales de la tasa de transporte. Las curvas de calibración de sedimentos, o correlación entre caudal sólido y líquido diario, relacionan las tasas de transporte de sedimentos en suspensión con los caudales pasantes por el cauce, y se utilizan

frecuentemente para obtener estimativos del transporte en días para los cuales no se hicieron mediciones [6]. En la Figura 2.6 se muestra la curva de calibración de sedimentos para el río Powder en Arvada, Wyoming, Estados Unidos.

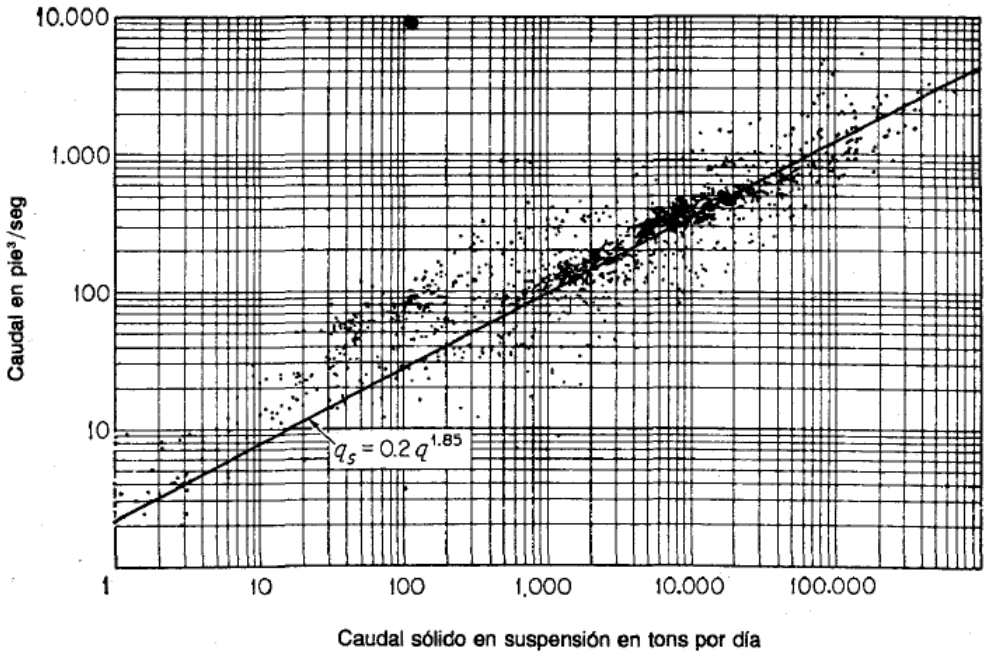


Figura 2.6 – Curva de calibración de sedimentos para el río Powder en Arvada, Wyoming, Estados Unidos.
Fuente: Linsley, Kohler y Paulhus (1977) [6]

Las relaciones que se obtienen son muy aproximadas; un caudal dado puede ser el resultado de la fusión de nieves, o de lluvias de diferente intensidad, y cada uno de estos fenómenos puede causar una tasa de transporte completamente diferente de las otras. La distribución espacial de la precipitación puede ser también una causa de las diferencias ya que las distintas partes de la cuenca tienen distintos sedimentos y tasas de producción de éstos. Las curvas deben utilizarse con cuidado, aplicándose en lo posible sólo para cuencas relativamente pequeñas y homogéneas. Cuando se usan para estimar la producción media anual de sedimentos, los errores tienden a compensarse y la respuesta es razonablemente satisfactoria si hay un registro suficientemente largo [6].

2.6. Curvas de Duración de Caudales Medios Diarios

La Curva de Duración de Caudales Medios Diarios resulta del análisis de la serie histórica de caudales medios diarios. Una curva de duración es una distribución de frecuencia acumulada que indica el porcentaje de tiempo durante el cual los valores han sido igualados o excedidos. Este tipo de curvas permite combinar en una sola figura las características fluviométricas de un río en todo su rango de caudales independientemente de su secuencia de ocurrencia en el tiempo. Mientras mayor sea el período de tiempo que cubren los datos con los cuales se construye la curva

de duración, más representativa será ésta de las condiciones medias [3]. La Figura 2.7 muestra la forma típica de una Curva de Duración de Caudales Medios Diarios.

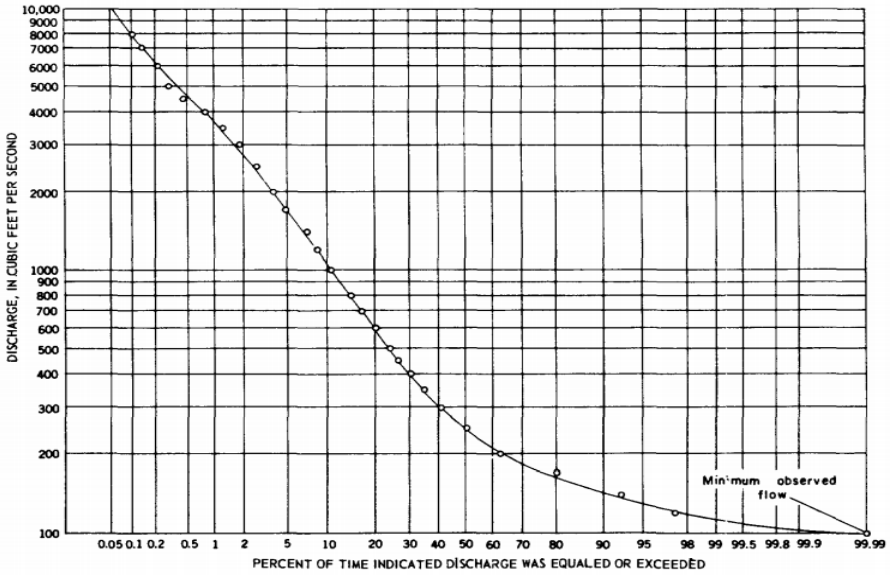


Figura 2.7 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios Diarios, Bowle Creek cerca de Hattlesburg. Miss., Estados Unidos, 1939-1948.
Fuente: Searcy (1959) [10]

Las curvas de duración de caudales medios diarios permiten estudiar las características fluviométricas de los ríos, comparar cuencas, hacer estudios económicos sobre factibilidad de construcción de un punto de estudio, etc. [3]. Las características más importantes de la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios son:

- La pendiente depende del tipo de datos. Para caudales diarios se produce una curva con más pendiente que con caudales mensuales, debido a que los picos se suavizan con registros mensuales.
- Pendientes altas indican caudales variables, y pendientes bajas indican respuestas lentas a la lluvia y variaciones pequeñas de caudal. En cuencas de montaña, por ejemplo, la pendiente pronunciada en el tramo inicial de la curva indica que los caudales altos se presentan durante períodos cortos, mientras que en los ríos de llanura no existen diferencias muy notables en las pendientes los diferentes tramos de la curva.

2.7. Curvas de Caudal Sólido en Suspensión Promedio

Las curvas de caudal sólido en suspensión promedio o medio anual, permiten obtener una estimación del caudal sólido en suspensión promedio para un respectivo caudal líquido promedio o medio anual. Este antecedente es de importancia para la evaluación de proyectos de embalses, represas, o determinadas obras hidráulicas.

La curva de caudal sólido en suspensión promedio o medio anual se puede obtener con la integración de la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios y la curva de caudal sólido en suspensión diario de la misma cuenca. Por corresponder a la producción anual de sedimentos, depende de varios factores, como por ejemplo: precipitaciones (cantidad e intensidad), tipo de suelo y formación geológica, uso del suelo, topografía, canales hidráulicos, erosión de la cuenca (tamaño, inclinación, forma, etc), características del sedimento, entre otros [2]. Debido a esto, es difícil obtener datos que permitan realizar una buena estimación de éste, considerando todas las variables a las que está sujeto.

En la presente memoria, se analizan en particular dos modelos obtenidos de forma empírica. Estos se presentan en los acápites siguientes.

2.7.1. Método de las Curvas de Fleming

Fleming (1969) [1] utilizó datos de más de 250 cuencas alrededor del mundo para obtener las relaciones que permiten determinar la tasa media anual de transporte en suspensión (o caudal sólido en suspensión promedio) en unidades de toneladas por año, en función del caudal líquido promedio o medio anual, en unidades de pies cúbicos por segundo. Esta relación depende del tipo de cobertura vegetal de la cuenca.

La Ec. (2.1) es la relación o fórmula obtenida por Fleming (1969) [1] en su análisis. La Tabla 2.1 tabula los parámetros a utilizar dependiendo del tipo de cobertura vegetal de la cuenca.

$$G_s = a\, Q^n \qquad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde: G_s : Gasto o caudal sólido en suspensión promedio, [ton/año]
Q : Caudal líquido promedio o medio anual, [ft^3/s]
a, n : Parámetros definidos por Tabla 2.1

Tabla 2.1 – Parámetros de la Ec. (2.1), usando Q en [ft^3/s]
Fuente: Adaptado de Fleming (1969) [1]

Cobertura vegetal	n	a (Para Qs en toneladas/año)	a (Para Qs en toneladas métricas/año)
Variada, de hoja ancha y coníferas	1.02	117	106
Floresta Conífer y pastos altos	0.82	3523	3196
Pastos bajos y arbustos	0.65	19260	17472
Desierto y arbustos	0.72	37730	34228

Los coeficientes de la Ec. (2.1) (ver Tabla 2.1) se pueden expresar en términos de que el caudal líquido medio anual ingresado esté en unidades de metros cúbicos por segundo. Efectuando esta conversión, la Ec. (2.1) se define ahora como la Ec. (2.2),

donde ahora el caudal líquido promedio está en metros cúbicos por segundo y se usan los coeficientes de la Tabla 2.2.

$$G_s = a\,Q^n \qquad \text{Ec. (2.2)}$$

Donde: G_s : Gasto o caudal sólido en suspensión promedio, [ton/año]
Q : Caudal líquido promedio o medio anual, [m^3/s]
a, n : Parámetros definidos por Tabla 2.2

Tabla 2.2 – Parámetros de la Ec. (2.1), usando Q en [m^3/s]

Cobertura vegetal	n	a (Para Qs en ton/año)
Variada, de hoja ancha y coníferas	1.02	4437
Floresta conífera y pastos altos	0.82	65499
Pastos bajos y arbustos	0.65	195356
Desierto y arbustos	0.72	491150

2.7.2. Método del Manual de Presas Pequeñas

En el Manual de Presas Pequeñas (Design of Small Dams, título en inglés) [2], se presenta un gráfico de donde se ha obtenido una relación entre la tasa de producción de sedimento promedio y el tamaño del área de drenaje de la cuenca (ver Figura 2.8). El estudio fue desarrollado con una selección de datos recopilados de embalses [11] en el suroeste de Estados Unidos, donde el clima es semiárido.

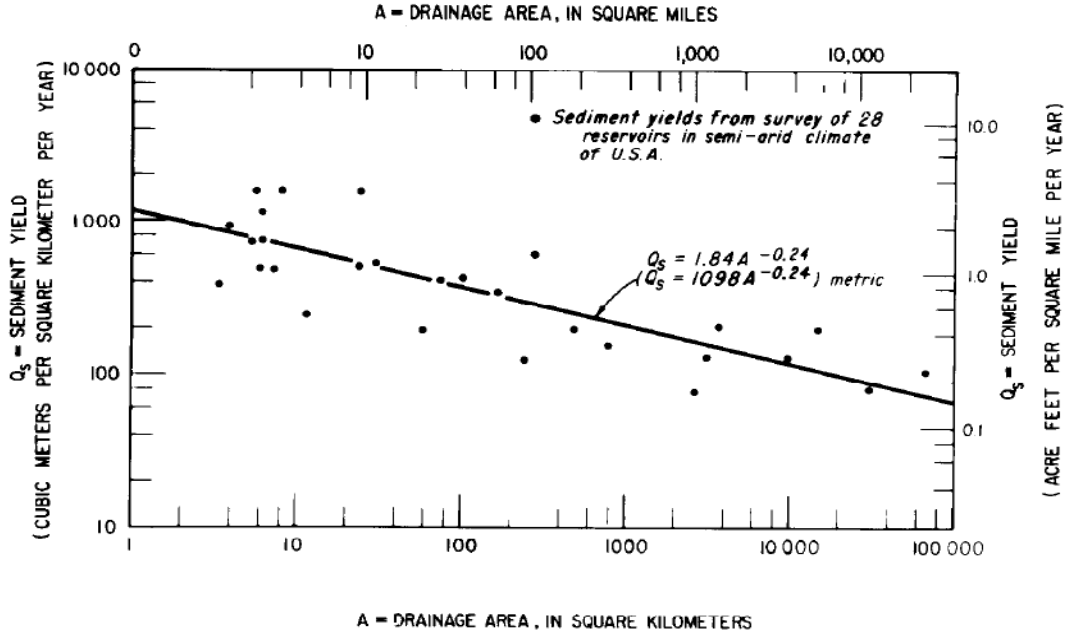


Figura 2.8 – Tasa de producción de sedimento promedio anual vs tamaño del área de drenaje
Fuente: Manual de Presas Pequeñas, Apéndice A, Pág. 534 [2]

En la Ec. (2.3) se indica la relación obtenida del gráfico, donde el área de drenaje está unidades de kilómetros cuadrados y la tasa de producción de sedimento promedio en unidades de metros cúbicos por kilómetros cuadrados por año.

$$Q_s = 1098\, A^{-0.24} \qquad \text{Ec. (2.3)}$$

Donde: Q_s : Producción de sedimento, [m^3/km^2/año]
A : Área de drenaje, [km^2]

La Ec. (2.3) se puede expresar en unidades de toneladas por año considerando una densidad aparente de la suspensión de aproximadamente 1.3 [ton/m^3] y multiplicando por el área de drenaje de la cuenca, obteniéndose así la Ec. (2.4).

$$Q_s = 1427.4\, A^{0.76} \qquad \text{Ec. (2.4)}$$

2.8. Funciones de Probabilidad

Las funciones de probabilidad usadas para el análisis de caudales máximos diarios anuales son las que se presentan en los acápites siguientes.

2.8.1. Distribución Normal

Su función de densidad es:

$$\mathrm{f(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \mathrm{e}^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{x}-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2} \quad , \quad -\infty < \mathrm{x} < +\infty \qquad \text{Ec. (2.5)}$$

Donde μ_x y σ_x son el promedio y la desviación estándar, respectivamente. Por ser los parámetros poblaciones normalmente desconocidos, se reemplazan por los parámetros muestrales, es decir $\mu_x \approx \bar{x}$ y $\sigma_x \approx s_x$. La función de frecuencia acumulada de una magnitud "b" de la variable, está dada por:

$$F(b) = p(x \leq b) = \int_{-\infty}^{b} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma_x}\right)^2} dx \qquad \text{Ec. (2.6)}$$

$$p(x > b) = 1 - F(b) \qquad \text{Ec. (2.7)}$$

La función de frecuencia acumulada no es analíticamente integrable y se encuentra normalmente tabulada o disponible en medios electrónicos, sólo para el caso particular $\mu \approx 0$ y $\sigma_x \approx 1$ (Distribución normal estándar). Se define la variable centrada y reducida "z" como:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s_x} = k$$ Ec. (2.8)

$$x = \bar{x} + k s_x$$ Ec. (2.9)

Donde k, el valor de la variable reducida o factor de frecuencia se obtiene de tablas o medios electrónicos dependiendo de la probabilidad de ocurrencia asociada al valor x y de la forma de función de densidad de frecuencia f(x), en este caso, la distribución normal.

2.8.2. Distribución Log-normal

La función de densidad de frecuencia de la variable transformada y=ln(x) es:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} \quad , \quad -\infty < y < +\infty$$ Ec. (2.10)

Donde μ_y y σ_y son respectivamente el promedio y desviación estándar de los logaritmos de la variable original x. El factor de frecuencia es:

$$k = \frac{y - \bar{y}}{s_y}$$ Ec. (2.11)

$$y = \bar{y} + k s_y$$ Ec. (2.12)

Que se obtiene de la misma tabla o medio electrónico que el usado para la distribución normal.

2.8.3. Distribución Gumbel

La curva de frecuencia acumulada F(x) es:

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$ Ec. (2.13)

Donde y se denomina la variable reducida y viene dada por:

$$y = a(x - x_f)$$ Ec. (2.14)

Donde:

$$a = \frac{\pi}{\sqrt{6}\sigma_x} \approx \frac{1{,}28255}{s_x}$$ Ec. (2.15)

$$x_f = \mu_x - \frac{0{,}57721}{a} = \bar{x} - 0{,}450 s_x \qquad \text{Ec. (2.16)}$$

Luego, la probabilidad de que la variable x exceda un valor dado de b, viene dada por:

$$p(x > b) = 1 - F(b) = 1 - e^{-e^{-y_b}} \qquad \text{Ec. (2.17)}$$

$$y_b = a(b - x_f) \qquad \text{Ec. (2.18)}$$

2.8.4. Distribución Pearson Tipo III

La función de densidad de frecuencia de esta distribución es:

$$f(x) = \frac{1}{b^{\alpha}\Gamma(\alpha)}(x - x_0)^{\alpha-1} e^{\frac{x-x_0}{b}} \qquad \text{Ec. (2.19)}$$

Donde

$$\alpha = \frac{4}{{G_x}^2} \qquad \text{Ec. (2.20)}$$

$$b = \frac{s_x |G_x|}{2} \qquad \text{Ec. (2.21)}$$

$$x_0 = \bar{x} - 2\frac{s_x}{|G_x|} \qquad \text{Ec. (2.22)}$$

Con G_x coeficiente de asimetría de la variable x. De la misma forma que para las distribuciones anteriores, se puede usar el factor de frecuencia dado por:

$$k = \frac{x - \bar{x}}{s_x} \qquad \text{Ec. (2.23)}$$

$$x = \bar{x} + k s_x \qquad \text{Ec. (2.24)}$$

Donde k se puede obtener de tablas, medios electrónicos, o usando la siguiente aproximación:

$$k = k_{norm} + \left({k_{norm}}^2 - 1\right)\frac{G_x}{6} + \frac{1}{3}\left({k_{norm}}^3 - 6k_{norm}\right)\left(\frac{G_x}{6}\right)^2 - \left({k_{norm}}^2 - 1\right)\left(\frac{G_x}{6}\right)^3 + k_{norm}\left(\frac{G_x}{6}\right)^4 + \frac{1}{3}\left(\frac{G_x}{6}\right)^5 \qquad \text{Ec. (2.25)}$$

Con k_{norm} factor de frecuencia de la distribución normal con $\mu \approx 0$ y $\sigma_x \approx 1$ (Distribución normal estándar).

2.8.5. Distribución Log-Pearson Tipo III

De forma similar a la Distribución Log-Normal, se reemplaza y=ln(x). La función de densidad de frecuencia de esta distribución es:

$$f(y) = \frac{1}{b^{\alpha}\Gamma(\alpha)}(y - y_0)^{\alpha-1}e^{\frac{y-y_0}{b}} \quad \text{Ec. (2.26)}$$

Donde

$$\alpha = \frac{4}{{G_y}^2} \quad \text{Ec. (2.27)}$$

$$b = \frac{s_y|G_y|}{2} \quad \text{Ec. (2.28)}$$

$$y_0 = \bar{y} - 2\frac{s_y}{|G_y|} \quad \text{Ec. (2.29)}$$

Con G_y coeficiente de asimetría de la variable y. De la misma forma que para las distribuciones anteriores, se puede usar el factor de frecuencia dado por:

$$k = \frac{y - \bar{y}}{s_y} \quad \text{Ec. (2.30)}$$

$$y = \bar{y} + ks_y \quad \text{Ec. (2.31)}$$

Donde k se puede obtener de tablas, medios electrónicos, o usando la Ec. (2.32).

$$k = k_{norm} + \left({k_{norm}}^2 - 1\right)\frac{G_y}{6} + \frac{1}{3}\left({k_{norm}}^3 - 6k_{norm}\right)\left(\frac{G_y}{6}\right)^2 - \left({k_{norm}}^2 - 1\right)\left(\frac{G_y}{6}\right)^3 + k_{norm}\left(\frac{G_y}{6}\right)^4 + \frac{1}{3}\left(\frac{G_y}{6}\right)^5 \quad \text{Ec. (2.32)}$$

Con k_{norm} factor de frecuencia de la distribución normal con $\mu \approx 0$ y $\sigma_x \approx 1$ (Distribución normal estándar).

2.9. Cálculo de errores de ajuste

Para calcular errores de ajuste de datos de un modelo, fórmula teórica o empírica respecto a datos medidos o experimentales, se usa como indicador el error

cuadrático de ajuste y el error relativo de ajuste, los cuales se detallan a continuación.

2.9.1. Error cuadrático de ajuste

El error cuadrático de ajuste de los datos modelados a los datos medidos está dado por la Ec. (2.33) [3].

$$Error\ cuadrático\ de\ ajuste = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(x_{1_i} - x_{2_i}\right)^2}}{N - G.L.} \qquad \text{Ec. (2.33)}$$

Donde:
- x_{1_i} : Dato modelado i
- x_{2_i} : Dato medido i
- N : N° de datos medidos
- $G.L.$: Grados de libertad de los datos modelados

2.9.2. Error relativo de ajuste

El error relativo de ajuste de los datos modelados a los datos medidos está dado por la Ec. (2.34) [3].

$$Error\ relativo\ de\ ajuste = \frac{\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(x_{1_i} - x_{2_i}\right)^2}}{N - G.L.}}{\overline{x_{2_i}}} \qquad \text{Ec. (2.34)}$$

Donde:
- x_{1_i} : Dato modelado i
- x_{2_i} : Dato medido i
- N : N° de datos medidos
- $G.L.$: Grados de libertad de los datos modelados
- $\overline{x_{2_i}}$: Promedio de los datos medidos

Capítulo 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el siguiente capítulo se presenta la metodología de trabajo utilizada para el análisis de cada estación fluviométrica/sedimentométrica seleccionada.

3.1. Obtención de datos requeridos

Los datos requeridos de cada estación a analizar, comprenden datos fluviométricos y sedimentométricos, los que se han obtenido de dos (2) formas. La primera, consiste en el pedido de éstos mediante la elevación de una solicitud en la página del Servicio Integral de Información y Atención Ciudadana, a la Dirección General de Aguas (en adelante, DGA). La información solicitada luego es enviada al medio que el solicitante desee, pudiendo ser vía e-mail, retiro en oficina y carta (en este caso, vía e-mail). La segunda, consiste en descargar los datos directamente de la página de la DGA, mediante la Plataforma de Estadística Hidrológica en Línea.

La obtención de los datos está avalada por la “Ley de Transparencia”: Ley N°20.285, sobre Acceso a la Información Pública.

3.2. Obtención del Área de Drenaje

Para la obtención del Área de Drenaje que corresponde a cada estación fluviométrica/sedimentométrica, se utilizan los programas de computadora Global Mapper [15] y WMS [16]. El primero, permite obtener datos tridimensionales (latitud, longitud, cota topográfica) de una zona determinada. El segundo, permite delinear la cuenca hidrográfica usando los datos tridimensionales obtenidos con el primer programa, y seleccionando a su vez el punto de descarga, que en este caso corresponde a la estación a analizar.

Se puede obtener así, el área de drenaje de la cuenca hidrográfica que se forma. Además, ambos programas permiten variar la precisión utilizada para el cálculo.

El Área de Drenaje de las estaciones fluviométricas/sedimentométricas que se incluyen en la Memoria “Estimación de Curvas de Sólido en Suspensión y Comparación con Expresiones Empíricas de Fleming; Dendy y Bolton”, realizada por Mariela Vicencio (Valparaíso, 2012) [3] no se ha calculado nuevamente mediante el uso de los programas mencionados. Se utilizan en esta memoria los valores obtenidos en aquel documento.

3.3. Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

Con la estadística de Muestreo Integrado y Rutinario de la estación, se obtiene la correlación entre ambas concentraciones. Como los datos rutinarios se registran

generalmente de manera diaria, y en cambio, los integrados cada uno o más meses, se desea obtener una ecuación donde a partir de los primeros puedan obtenerse los segundos.

Para el aplicar el método, se grafican los logaritmos de las concentraciones de muestreo rutinario (CR) y las de muestreo integrado (CI), de una misma fecha. Luego, los datos se ajustan a una recta, la cual tiene una ecuación del tipo:

$$\log(CI) = a \cdot \log(CR) + b \qquad \text{Ec. (3.1)}$$

Despejando CI,

$$CI = 10^b \cdot CR^a = c \cdot CR^a \qquad \text{Ec. (3.2)}$$

En la mayoría de los casos, la correlación es evidente. En los casos que no lo sea, se ha optado por ajustar los datos a una línea de 45°, es decir, ajustar a un valor equivalente para ambos muestreos ($CI = CR$). A la concentración obtenida mediante la Ec. (3.2) se le llama “Concentración Media”.

3.4. Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

Se realiza el Análisis de Caudales Máximos Diarios para incorporar en la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios los caudales asociados a 100 años, y en algunos casos, los caudales de 50 años de período de retorno. Esto se ha realizado por dos (2) motivos:

- Uniformizar el largo de las series de caudales medios diarios.
- Incluir los caudales que presentan las mayores tasas de arrastre.

Para realizar el Análisis de Caudales Medios Diarios se utiliza la estadística de Caudales Medios Diarios de la estación, con la cual se obtiene el Caudal Máximo Diario Anual para todos los años de estadística. Estos datos deben ordenarse de mayor a menor para asignarles la probabilidad de excedencia de Weibull, dada por la Ec. (3.3):

$$P_{exc} = \frac{n}{(N+1)} \qquad \text{Ec. (3.3)}$$

donde n es el lugar que ocupa el caudal máximo diario anual (en adelante, $Q_{máxda}$) en la tabla ordenada de mayor a menor, y N el número de datos totales.

Los datos luego se ajustan a una función de probabilidad, pudiendo ser cualquiera de las cinco (5) detalladas en el subcapítulo 2.8. El mejor ajuste probabilístico se determina de dos (2) formas:

- Análisis Gráfico: Se grafican los valores reales junto con los valores obtenidos con la función probabilística, en gráfico tipo papel de probabilidad, y se comparan visualmente.
- Test de Bondad de Ajuste: El test de bondad de ajuste permite evaluar cuantitativamente si la función probabilística se rechaza. Se realiza, para el caso, el Test de Chi-cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, siendo el último más influyente en los resultados obtenidos.

Como ya se ha mencionado, una vez seleccionada la función probabilística de mejor ajuste, se obtiene el caudal máximo diario anual asociado a los períodos de retorno 50 y 100 años, T50 y T100 respectivamente, con el fin de incluir luego estos valores en la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, haciendo más confiable el estudio. En caso que la estadística de caudal máximo diario anual sea de más de 50 años, sólo se agregará el caudal máximo diario anual correspondiente a 100 años de período de retorno.

3.5. Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Para la obtención de la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, se ordena de mayor a menor valor la estadística de Caudales Medios Diarios de la estación, y a cada uno de estos valores, se le asigna la probabilidad de excedencia de Weibull, dada por la Ec. (3.3).

Además, a esta lista se agregan el caudal máximo diario anual asociado a 50 y 100 años de período de retorno, según corresponda. A éstos se les asocia la probabilidad de excedencia determinada de acuerdo a la Ec. (3.4):

$$P_{exc} = \frac{1}{365 \cdot T_R} \qquad \text{Ec. (3.4)}$$

con T_R período de retorno en años.

Finalmente, se grafican los caudales en el eje de las ordenadas y la probabilidad de excedencia obtenida para cada caudal en el eje de las abscisas.

3.6. Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

Para obtener la correlación entre el caudal sólido (Q_s) y el caudal líquido (Q_l), se debe obtener, en primera instancia, el valor de caudal sólido para los datos de estadística disponibles, usando la Ec. (3.5):

$$Q_{s_i} = \bar{C}_i \cdot Q_{l_i} \qquad \text{Ec. (3.5)}$$

donde $\bar{C}$ es la concentración media obtenida en el subcapítulo 3.3, y Q_l es el caudal líquido (que en este caso, corresponde al caudal medio diario). Esta operación se realiza para toda la estadística disponible.

Una vez obtenidos los valores de caudal sólido para la estadística disponible, se debe encontrar la correlación entre caudal sólido y caudal líquido, para lo cual se grafican los logaritmos de ambas variables, de una misma fecha. Luego, los datos se ajustan a una recta, la cual tiene una ecuación del tipo:

$$\log(Q_s) = a \cdot \log(Q_l) + b \qquad \text{Ec. (3.6)}$$

Despejando CI,

$$Q_s = 10^b \cdot {Q_l}^a = c \cdot {Q_l}^a \qquad \text{Ec. (3.7)}$$

En la mayoría de los casos, la correlación es evidente. En algunos casos, es necesario obtener dos rectas, cuando la tendencia de los valores inferiores de las variables difiere de la de los superiores. En este caso se obtienen dos ecuaciones del mismo tipo, pero para rangos de caudales diferente.

3.7. Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio

Para la obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio, se debe en primera instancia, obtener los caudales sólidos asociados a la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios líquidos (caudal medio diario), obtenida en el subcapítulo 3.5. A su vez, éstos tendrán también asociado el valor de probabilidad de excedencia que corresponda.

Luego, se debe integrar la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios sólidos, formada con los caudales sólidos obtenidos del párrafo anterior, obteniéndose así el Caudal Sólido en Suspensión Promedio ($\bar{Q}_{s,prom}$). Lo anterior se resume en la Ec. (3.8):

$$\bar{Q}_{s,prom} = \int_0^1 Q_s dp \qquad \text{Ec. (3.8)}$$

donde p es la probabilidad de excedencia.

La Ec. (3.8) considera datos continuos. Para datos discretos, la Ec. (3.8) queda como:

$$\bar{Q}_{s,prom} = \sum_{i=1}^{M} \bar{Q}_{s_i} \Delta p_i \qquad \text{Ec. (3.9)}$$

donde $i = 1, \dots, M$, siendo M un número de datos X, donde X es el número de datos que se hayan tomado como representativos de la muestra total N, siendo aproximadamente veinte (20); más los valores de asociados a T50 y T100, si es que corresponde, los cuales han sido ordenados de mayor a menor.

Además, $\bar{Q}_s$ y Δp dependen de las ecuaciones siguientes.

$$\bar{Q}_{s_i} \begin{cases} Q_{s_i} & , \quad i = 1 \\ \dfrac{Q_{s_{i-1}} + Q_{s_i}}{2} & , \quad i = 2, \dots, M \end{cases} \qquad \text{Ec. (3.10)}$$

$$\Delta p_i \begin{cases} p_i & , \quad i = 1 \\ p_i - p_{i-1} & , \quad i = 2, \dots, M \end{cases} \qquad \text{Ec. (3.11)}$$

3.8. Obtención del Caudal Líquido Promedio

Para la obtención del Caudal Líquido Promedio ($\bar{Q}_{l,prom}$), se debe integrar la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios líquidos (caudal medio diario) obtenida en el subcapítulo 3.5. Lo anterior se resume en la Ec. (3.12):

$$\bar{Q}_{l,prom} = \int_0^1 Q_l dp \qquad \text{Ec. (3.12)}$$

donde p es la probabilidad de excedencia. La Ec. (3.12) considera datos continuos. Para datos discretos, la Ec. (3.12) queda como:

$$\bar{Q}_{l,prom} = \sum_{i=1}^{M} \bar{Q}_{l_i} \Delta p_i \qquad \text{Ec. (3.13)}$$

donde $i = 1, \dots, M$, siendo M un número de datos X, donde X es el número de datos que se hayan tomado como representativos de la muestra total N, siendo aproximadamente veinte (20); más los valores de asociados a T50 y T100, si es que corresponde, los cuales han sido ordenados de mayor a menor.

Además, $\bar{Q}_l$ y Δp dependen de las ecuaciones siguientes.

$$\bar{Q}_{l_i} \begin{cases} Q_{l_i} & , \quad i = 1 \\ \dfrac{Q_{l_{i-1}} + Q_{l_i}}{2} & , \quad i = 2, \dots, M \end{cases} \qquad \text{Ec. (3.14)}$$

$$\Delta p_i \begin{cases} p_i & , \quad i = 1 \\ p_i - p_{i-1} & , \quad i = 2, \dots, M \end{cases}$$ Ec. (3.15)

Capítulo 4. OBTENCIÓN DE RELACIONES CAUDAL SÓLIDO VS CAUDAL LÍQUIDO

4.1. Introducción al análisis de estaciones

A continuación se muestra la metodología del Capítulo 3 aplicada a las estaciones que fueron seleccionadas para el presente estudio.

La información analizada se divide, de norte a sur, en dos (2):

(1) Desde la Región de Antofagasta (II Región) hasta la Región del Biobío (VIII): Acápites 4.2.1 - 4.2.18, 4.2.20 y 4.2.28.
(2) Desde la Región del Maule (VII Región) hasta la Región de Magallanes y de la Antártica (XII Región): Acápites 4.2.19, 4.2.21 - 4.2.27 y 4.2.29 - 4.2.45.

La primera información estadística ya ha sido analizada en la Memoria “Estimación de Curvas de Sólido en Suspensión y Comparación con Expresiones Empíricas de Fleming; Dendy y Bolton”, realizada por Mariela Vicencio (Valparaíso, 2012) [3].

De ésta, se realizan algunas modificaciones en cuanto a los resultados obtenidos. En particular, al hacer la Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, se le da mayor libertad a ésta pues no se restringe la recta de ajuste para que pase por el punto (0,0). Además, se agrega a la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios los resultados del Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, incluyendo el caudal para el período de retorno T50 y T100, según corresponda. Se rescata la obtención del Área de Drenaje.

La segunda información estadística se analiza en su totalidad en la presente memoria, para lo cual se utiliza en su totalidad la metodología del Capítulo 3 en el análisis de cada Estación Sedimentométrica-Fluviométrica.

Como se ha mencionado anteriormente, se incluyen estaciones de casi todas las regiones del país excepto de la Región Arica y Parinacota (XV Región), de Tarapacá (I) y de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (XI Región), de las cuales no se incluyen estaciones debido a la falta de estadística de éstas o a que la estadística se considera insuficiente y/o no representativa, ya sea de caudales medios diarios y/o sedimentos.

Respetando lo expresado en el párrafo anterior, las estaciones sedimentométrica-fluviométricas analizadas son en total cuarenta y cinco (45). Los datos de éstas se resumen en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 – Datos de ubicación de las estaciones analizadas

N°	Nombre Estación	Código BNA	Ubicación		
			Región / Provincia / Comuna	UTM	
				Zona	Coordenadas
1	Río Loa antes Represa Lequena	02101001-4	Región de Antofagasta (II) / El Loa / Calama	19 K	534944 m E, 7604845 m S
2	Río Salado en Sifón Ayquina	02105002-4	Región de Antofagasta (II) / El Loa / Calama	19 K	567501 m E, 7534989 m S
3	Río Huasco en Algodones	03820001-1	Región de Atacama (III) / Huasco / Vallenar	19 J	352856 m E, 6820890 m S
4	Río Jorquera en Vertedero	03404001-K	Región de Atacama (III) / Copiapó / Tierra Amarilla	19 J	405958 m E, 6897436 m S
5	Río Cogotí entrada Embalse Cogotí	04531002-7	Región de Coquimbo (IV) / Limarí / Combarbalá	19 J	305135 m E, 6564596 m S
6	Río Choapa en Cuncumén	04703002-1	Región de Coquimbo (IV) / Choapa / Salamanca	19 J	349701 m E, 6461905 m S
7	Río Grande en Puntilla San Juan	04523002-3	Región de Coquimbo (IV) / Limarí / Montepatria	19 J	315530 m E, 6601163 m S
8	Río Hurtado en Angostura de Pangue	04503001-6	Región de Coquimbo (IV) / Limarí / Ovalle	19 J	307313 m E, 6630564 m S
9	Río Turbio en Varillar	04308001-6	Región de Coquimbo (IV) / Elqui / Vicuña	19 J	351699 m E, 6686449 m S
10	Río Aconcagua en Chacabuquito	05410002-7	Región de Valparaíso (V) / Los Andes / Los Andes	19 H	358627 m E, 6364404 m S
11	Río Blanco en Río Blanco	05402001-5	Región de Valparaíso (V) / Los Andes / Los Andes	19 H	378433 m E, 6357854 m S
12	Río Putaendo en Resguardo Los Patos	05414001-0	Región de Valparaíso (V) / San Felipe de Aconcagua / Putaendo	19 H	351459 m E, 6402847 m S
13	Río Colorado antes Junta Río Maipo	05707002-1	Región Metropolitana (RM) / Cordillera / San José de Maipo	19 H	372992 m E, 6282318 m S
14	Río Maipo en El Manzano	05710001-K	Región Metropolitana (RM) / Cordillera / San José de Maipo	19 H	371831 m E, 6281743 m S
15	Río Mapocho en Los Almendros	05722002-3	Región Metropolitana (RM) / Santiago / Lo Barnechea	19 H	363537 m E, 6307064 m S
16	Río Mapocho Rinconada de Maipú	05737002-5	Región Metropolitana (RM) / Santiago / Maipú	19 H	331232 m E, 6292177 m S
17	Río Tinguiririca bajo Los Briones	06028001-0	Región del Libertador Bdo. O'Higgins (VI) / Colchagua / San Fernando	19 H	332714 m E, 6156655 m S
18	Río Loncomilla en Las Brisas	07359001-9	Región del Maule (VII) / Linares / Villa Alegre	19 H	249163 m E, 6054574 m S
19	Río Purapel en Sauzal	07343001-1	Región del Maule (VII) / Cauquenes / Cauquenes	18 H	765230 m E, 6039095 m S
20	Río Teno después de Junta con Claro	07104002-K	Región del Maule (VII) / Curicó / Teno	19 H	333524 m E, 6125611 m S
21	Río Biobío en Desembocadura	08394001-8	Región del Biobío (VIII) / Concepción / Concepción	18 H	670644 m E, 5921409 m S
22	Río Chillán en Camino a Confluencia	08117005-3	Región del Biobío (VIII) / Ñuble / Chillán	18 H	739666 m E, 5943996 m S
23	Río Diguillín en Longitudinal	08132001-2	Región del Biobío (VIII) / Ñuble / San Ignacio	18 H	738449 m E, 5916488 m S

Tabla 4.1 – Datos de ubicación de las estaciones analizadas (Continuación)

N°	Nombre Estación	Código BNA	Ubicación		
			Región / Provincia / Comuna	UTM	
				Zona	Coordenadas
24	Río Itata en Balsa Nueva Aldea	08135002-7	Región del Biobío (VIII) / Ñuble / Chillán	18 H	727893 m E, 5940153 m S
25	Río Itata en Cholguán	08123001-3	Región del Biobío (VIII) / Ñuble / Yungay	18 H	760275 m E, 5883654 m S
26	Río Itata en Coelemu	08141001-1	Región del Biobío (VIII) / Ñuble / Bulnes	18 H	706589 m E, 5961760 m S
27	Río Laja en Puente Perales	08383001-8	Región del Biobío (VIII) / Biobío / Yumbel	18 H	718296 m E, 5875975 m S
28	Río Ñuble en San Fabián	08106001-0	Región del Biobío (VIII) / Ñuble / San Fabián	19 H	271289 m E, 5949397 m S
29	Río Allipén en Los Laureles	09404001-9	Región de La Araucanía (IX) / Cautín / Cunco	18 H	739938 m E, 5678712 m S
30	Río Cautín en Rari-Ruca	09123001-1	Región de La Araucanía (IX) / Malleco / Victoria	18 H	760963 m E, 5742138 m S
31	Río Cholchol en Cholchol	09116001-3	Región de La Araucanía (IX) / Cautín / Nueva Imperial	18 H	687406 m E, 5724447 m S
32	Río Dónguil en Gorbea	09434001-2	Región de La Araucanía (IX) / Cautín / Gorbea	18 H	700755 m E, 5667525 m S
33	Río Lumaco en Lumaco	09102001-7	Región de La Araucanía (IX) / Malleco / Lumaco	18 H	683979 m E, 5773563 m S
34	Río Quepe en Quepe	09135001-7	Región de La Araucanía (IX) / Cautín / Temuco	18 H	706881 m E, 5696723 m S
35	Río Trancura antes Río Llafenco	09414001-3	Región de La Araucanía (IX) / Cautín / Curarrehue	19 H	256991 m E, 5642597 m S
36	Río Vergara en Tijeral	08358001-1	Región de La Araucanía (IX) / Malleco / Renaico	18 H	709816 m E, 5821330 m S
37	Río Cruces en Rucaco	10134001-5	Región de Los Ríos (XIV) / Valdivia / Mariquina	18 H	680271 m E, 5619877 m S
38	Río Rahue en Forrahue	10364001-6	Región de Los Lagos (X) / Osorno / Osorno	18 G	646600 m E, 5512074 m S
39	Río Grande en Tierra del Fuego	12876001-6	Región de Magallanes y de la Antártica (XII) / Tierra del Fuego / Timaukel	19 F	507749 m E, 4028357 m S
40	Río Las Minas en BT. Sendos	12586001-K	Región de Magallanes y de la Antártica (XII) / Magallanes / Punta Arenas	19 F	367006 m E, 4110154 m S
41	Río Oro en Bahía San Felipe	12806001-4	Región de Magallanes y de la Antártica (XII) / Tierra del Fuego / Primavera	19 F	439413 m E, 4143863 m S
42	Río Penitente en Morro Chico	12622001-4	Región de Magallanes y de la Antártica (XII) / Magallanes / Laguna Blanca	19 F	334756 m E, 4231188 m S
43	Río Pérez en Desembocadura	12452001-0	Región de Magallanes y de la Antártica (XII) / Magallanes / Río Verde	19 F	298002 m E, 4173422 m S

Tabla 4.1 – Datos de ubicación de las estaciones analizadas (Continuación)

N°	Nombre Estación	Código BNA	Ubicación		
			Región / Provincia / Comuna	UTM	
				Zona	Coordenadas
44	Río San Juan en Desembocadura	12582001-8	Región de Magallanes y de la Antártica (XII) / Magallanes / Punta Arenas	19 F	370655 m E, 4054138 m S
45	Río Tres Brazos antes BT. Sendos	12585001-4	Región de Magallanes y de la Antártica (XII) / Magallanes / Punta Arenas	19 F	367739 m E, 4094474 m S

En el siguiente acápite se muestra un ejemplo del análisis que se realizará para cada estación (ver subcapítulo 4.2).

4.1.1. Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones (Ejemplo)

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. En la Figura 4.1 se muestra su ubicación geográfica.

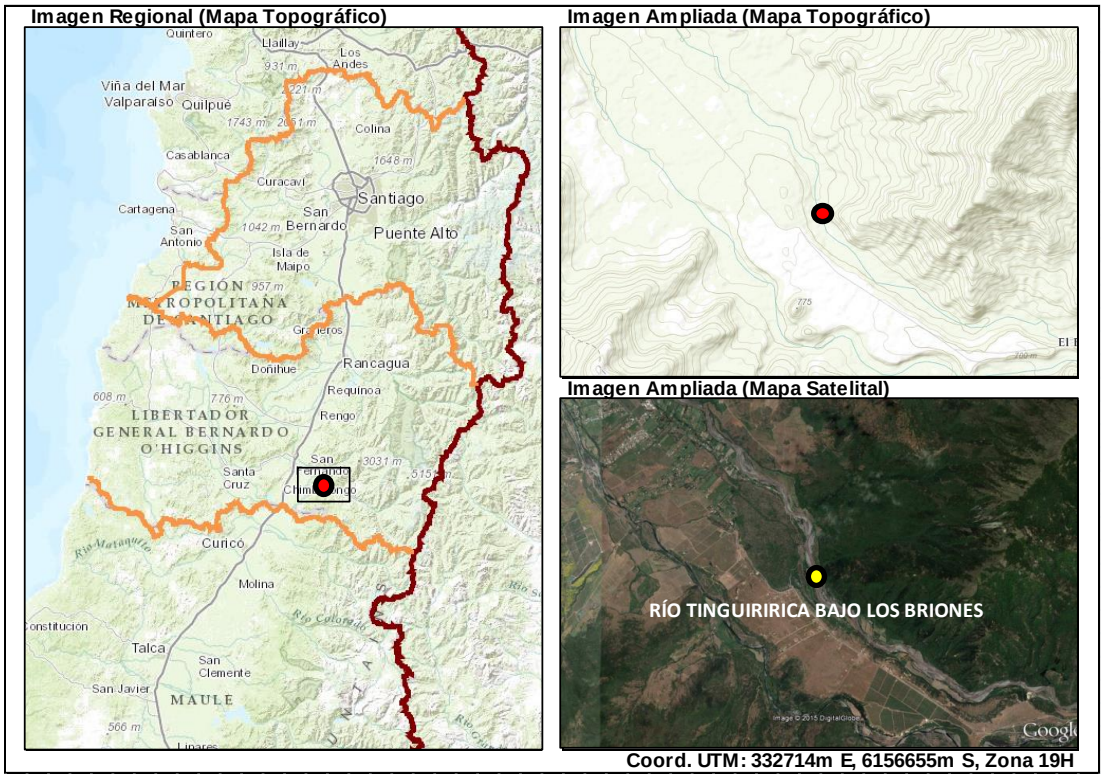


Figura 4.1 – Ubicación geográfica, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.2 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.2 – Antecedentes, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	08/1989	04/1990
		02/1993	10/2008
	Muestreo Integrado	08/1989	04/1990
		02/1994	11/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1937	11/1941
		10/1947	03/1982
		12/1984	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 – Área de Drenaje, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	1 441.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.2, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.1).

$$CI = 1.9953 \cdot CR^{0.9737} \qquad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

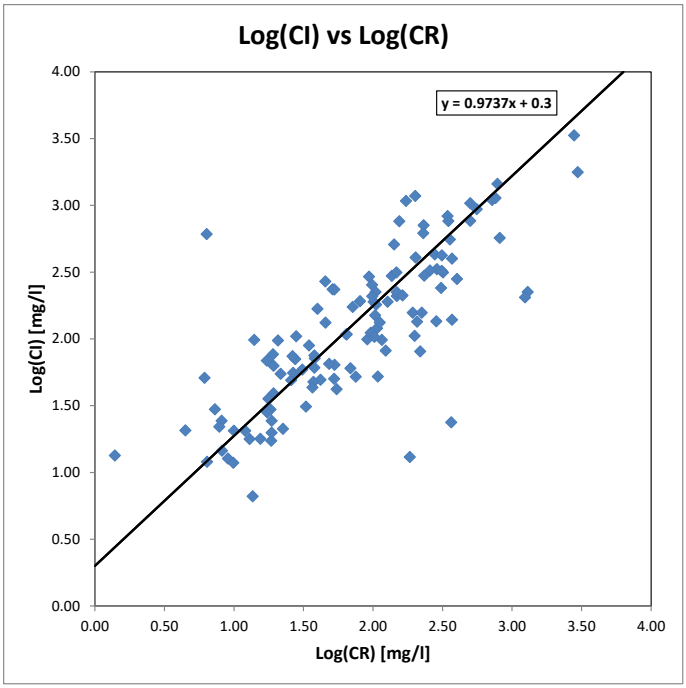


Figura 4.2 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla 4.4 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla 4.4 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	222.32	Número de datos	N	70
Desv. Estándar (x)	s_x	154.97	1.28255 / s_x	a	0.0083
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.7079	x_m - 0.57721 / a	x_f	152.58
Promedio (ln(x))	y_m	5.20	S_x * Abs(G_x) / 2	b	132.34
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.64	4 / G_x^2	α	1.37
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.1201	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	40.85

En la Tabla 4.5 se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.6.

Tabla 4.5 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	798.6	1947.9	1265.4	1444.6	2300.3
			0.01	**100.00**	582.8	800.7	708.4	758.4	847.1
1	1940	832.0	0.0141	71.00	562.5	736.3	666.8	708.7	772.9
2	1941	693.0	0.0282	35.50	518.1	613.2	582.1	608.4	634.0
3	1974	559.0	0.0423	23.67	489.6	545.5	532.3	549.8	559.2
4	2005	521.0	0.0563	17.75	468.1	499.3	496.6	508.2	508.8
5	2006	509.0	0.0704	14.20	450.5	464.3	468.8	475.9	471.1
6	1977	469.0	0.0845	11.83	435.5	436.4	445.8	449.4	441.2
7	1994	463.0	0.0986	10.14	422.2	413.1	426.3	427.0	416.5
8	2001	442.0	0.1127	8.88	410.2	393.3	409.2	407.6	395.5
9	2002	411.0	0.1268	7.89	399.3	376.0	394.0	390.4	377.2
10	2008	399.0	0.1408	7.10	389.1	360.6	380.4	375.0	361.2
11	2012	387.0	0.1549	6.45	379.7	346.8	367.9	361.0	346.8
12	1972	365.0	0.1690	5.92	370.8	334.3	356.4	348.1	333.9
13	1978	336.0	0.1831	5.46	362.3	322.9	345.7	336.3	322.0
14	1958	319.0	0.1972	5.07	354.3	312.4	335.7	325.3	311.2
15	1987	316.0	0.2113	4.73	346.6	302.6	326.4	315.1	301.2
16	1991	310.0	0.2254	4.44	339.2	293.6	317.5	305.4	291.8
17	1980	285.0	0.2394	4.18	332.1	285.0	309.1	296.4	283.1
18	1951	269.0	0.2535	3.94	325.1	277.0	301.2	287.8	275.0
19	2003	260.0	0.2676	3.74	318.4	269.5	293.5	279.6	267.3
20	1965	252.0	0.2817	3.55	311.9	262.3	286.2	271.8	260.0
21	1979	251.0	0.2958	3.38	305.5	255.5	279.2	264.4	253.1
22	2000	248.0	0.3099	3.23	299.2	249.0	272.4	257.3	246.5
23	1997	239.0	0.3239	3.09	293.1	242.8	265.9	250.5	240.3
24	1948	236.0	0.3380	2.96	287.1	236.8	259.6	243.9	234.3
25	1937	210.0	0.3521	2.84	281.1	231.1	253.4	237.6	228.6
26	1960	209.0	0.3662	2.73	275.3	225.6	247.5	231.5	223.1
27	1989	201.0	0.3803	2.63	269.5	220.3	241.6	225.6	217.8
28	1973	199.0	0.3944	2.54	263.8	215.2	236.0	219.9	212.7
29	1963	194.0	0.4085	2.45	258.2	210.3	230.4	214.4	207.7
30	1995	190.0	0.4225	2.37	252.6	205.5	225.0	209.0	203.0
31	1953	185.0	0.4366	2.29	247.0	200.8	219.7	203.8	198.3
32	1992	180.0	0.4507	2.22	241.5	196.3	214.5	198.7	193.8
33	1971	179.0	0.4648	2.15	236.0	191.9	209.3	193.8	189.5
34	1993	178.0	0.4789	2.09	230.5	187.6	204.3	188.9	185.2
35	1939	176.0	0.4930	2.03	225.1	183.4	199.3	184.2	181.1
36	1969	171.0	0.5070	1.97	219.6	179.4	194.4	179.6	177.1
37	1984	168.0	0.5211	1.92	214.1	175.4	189.6	175.1	173.1
38	1975	167.0	0.5352	1.87	208.6	171.4	184.8	170.6	169.3
39	1961	163.0	0.5493	1.82	203.1	167.6	180.0	166.3	165.5
40	1959	162.0	0.5634	1.78	197.6	163.8	175.3	162.0	161.8
41	1950	161.0	0.5775	1.73	192.0	160.1	170.6	157.8	158.2
42	1955	160.0	0.5915	1.69	186.4	156.5	165.9	153.7	154.6
43	2004	155.0	0.6056	1.65	180.8	152.9	161.3	149.6	151.1
44	1938	152.0	0.6197	1.61	175.1	149.3	156.6	145.6	147.6
45	1952	151.0	0.6338	1.58	169.3	145.8	152.0	141.7	144.2
46	1981	148.0	0.6479	1.54	163.5	142.4	147.4	137.8	140.8
47	1976	139.0	0.6620	1.51	157.6	138.9	142.8	134.0	137.5
48	1949	136.0	0.6761	1.48	151.5	135.5	138.1	130.2	134.2
49	1966	130.0	0.6901	1.45	145.4	132.1	133.4	126.4	130.9
50	1956	129.0	0.7042	1.42	139.2	128.8	128.7	122.7	127.6

Tabla 4.5 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
51	1957	124.0	0.7183	1.39	132.8	125.4	124.0	119.0	124.4
52	1986	124.0	0.7324	1.37	126.2	122.1	119.2	115.3	121.2
53	1954	118.0	0.7465	1.34	119.5	118.8	114.3	111.7	118.0
54	1988	111.0	0.7606	1.31	112.6	115.4	109.4	108.0	114.7
55	1947	110.0	0.7746	1.29	105.4	112.1	104.4	104.4	111.5
56	2009	109.0	0.7887	1.27	98.0	108.7	99.3	100.8	108.3
57	1985	103.0	0.8028	1.25	90.3	105.3	94.0	97.2	105.0
58	1970	97.0	0.8169	1.22	82.3	101.9	88.6	93.6	101.7
59	1999	96.0	0.8310	1.20	73.9	98.4	83.1	90.0	98.3
60	1967	95.5	0.8451	1.18	64.9	94.9	77.3	86.4	94.9
61	1990	90.3	0.8592	1.16	55.5	91.2	71.3	82.7	91.5
62	1964	83.4	0.8732	1.15	45.4	87.5	64.9	79.1	87.9
63	2007	80.6	0.8873	1.13	34.4	83.7	58.2	75.3	84.2
64	1996	78.7	0.9014	1.11	22.5	79.6	51.1	71.5	80.4
65	1962	76.4	0.9155	1.09	9.2	75.4	43.3	67.7	76.3
66	2011	74.7	0.9296	1.08	-5.9	70.9	34.7	63.7	72.0
67	1998	71.5	0.9437	1.06	-23.5	65.9	24.9	59.6	67.2
68	2010	61.6	0.9577	1.04	-45.0	60.3	13.4	55.3	61.9
69	1968	58.1	0.9718	1.03	-73.4	53.6	-1.2	50.7	55.5
70	2013	35.4	0.9859	1.01	-117.8	44.7	-22.6	45.7	46.9
			0.9999	**1.00**	-354.0	16.9	-115.7	40.6	19.8

Tabla 4.6 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	47.2084	RECHAZA	0.1417	S/A
LOG-NORMAL	2.9641	S/A	**0.0310**	S/A
GUMBEL	5.9631	S/A	0.0713	S/A
PEARSON	3.0450	S/A	0.0438	S/A
LOG-PEARSON	**2.8168**	S/A	0.0318	S/A

Los valores de la Tabla 4.5 se muestran gráficamente en la Figura 4.3.

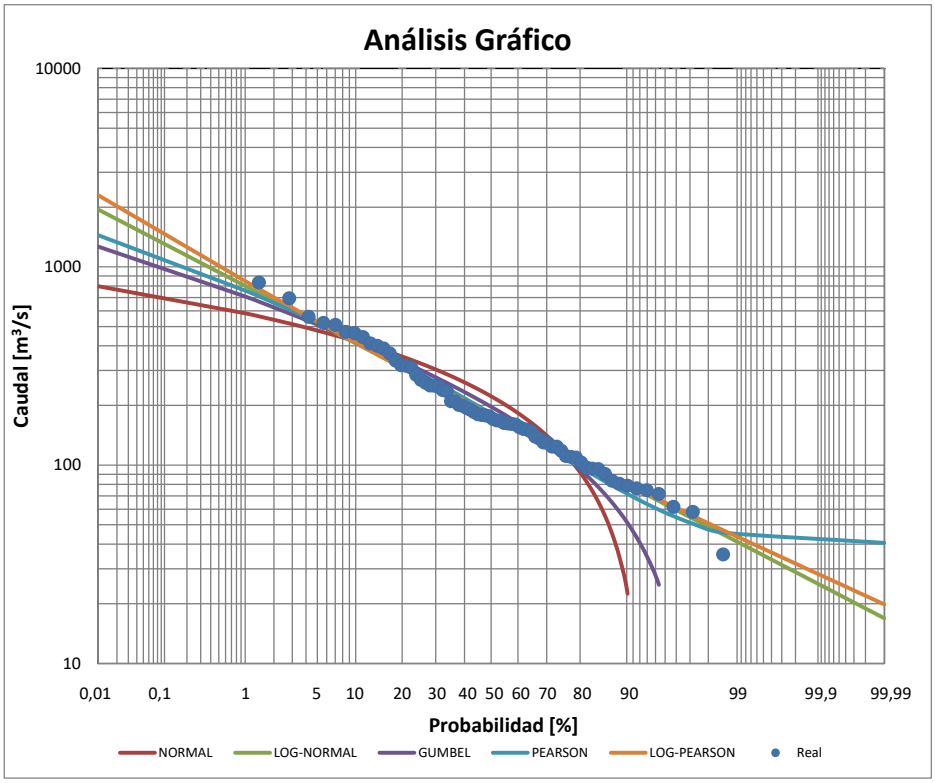


Figura 4.3 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla 4.7 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla 4.7 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	847.1 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura 4.4.

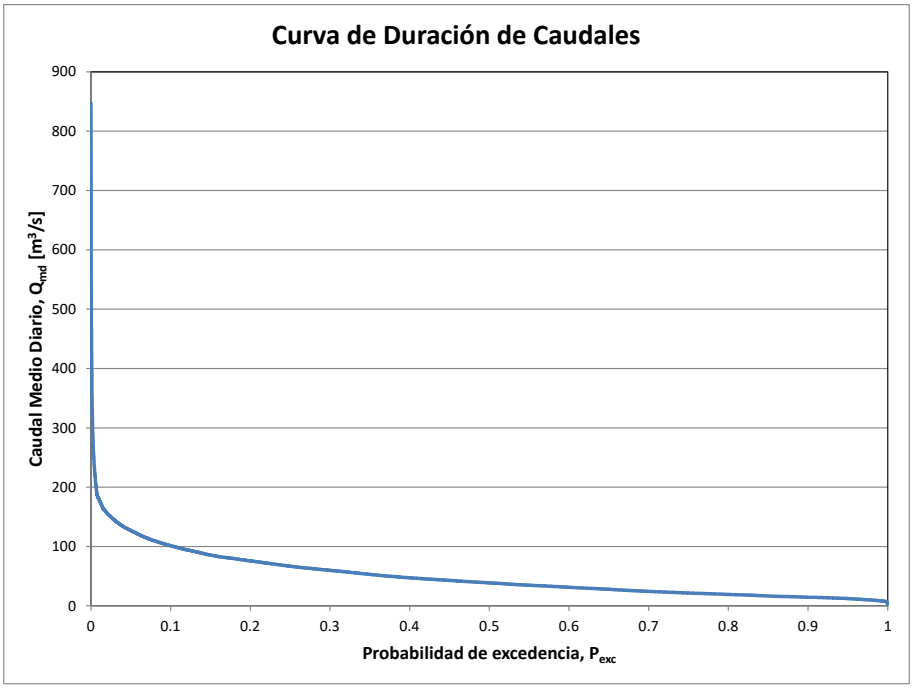


Figura 4.4 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.5, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.2).

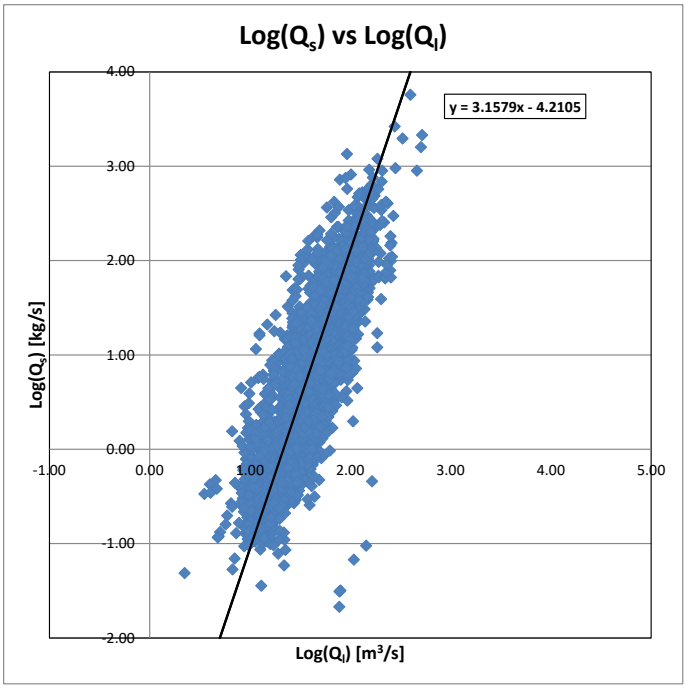


Figura 4.5 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

$$Q_s = 0.000062 \cdot {Q_l}^{3.1579} \qquad \text{Ec. (4.2)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.8 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.9.

Tabla 4.8 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

$\bar{Q}_{s,prom}$	3 022 922.10	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	50.44	m^3/s

Tabla 4.9 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	847.05	108528.7	0.003	108528.7	2.97	2.97	847.05	0.02	0.02
0.014	625.00	41553.68	0.011	75041.18	8.20	11.17	736.03	0.08	0.10
0.05	468.00	16667.46	0.036	29110.57	10.60	21.77	546.50	0.20	0.30
0.1	399.00	10071.92	0.05	13369.69	6.70	28.47	433.50	0.22	0.52
0.3	259.00	2573.12	0.2	6322.52	12.67	41.14	329.00	0.66	1.18
0.5	219.00	1514.92	0.2	2044.02	4.10	45.23	239.00	0.48	1.66
0.8	186.00	904.47	0.3	1209.69	3.64	48.87	202.50	0.61	2.27
1.0	180.00	815.50	0.2	859.99	1.72	50.59	183.00	0.37	2.63
3.0	144.00	403.08	2.0	609.29	12.18	62.77	162.00	3.24	5.87
5.0	127.00	271.08	2.0	337.08	6.75	69.52	135.50	2.71	8.59
8.0	109.00	167.30	3.0	219.19	6.57	76.09	118.00	3.54	12.12
10.0	101.00	131.51	2.0	149.40	2.99	79.09	105.00	2.10	14.23
20.0	75.70	52.91	10.0	92.21	9.22	88.31	88.35	8.83	23.06
30.0	59.80	25.13	10.0	39.02	3.90	92.21	67.75	6.77	29.83
40.0	47.20	11.90	10.0	18.51	1.85	94.06	53.50	5.35	35.18
50.0	38.70	6.36	10.0	9.13	0.91	94.97	42.95	4.29	39.48
60.0	31.20	3.22	10.0	4.79	0.48	95.45	34.95	3.49	42.97
70.0	24.40	1.48	10.0	2.35	0.24	95.69	27.80	2.78	45.75
80.0	19.10	0.68	10.0	1.08	0.11	95.79	21.75	2.17	47.93
90.0	14.50	0.29	10.0	0.49	0.05	95.84	16.80	1.68	49.61
100.0	2.23	0.001	10.0	0.14	0.01	**95.86**	8.37	0.84	**50.44**

4.2. Análisis de estaciones

A continuación se muestra la metodología del Capítulo 3 aplicada a todas las estaciones que fueron seleccionadas para el presente estudio.

4.2.1. Estación Río Loa antes Represa Lequena

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Antofagasta. En la Figura 4.6 se muestra su ubicación geográfica.

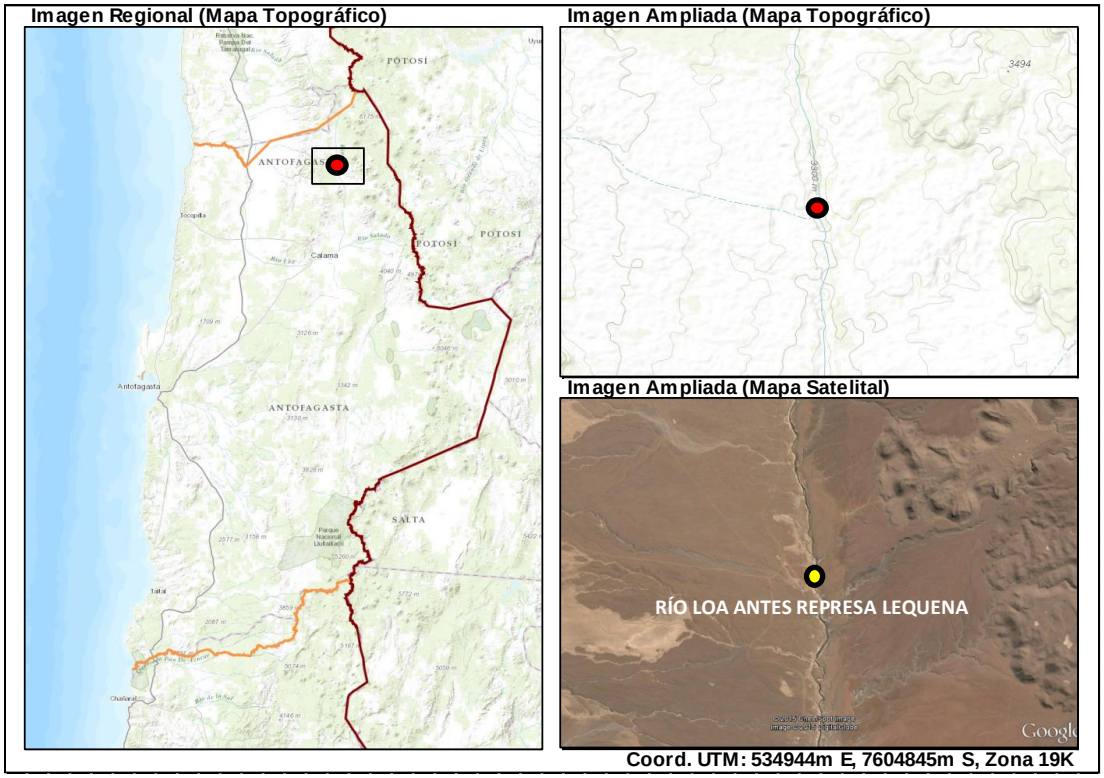


Figura 4.6 – Ubicación geográfica, Estación Río Loa antes Represa Lequena
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.10 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.10 – Antecedentes, Estación Río Loa antes Represa Lequena
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	10/1990	11/2008
	Muestreo Integrado	11/1990	11/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	07/1967	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11 – Área de Drenaje, Estación Río Loa antes Represa Lequena
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	2 010.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.7, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.3).

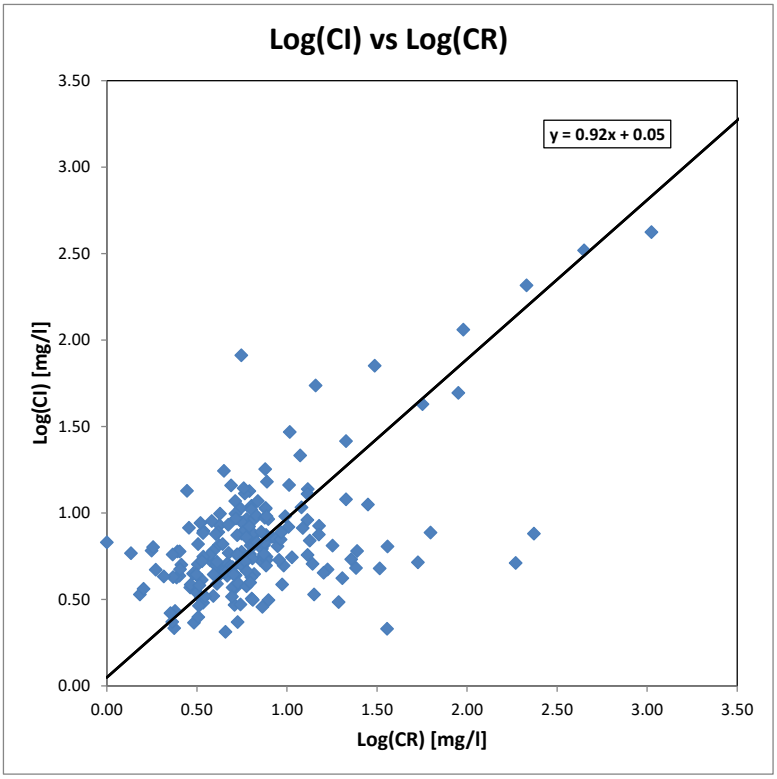


Figura 4.7 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Loa antes Represa Lequena

$$CI = 1.12 \cdot CR^{0.92} \qquad \text{Ec. (4.3)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.12 a continuación.

Tabla 4.12 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loa antes Represa Lequena

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	24.4 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	17.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.1 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.8, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.4).

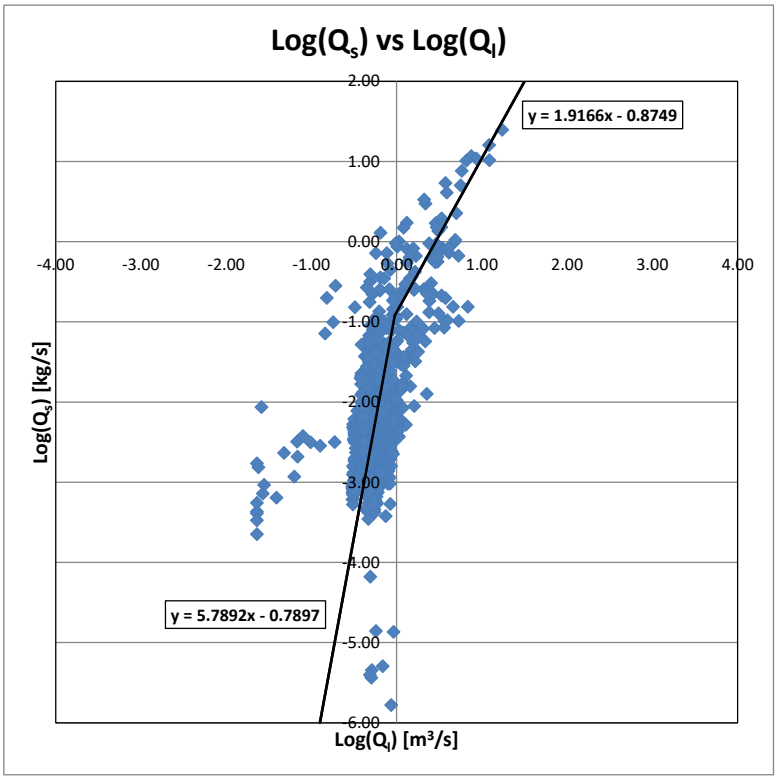


Figura 4.8 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Loa antes Represa Lequena

$$Q_s \begin{cases} 0.16 \cdot {Q_l}^{5.79} & , \quad Q_l < 0.95\ [m^3/s] \\ 0.13 \cdot {Q_l}^{1.92} & , \quad Q_l > 0.95\ [m^3/s] \end{cases} \qquad \text{Ec. (4.4)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.13 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.14.

Tabla 4.13 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loa antes Represa Lequena

$\bar{Q}_{s,prom}$	1 282.34 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	0.56 m^3/s

Tabla 4.14 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loa antes Represa Lequena

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	24.40	60.83	0.003	60.83	0.002	0.002	24.40	0.001	0.001
0.01	17.87	33.48	0.003	47.15	0.001	0.003	21.13	0.001	0.001
0.05	8.03	7.23	0.05	20.35	0.01	0.01	12.95	0.01	0.01
0.10	7.12	5.74	0.05	6.48	0.003	0.02	7.58	0.004	0.01
0.31	3.96	1.86	0.20	3.80	0.01	0.02	5.54	0.01	0.02
0.50	2.99	1.09	0.20	1.48	0.003	0.03	3.48	0.01	0.03
0.81	2.14	0.57	0.31	0.83	0.003	0.03	2.57	0.01	0.04
1.00	1.72	0.38	0.20	0.48	0.001	0.03	1.93	0.004	0.04
3.00	0.87	0.07	2.00	0.22	0.004	0.03	1.29	0.03	0.07
5.00	0.78	0.04	2.00	0.05	0.001	0.04	0.82	0.02	0.08
8.00	0.72	0.02	3.00	0.03	0.001	0.04	0.75	0.02	0.11
10.00	0.70	0.02	2.00	0.02	0.0004	0.04	0.71	0.01	0.12
20.00	0.61	0.01	10.00	0.01	0.001	0.04	0.66	0.07	0.19
30.00	0.57	0.01	10.00	0.01	0.001	0.04	0.59	0.06	0.24
40.00	0.54	0.005	10.00	0.01	0.001	0.04	0.56	0.06	0.30
50.00	0.52	0.004	10.00	0.004	0.0004	0.04	0.53	0.05	0.35
60.00	0.49	0.003	10.00	0.003	0.0003	0.04	0.51	0.05	0.40
70.00	0.47	0.002	10.00	0.002	0.0002	0.04	0.48	0.05	0.45
80.00	0.44	0.001	10.00	0.002	0.0002	0.04	0.46	0.05	0.50
90.00	0.40	0.001	10.00	0.001	0.0001	0.04	0.42	0.04	0.54
99.99	0.02	5.32E-11	9.99	0.0004	0.00004	**0.04**	0.21	0.02	**0.56**

4.2.2. Estación Río Salado en Sifón Ayquina

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Antofagasta. En la Figura 4.9 se muestra su ubicación geográfica.

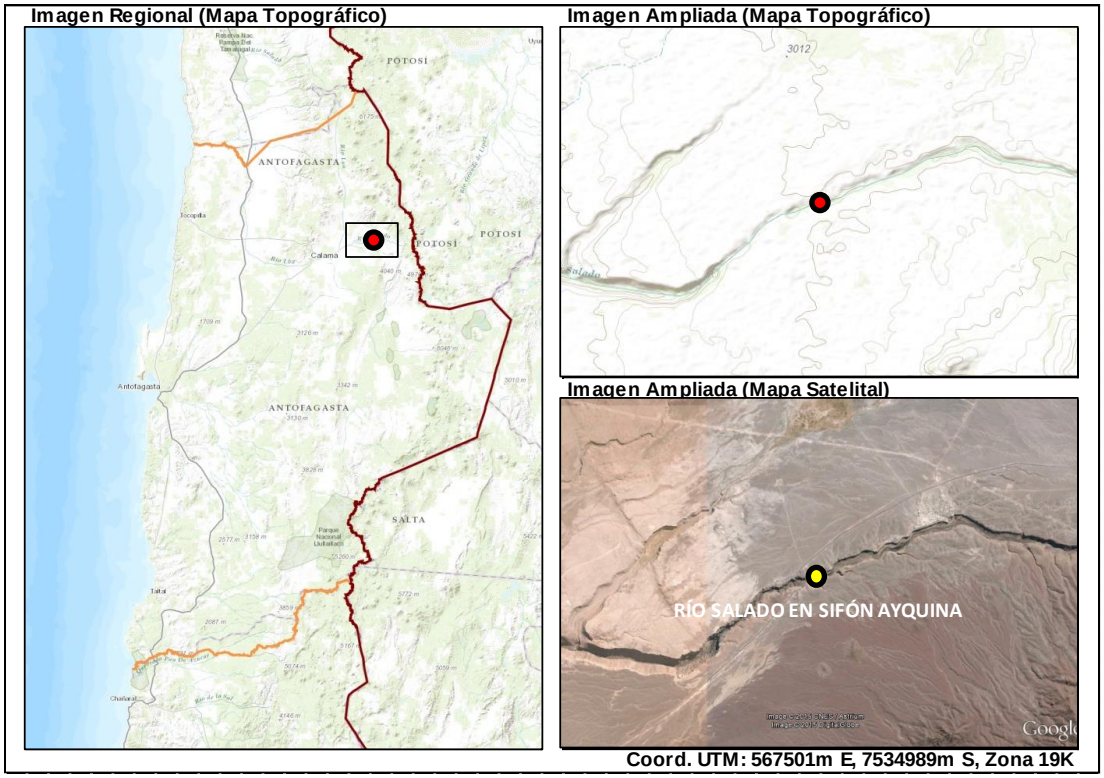


Figura 4.9 – Ubicación geográfica, Estación Río Salado en Sifón Ayquina
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.15 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.15 – Antecedentes, Estación Río Salado en Sifón Ayquina
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	10/1990	11/2008
	Muestreo Integrado	11/1990	11/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	03/1975	12/1985
		11/1988	05/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 – Área de Drenaje, Estación Río Salado en Sifón Ayquina
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	770.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.10, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.5).

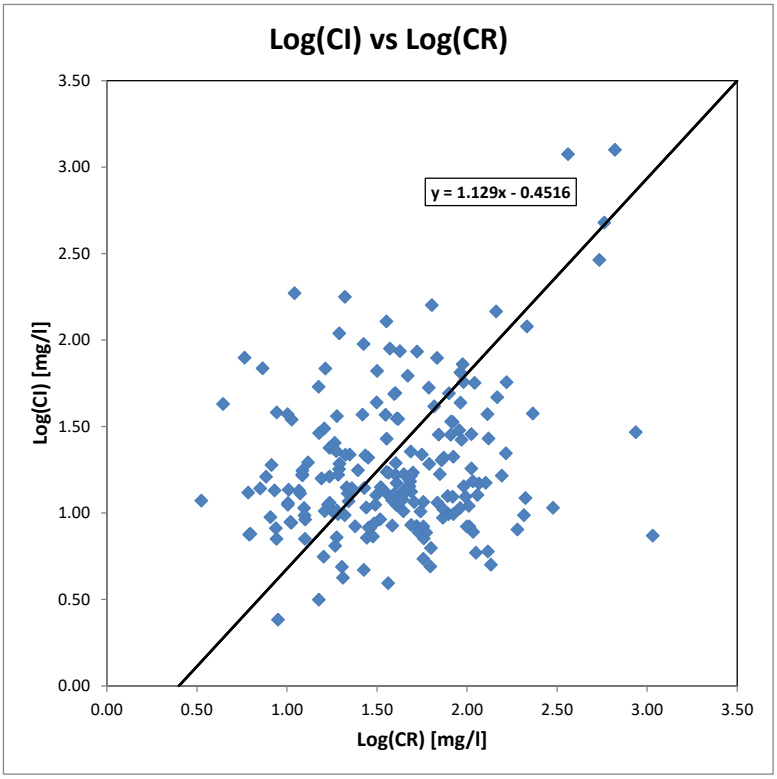


Figura 4.10 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

$$CI = 0.35 \cdot CR^{1.13} \qquad \text{Ec. (4.5)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.17 a continuación.

Tabla 4.17 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	25.0 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.2 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.11, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.6).

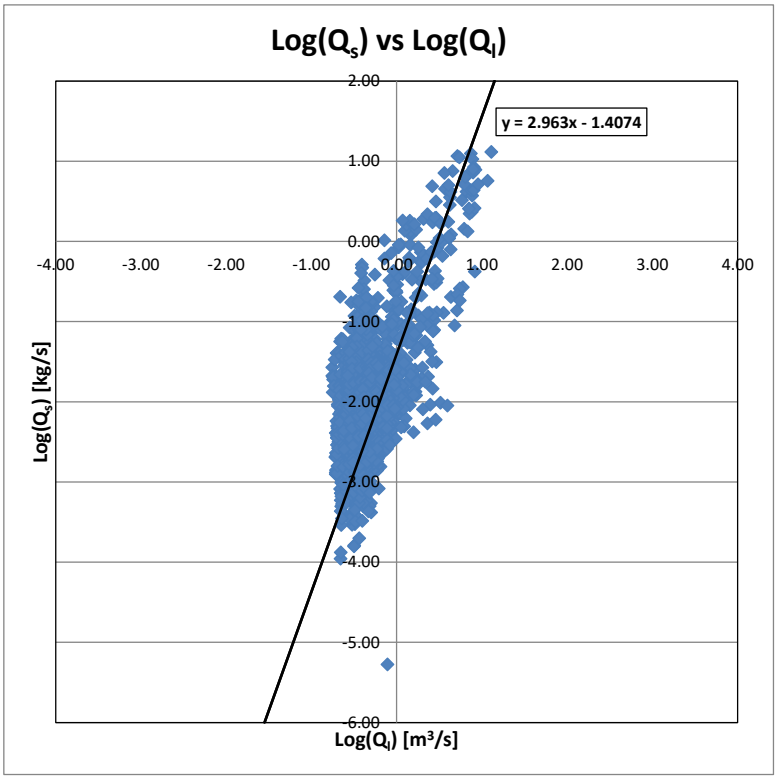


Figura 4.11 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

$$Q_s = 0.04 \cdot Q_l^{2.96} \qquad \text{Ec. (4.6)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.18 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.19.

Tabla 4.18 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

$\bar{Q}_{s,prom}$	8 840.57 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	0.51 m^3/s

Tabla 4.19 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	25.03	544.97	0.003	544.97	0.01	0.01	25.03	0.001	0.001
0.02	20.00	280.25	0.014	412.61	0.06	0.07	22.52	0.003	0.004
0.06	12.90	76.43	0.04	178.34	0.07	0.15	16.45	0.01	0.01
0.11	10.40	40.37	0.05	58.40	0.03	0.17	11.65	0.01	0.02
0.31	7.47	15.14	0.20	27.76	0.06	0.23	8.94	0.02	0.03
0.50	5.63	6.55	0.20	10.85	0.02	0.25	6.55	0.01	0.05
0.80	3.73	1.93	0.30	4.24	0.01	0.26	4.68	0.01	0.06
1.01	2.88	0.90	0.21	1.42	0.003	0.27	3.31	0.01	0.07
3.01	1.21	0.07	2.00	0.48	0.01	0.28	2.05	0.04	0.11
5.01	0.85	0.02	2.00	0.05	0.001	0.28	1.03	0.02	0.13
8.00	0.68	0.01	3.00	0.02	0.001	0.28	0.77	0.02	0.15
10.00	0.62	0.01	2.00	0.01	0.0002	0.28	0.65	0.01	0.17
20.01	0.50	0.01	10.00	0.01	0.001	0.28	0.56	0.06	0.22
30.00	0.45	0.004	10.00	0.004	0.0004	0.28	0.48	0.05	0.27
40.00	0.42	0.003	10.00	0.003	0.0003	0.28	0.44	0.04	0.31
50.00	0.39	0.002	10.00	0.003	0.0003	0.28	0.40	0.04	0.35
60.00	0.36	0.002	10.00	0.002	0.0002	0.28	0.37	0.04	0.39
70.01	0.34	0.002	10.00	0.002	0.0002	0.28	0.35	0.04	0.43
80.00	0.32	0.001	10.00	0.001	0.0001	0.28	0.33	0.03	0.46
90.00	0.29	0.001	10.00	0.001	0.0001	0.28	0.31	0.03	0.49
99.99	0.18	0.0002	9.99	0.001	0.0001	**0.28**	0.24	0.02	**0.51**

4.2.3. Estación Río Huasco en Algodones

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Atacama. En la Figura 4.12 se muestra su ubicación geográfica.

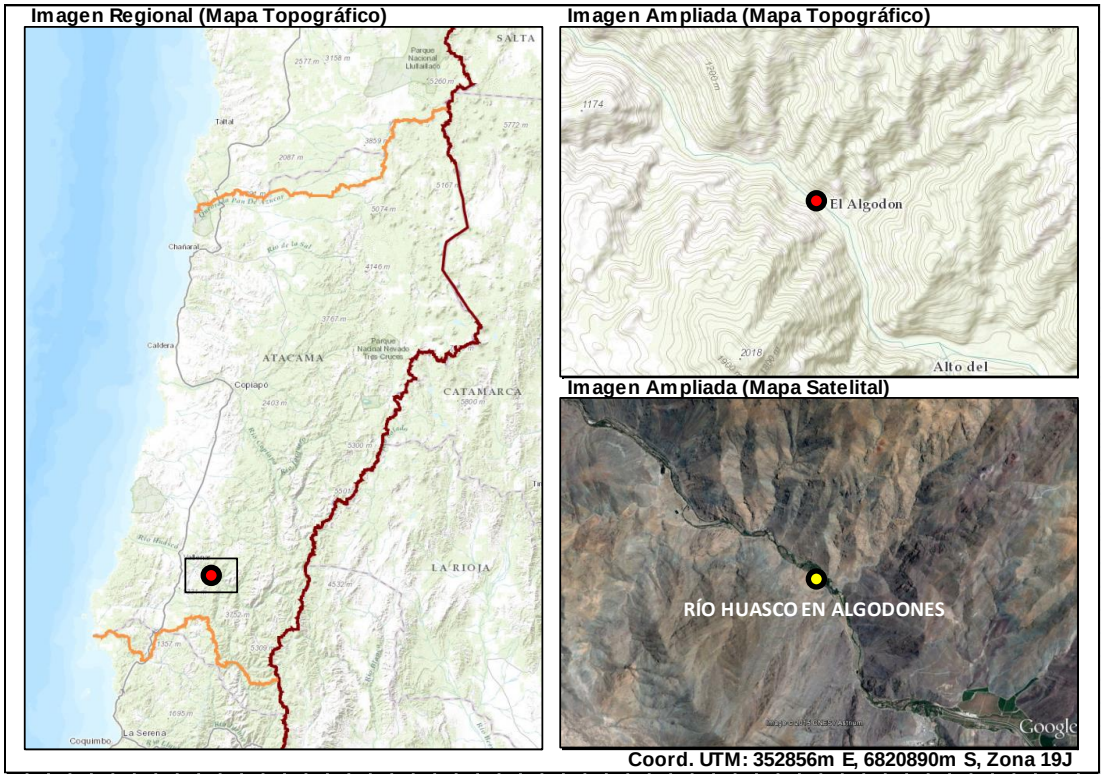


Figura 4.12 – Ubicación geográfica, Estación Río Huasco en Algodones
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.20 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.20 – Antecedentes, Estación Río Huasco en Algodones
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	06/1986	01/1990
		04/1991	11/2008
	Muestreo Integrado	05/1987	12/1988
		09/1995	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	01/1994	04/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.21.

Tabla 4.21 – Área de Drenaje, Estación Río Huasco en Algodones
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	7 187.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.13, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.7).

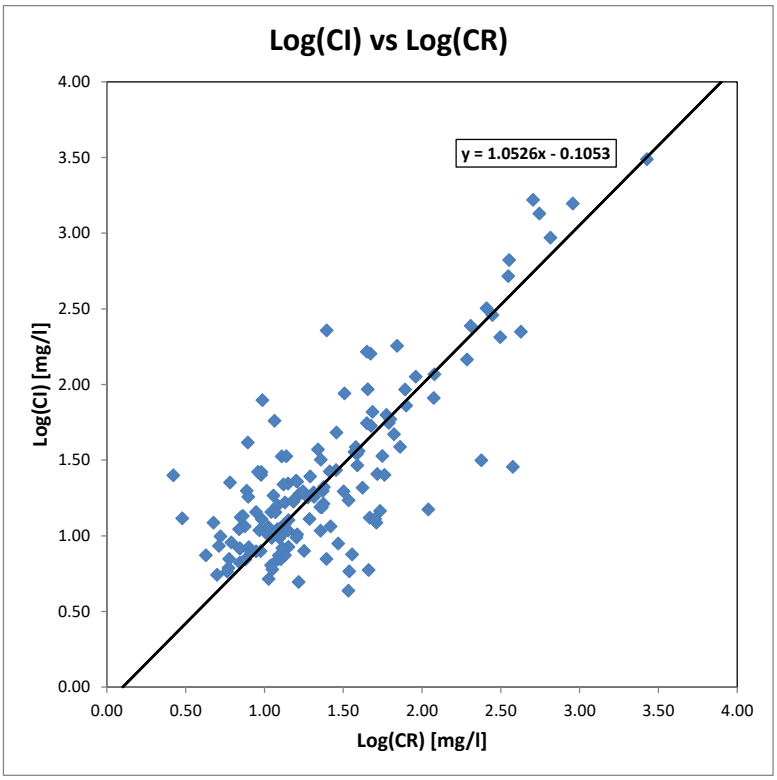


Figura 4.13 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Huasco en Algodones

$$CI = 0.78 \cdot CR^{1.05} \qquad \text{Ec. (4.7)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.22 a continuación.

Tabla 4.22 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Huasco en Algodones

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	449.9 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	182.7 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.3 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.14, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.8).

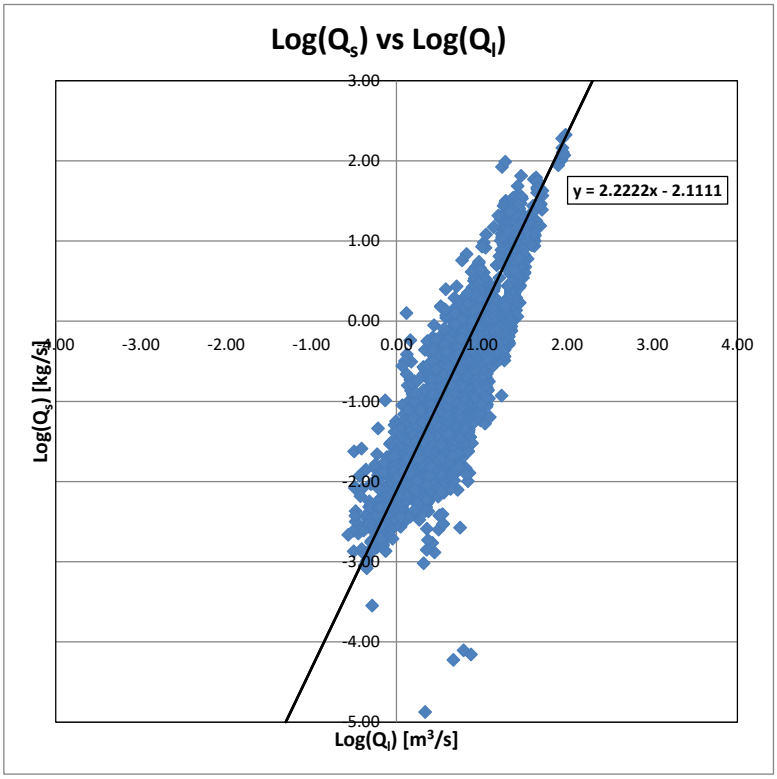


Figura 4.14 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Huasco en Algodones

$$Q_s = 0.01 \cdot Q_l^{2.22} \qquad \text{Ec. (4.8)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.23 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.24.

Tabla 4.23 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Huasco en Algodones

$\bar{Q}_{s,prom}$	96 249.05 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	6.26 m^3/s

Tabla 4.24 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Huasco en Algodones

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	449.95	6092.02	0.003	6092.02	0.17	0.17	449.95	0.01	0.01
0.01	182.69	821.98	0.003	3457.00	0.09	0.26	316.32	0.01	0.02
0.06	101.00	220.24	0.05	521.11	0.27	0.54	141.84	0.07	0.10
0.10	96.70	199.95	0.04	210.10	0.09	0.63	98.85	0.04	0.14
0.31	86.50	156.08	0.20	178.01	0.36	0.99	91.60	0.19	0.33
0.51	80.70	133.77	0.20	144.92	0.29	1.29	83.60	0.17	0.50
0.81	72.80	106.40	0.31	120.08	0.37	1.65	76.75	0.23	0.73
1.00	57.20	62.26	0.19	84.33	0.16	1.81	65.00	0.12	0.85
3.01	25.70	10.52	2.01	36.39	0.73	2.54	41.45	0.83	1.68
5.00	19.80	5.89	1.99	8.21	0.16	2.70	22.75	0.45	2.14
8.01	11.40	1.73	3.01	3.81	0.11	2.82	15.60	0.47	2.61
10.00	9.57	1.17	1.99	1.45	0.03	2.85	10.49	0.21	2.82
20.01	6.53	0.50	10.00	0.84	0.08	2.93	8.05	0.81	3.62
30.01	5.41	0.33	10.00	0.42	0.04	2.97	5.97	0.60	4.22
40.01	4.68	0.24	10.00	0.28	0.03	3.00	5.05	0.50	4.72
50.00	3.87	0.16	9.99	0.20	0.02	3.02	4.28	0.43	5.15
60.00	3.32	0.11	10.00	0.13	0.01	3.04	3.60	0.36	5.51
70.01	2.66	0.07	10.00	0.09	0.01	3.04	2.99	0.30	5.81
80.01	2.02	0.04	10.00	0.05	0.01	3.05	2.34	0.23	6.04
90.01	1.07	0.01	10.00	0.02	0.002	3.05	1.55	0.15	6.20
99.99	0.27	0.0004	9.97	0.005	0.0005	**3.05**	0.67	0.07	**6.26**

4.2.4. Estación Río Jorquera en Vertedero

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Atacama. En la Figura 4.15 se muestra su ubicación geográfica.

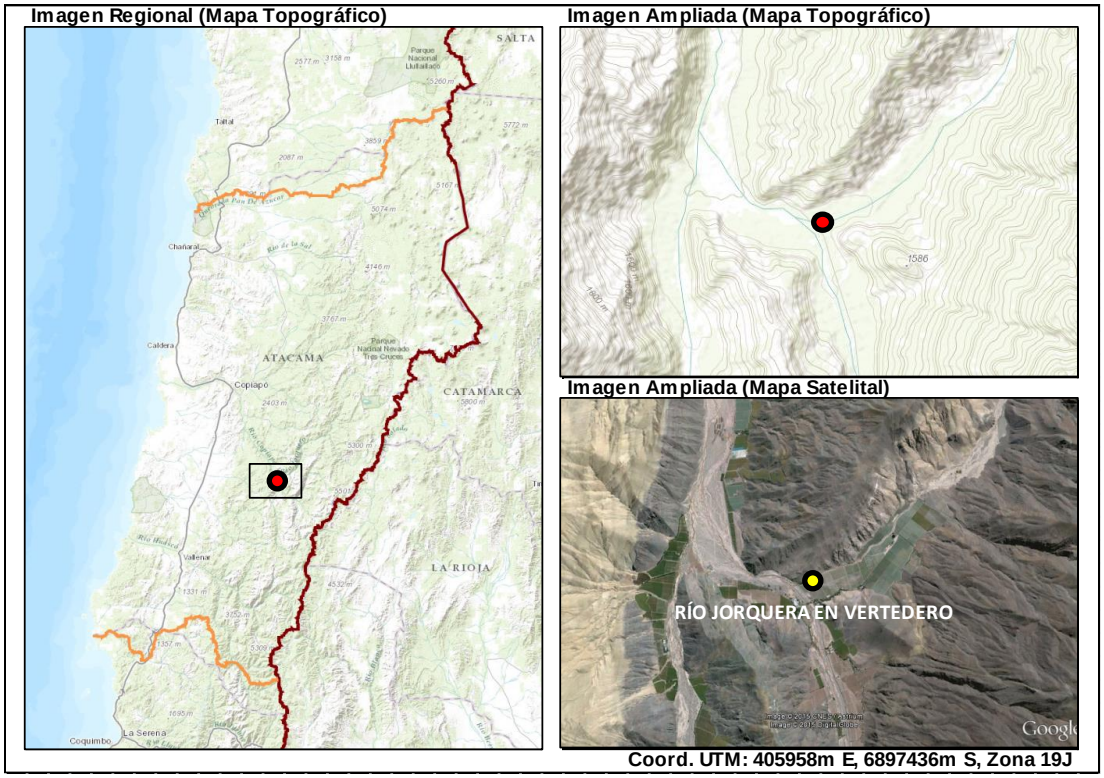


Figura 4.15 – Ubicación geográfica, Estación Río Jorquera en Vertedero
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.25 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.25 – Antecedentes, Estación Río Jorquera en Vertedero
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	10/1967	02/1973
		02/1976	01/1990
		02/1992	11/2008
	Muestreo Integrado	05/1987	10/1989
		01/1992	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	02/1964	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.26.

Tabla 4.26 – Área de Drenaje, Estación Río Jorquera en Vertedero
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	4 150.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.16, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.9).

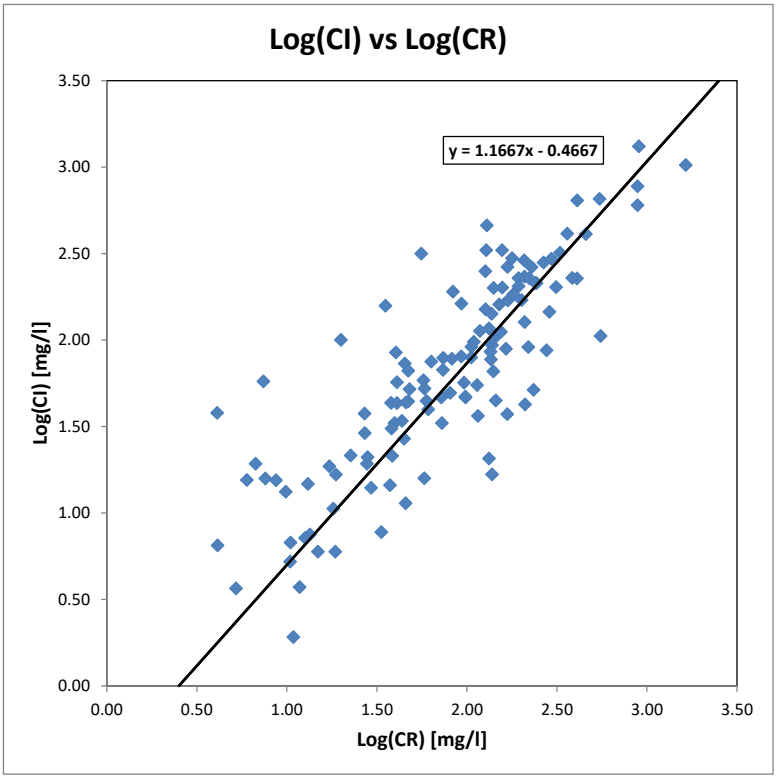


Figura 4.16 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Jorquera en Vertedero

$$CI = 0.34 \cdot CR^{1.17} \qquad \text{Ec. (4.9)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.4 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.17, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.10).

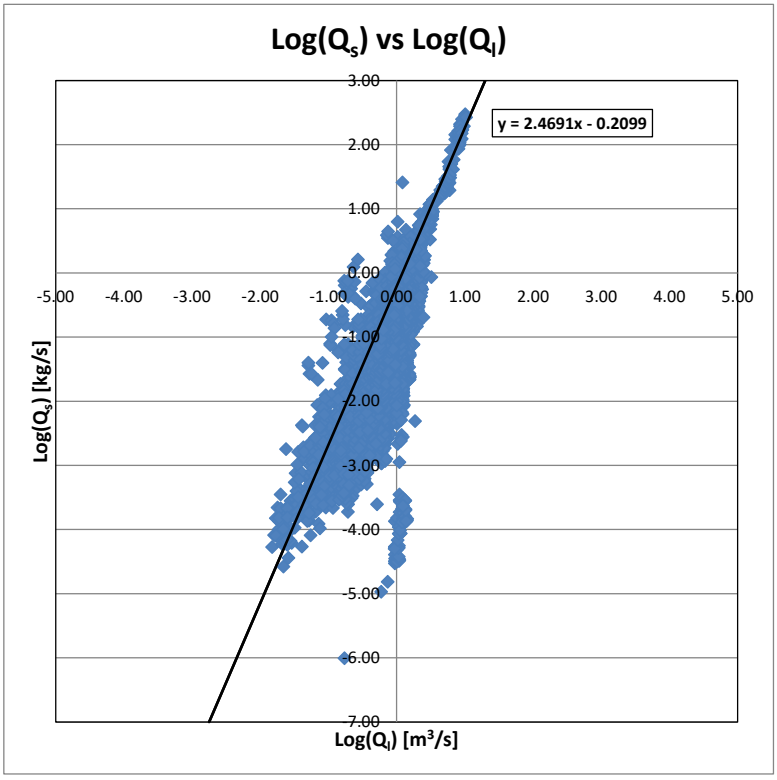


Figura 4.17 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Jorquera en Vertedero

$$Q_s = 0.62 \cdot {Q_l}^{2.47} \qquad \text{Ec. (4.10)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.27 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.28.

Tabla 4.27 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Jorquera en Vertedero

$\bar{Q}_{s,prom}$	28 869.74	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	0.68	m^3/s

Tabla 4.28 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Jorquera en Vertedero

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.006	10.50	204.89	0.006	204.89	0.01	0.01	10.50	0.001	0.001
0.01	10.20	190.74	0.01	197.81	0.01	0.02	10.35	0.001	0.001
0.05	9.04	141.57	0.04	166.15	0.07	0.09	9.62	0.004	0.01
0.10	8.53	122.66	0.05	132.12	0.07	0.16	8.79	0.005	0.01
0.30	6.20	55.79	0.20	89.23	0.18	0.34	7.37	0.01	0.02
0.50	5.17	35.63	0.20	45.71	0.09	0.43	5.69	0.01	0.04
0.81	3.25	11.32	0.30	23.48	0.07	0.50	4.21	0.01	0.05
1.01	3.12	10.24	0.20	10.78	0.02	0.52	3.19	0.01	0.05
3.01	1.55	1.82	2.00	6.03	0.12	0.64	2.34	0.05	0.10
5.01	1.40	1.42	2.00	1.62	0.03	0.67	1.48	0.03	0.13
8.01	1.24	1.05	3.00	1.23	0.04	0.71	1.32	0.04	0.17
10.01	1.19	0.95	2.00	1.00	0.02	0.73	1.22	0.02	0.19
20.00	0.93	0.52	10.00	0.73	0.07	0.80	1.06	0.11	0.30
30.00	0.78	0.33	10.00	0.42	0.04	0.85	0.85	0.09	0.39
40.00	0.65	0.21	10.00	0.27	0.03	0.87	0.71	0.07	0.46
50.00	0.55	0.14	10.00	0.17	0.02	0.89	0.60	0.06	0.52
60.00	0.47	0.09	10.00	0.12	0.01	0.90	0.51	0.05	0.57
70.00	0.37	0.05	10.00	0.07	0.01	0.91	0.42	0.04	0.61
80.00	0.28	0.03	10.00	0.04	0.004	0.91	0.33	0.03	0.64
90.00	0.19	0.01	10.00	0.02	0.002	0.91	0.23	0.02	0.67
99.99	0.02	0.00002	9.99	0.01	0.001	**0.92**	0.10	0.01	**0.68**

4.2.5. Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Coquimbo. En la Figura 4.18 se muestra su ubicación geográfica.

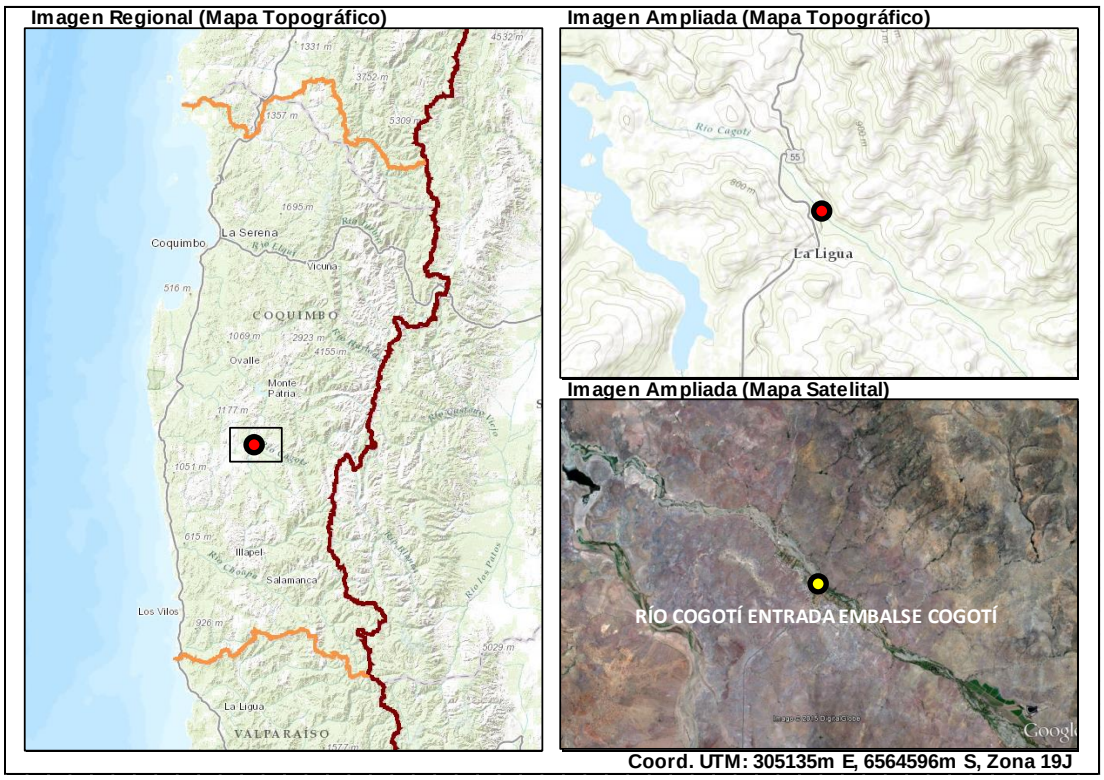


Figura 4.18 – Ubicación geográfica, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.29 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.29 – Antecedentes, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	09/1967	10/1969
		07/1972	01/2012
	Muestreo Integrado	10/1986	09/1989
		05/1991	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	01/1953	02/1966
		09/1967	04/1978
		01/1980	11/1983
		05/1986	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.30.

Tabla 4.30 – Área de Drenaje, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	735.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.19, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.11).

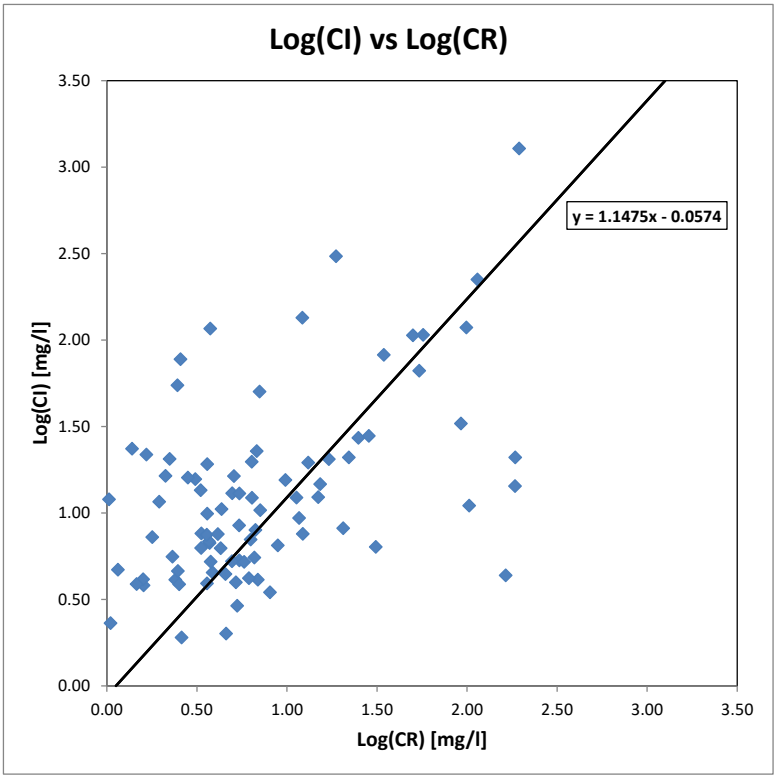


Figura 4.19 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

$$CI = 0.88 \cdot CR^{1.15} \qquad \text{Ec. (4.11)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.31 a continuación.

Tabla 4.31 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	291.8 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.5 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.20, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.12).

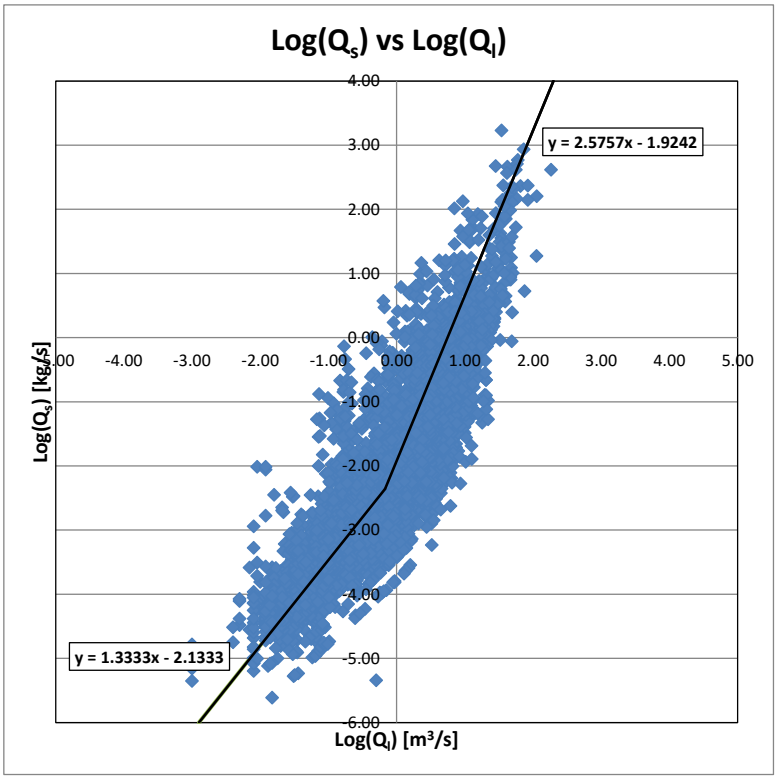


Figura 4.20 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

$$Q_s \begin{cases} 0.01 \cdot {Q_l}^{1.33} & , \quad Q_l < 0.68\ [m^3/s] \\ 0.01 \cdot {Q_l}^{2.58} & , \quad Q_l > 0.68\ [m^3/s] \end{cases} \qquad \text{Ec. (4.12)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.32 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.33.

Tabla 4.32 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

$\bar{Q}_{s,prom}$	173 449.85	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	2.33	m^3/s

Tabla 4.33 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	291.80	26614.39	0.003	26614.39	0.73	0.73	291.80	0.01	0.01
0.01	114.00	2364.67	0.01	14489.53	1.33	2.06	202.90	0.02	0.03
0.05	83.90	1073.58	0.04	1719.12	0.72	2.78	98.95	0.04	0.07
0.10	65.00	556.32	0.05	814.95	0.39	3.17	74.45	0.04	0.10
0.30	42.10	181.75	0.20	369.03	0.75	3.91	53.55	0.11	0.21
0.50	35.00	112.94	0.20	147.34	0.29	4.20	38.55	0.08	0.29
0.80	28.10	64.16	0.30	88.55	0.27	4.47	31.55	0.10	0.38
1.00	24.80	46.50	0.20	55.33	0.11	4.58	26.45	0.05	0.44
3.01	13.80	10.28	2.00	28.39	0.57	5.15	19.30	0.39	0.82
5.00	10.00	4.48	2.00	7.38	0.15	5.30	11.90	0.24	1.06
8.00	7.13	1.88	3.00	3.18	0.10	5.39	8.57	0.26	1.32
10.01	5.92	1.16	2.00	1.52	0.03	5.42	6.53	0.13	1.45
20.00	2.52	0.13	10.00	0.65	0.06	5.49	4.22	0.42	1.87
30.00	1.48	0.03	10.00	0.08	0.01	5.50	2.00	0.20	2.07
40.00	0.88	0.01	10.00	0.02	0.002	5.50	1.18	0.12	2.19
50.00	0.50	0.003	10.00	0.01	0.001	5.50	0.69	0.07	2.26
60.00	0.24	0.001	10.00	0.002	0.0002	5.50	0.37	0.04	2.29
70.00	0.12	0.0004	10.00	0.001	0.0001	5.50	0.18	0.02	2.31
80.00	0.06	0.0002	10.00	0.0003	0.00003	5.50	0.09	0.01	2.32
90.00	0.02	0.00005	10.00	0.0001	0.00001	5.50	0.04	0.004	2.32
99.99	0.001	0.000001	9.99	0.00002	0.000002	**5.50**	0.01	0.001	**2.33**

4.2.6. Estación Río Choapa en Cuncumén

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Coquimbo. En la Figura 4.21 se muestra su ubicación geográfica.

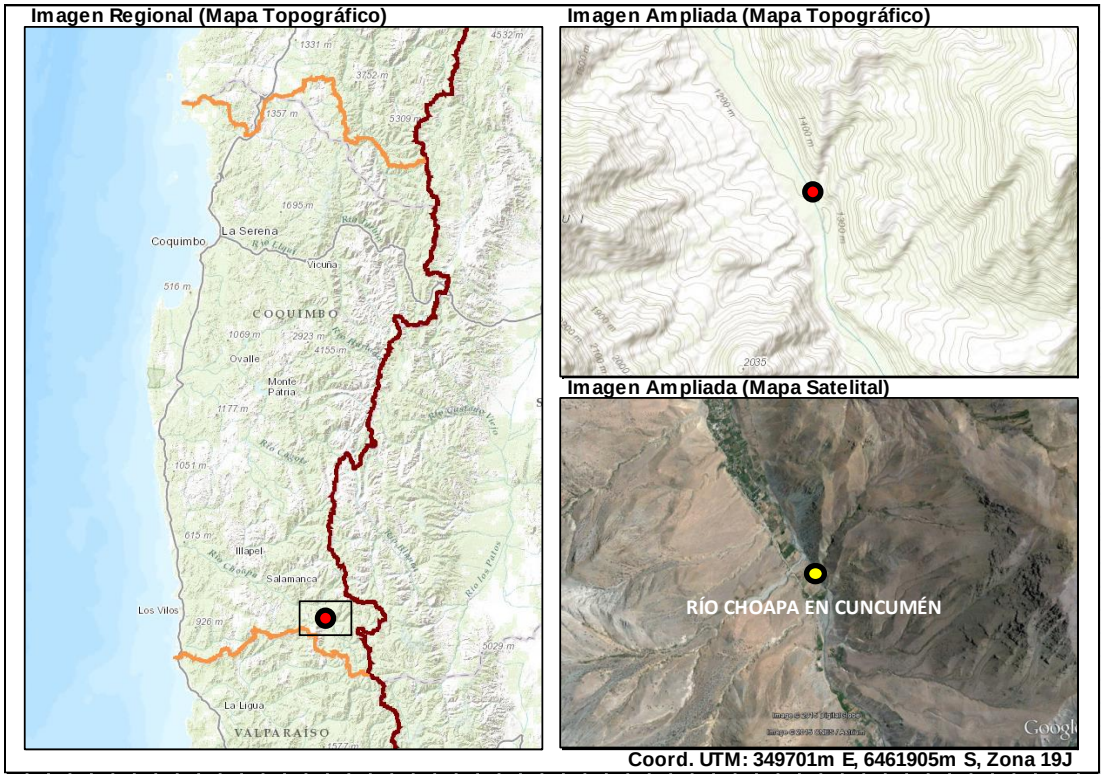


Figura 4.21 – Ubicación geográfica, Estación Río Choapa en Cuncumén
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.34 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.34 – Antecedentes, Estación Río Choapa en Cuncumén
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	10/1986	11/2007
	Muestreo Integrado	10/1986	10/2007
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	10/1965	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.35.

Tabla 4.35 – Área de Drenaje, Estación Río Choapa en Cuncumén
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	1 176.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.22, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.13).

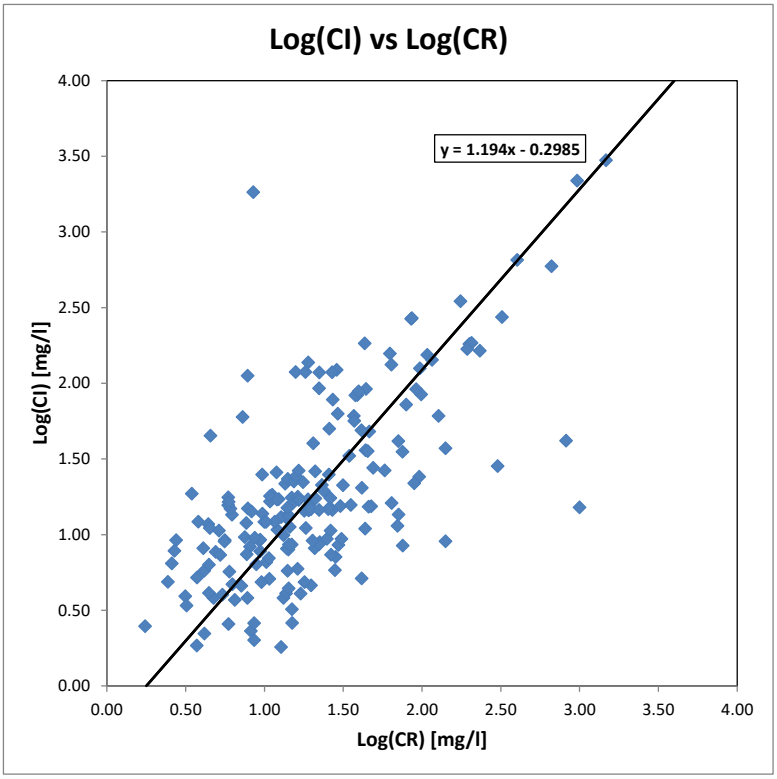


Figura 4.22 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Choapa en Cuncumén

$$CI = 0.50 \cdot CR^{1.19} \qquad \text{Ec. (4.13)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.36 a continuación.

Tabla 4.36 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Choapa en Cuncumén

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	171.7 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.6 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.23, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.14).

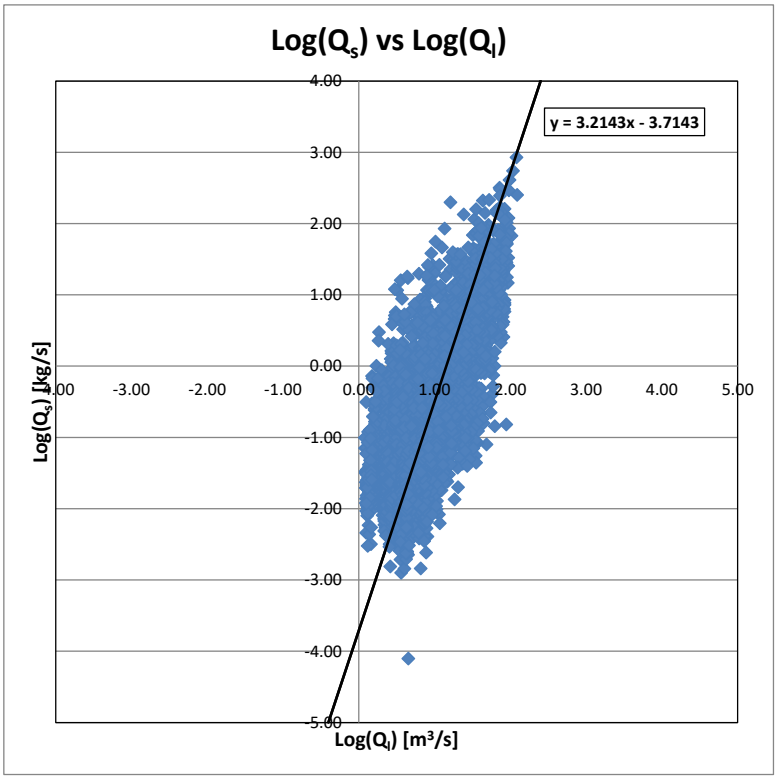


Figura 4.23 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Choapa en Cuncumén

$$Q_s = 1.93 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{3.21} \qquad \text{Ec. (4.14)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.37 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.38.

Tabla 4.37 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Choapa en Cuncumén

$\bar{Q}_{s,prom}$	198 175.46	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	9.65	m^3/s

Tabla 4.38 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Choapa en Cuncumén

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	171.75	2946.49	0.003	2946.49	0.08	0.08	171.75	0.005	0.005
0.01	124.00	1034.15	0.003	1990.32	0.07	0.15	147.87	0.01	0.01
0.06	102.00	552.01	0.05	793.08	0.39	0.54	113.00	0.06	0.07
0.10	94.30	428.92	0.05	490.46	0.24	0.78	98.15	0.05	0.11
0.30	84.20	298.01	0.20	363.46	0.72	1.50	89.25	0.18	0.29
0.51	78.40	236.92	0.20	267.46	0.54	2.04	81.30	0.17	0.46
0.80	72.30	182.61	0.30	209.77	0.62	2.66	75.35	0.22	0.68
1.00	68.90	156.42	0.20	169.52	0.34	3.01	70.60	0.14	0.82
3.00	44.60	38.65	2.00	97.53	1.95	4.95	56.75	1.13	1.95
5.00	35.20	18.06	2.00	28.36	0.57	5.52	39.90	0.80	2.75
8.00	26.20	6.99	3.00	12.53	0.38	5.90	30.70	0.92	3.67
10.00	22.00	3.99	2.00	5.49	0.11	6.01	24.10	0.48	4.16
20.00	11.40	0.48	10.00	2.23	0.22	6.23	16.70	1.67	5.83
30.00	7.81	0.14	10.00	0.31	0.03	6.26	9.61	0.96	6.79
40.00	6.25	0.07	10.00	0.11	0.01	6.27	7.03	0.70	7.49
50.00	5.07	0.04	10.00	0.05	0.01	6.28	5.66	0.57	8.06
60.00	4.23	0.02	10.00	0.03	0.003	6.28	4.65	0.47	8.52
70.00	3.56	0.01	10.00	0.02	0.002	6.28	3.90	0.39	8.91
80.00	2.88	0.01	10.00	0.01	0.001	6.28	3.22	0.32	9.23
90.01	2.29	0.003	10.00	0.004	0.0004	6.28	2.59	0.26	9.49
99.99	0.87	0.0001	9.99	0.001	0.0001	**6.28**	1.58	0.16	**9.65**

4.2.7. Estación Río Grande en Puntilla San Juan

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Coquimbo. En la Figura 4.24 se muestra su ubicación geográfica.

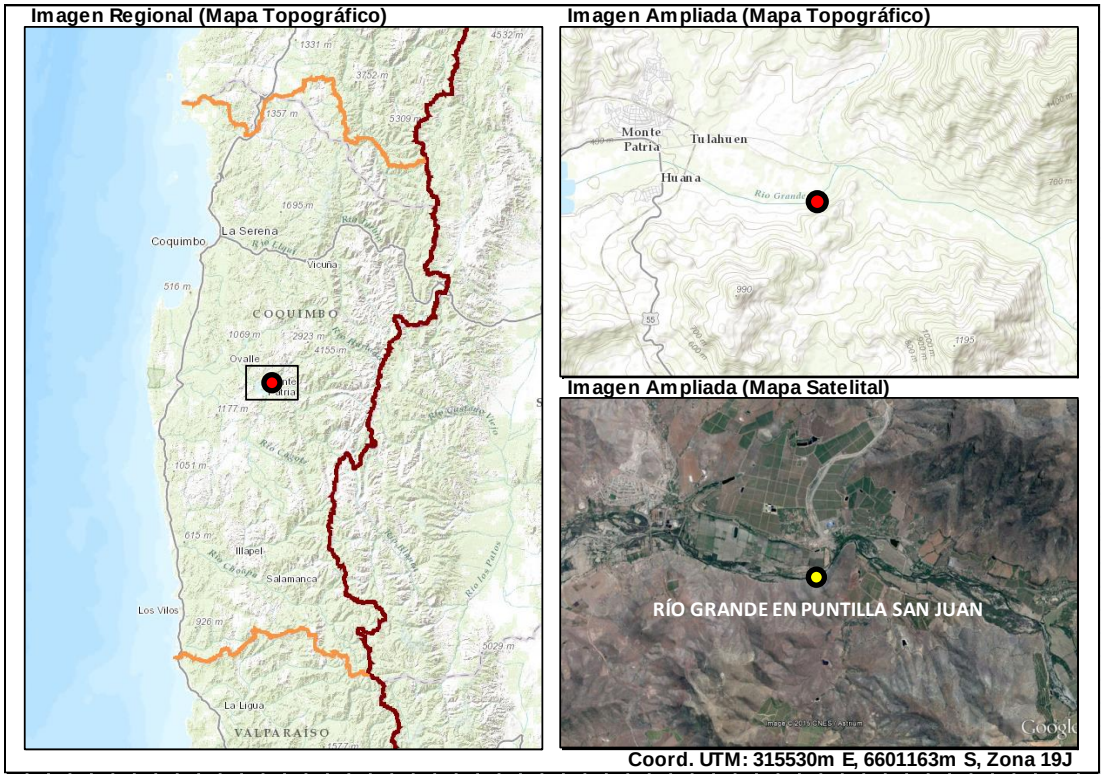


Figura 4.24 – Ubicación geográfica, Estación Río Grande en Puntilla San Juan
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.39 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.39 – Antecedentes, Estación Río Grande en Puntilla San Juan
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	05/1964	07/1992
		08/1999	12/2011
	Muestreo Integrado	10/1986	07/1989
		02/1993	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	03/1942	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.40.

Tabla 4.40 – Área de Drenaje, Estación Río Grande en Puntilla San Juan
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	3 512.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.25, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.15).

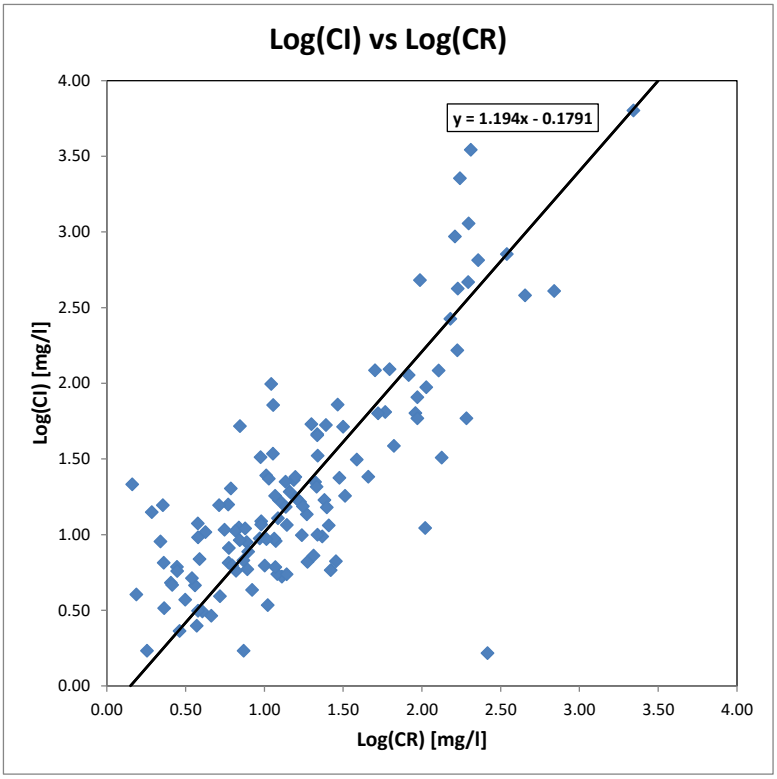


Figura 4.25 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

$$CI = 0.66 \cdot CR^{1.19} \qquad \text{Ec. (4.15)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.41 a continuación.

Tabla 4.41 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	685.2 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.7 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.26, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.16).

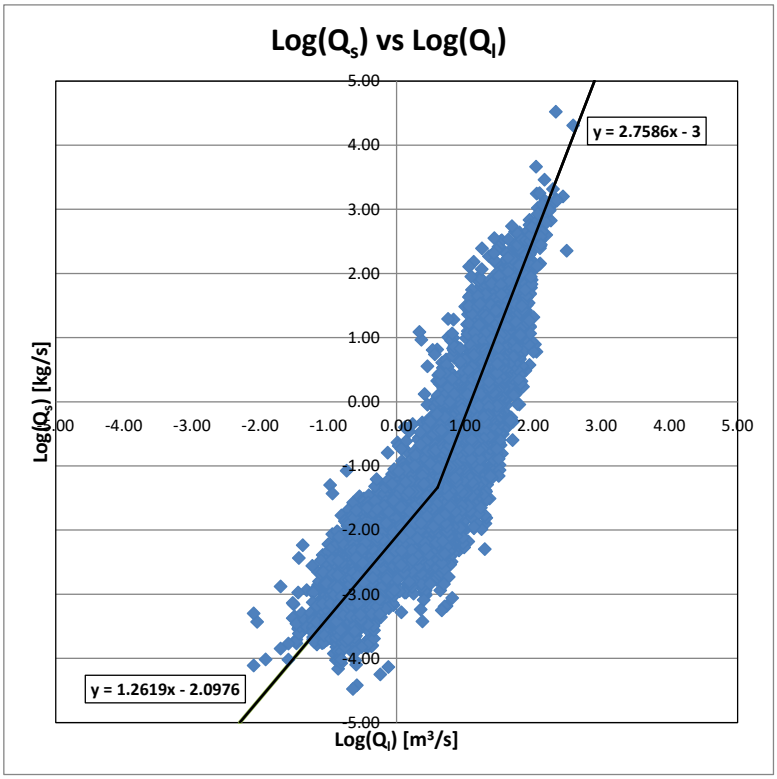


Figura 4.26 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

$$Q_s \begin{cases} 0.01 \cdot {Q_l}^{1.26} & , \quad Q_l < 4.01\ [m^3/s] \\ 1.00 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{2.76} & , \quad Q_l > 4.01\ [m^3/s] \end{cases} \qquad \text{Ec. (4.16)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.42 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.43.

Tabla 4.42 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

$\bar{Q}_{s,prom}$	522 152.50	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	9.36	m^3/s

Tabla 4.43 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	685.16	66498.59	0.003	66498.59	1.82	1.82	685.16	0.02	0.02
0.01	390.00	14051.12	0.01	40274.85	2.33	4.15	537.58	0.03	0.05
0.05	220.00	2896.06	0.04	8473.59	3.61	7.76	305.00	0.13	0.18
0.10	148.00	970.25	0.05	1933.15	0.99	8.74	184.00	0.09	0.27
0.30	119.00	531.62	0.20	750.94	1.50	10.25	133.50	0.27	0.54
0.50	99.30	322.69	0.20	427.16	0.85	11.10	109.15	0.22	0.76
0.80	88.40	234.14	0.30	278.42	0.83	11.93	93.85	0.28	1.04
1.00	82.10	190.94	0.20	212.54	0.43	12.36	85.25	0.17	1.21
3.00	51.10	51.62	2.00	121.28	2.43	14.78	66.60	1.33	2.54
5.00	38.00	22.80	2.00	37.21	0.74	15.53	44.55	0.89	3.43
8.00	27.50	9.34	3.00	16.07	0.48	16.01	32.75	0.98	4.42
10.00	22.40	5.31	2.00	7.33	0.15	16.16	24.95	0.50	4.92
20.00	11.80	0.91	10.00	3.11	0.31	16.47	17.10	1.71	6.63
30.00	7.49	0.26	10.00	0.58	0.06	16.53	9.65	0.96	7.59
40.00	5.04	0.09	10.00	0.17	0.02	16.54	6.27	0.63	8.22
50.00	3.53	0.04	10.00	0.06	0.01	16.55	4.29	0.43	8.64
60.00	2.55	0.03	10.00	0.03	0.003	16.55	3.04	0.30	8.95
70.00	1.65	0.02	10.00	0.02	0.002	16.56	2.10	0.21	9.16
80.00	0.87	0.01	10.00	0.01	0.001	16.56	1.26	0.13	9.28
90.00	0.33	0.002	10.00	0.004	0.0004	16.56	0.60	0.06	9.34
100.0	0.001	0.000001	9.99	0.001	0.0001	**16.56**	0.16	0.02	**9.36**

4.2.8. Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Coquimbo. En la Figura 4.27 se muestra su ubicación geográfica.

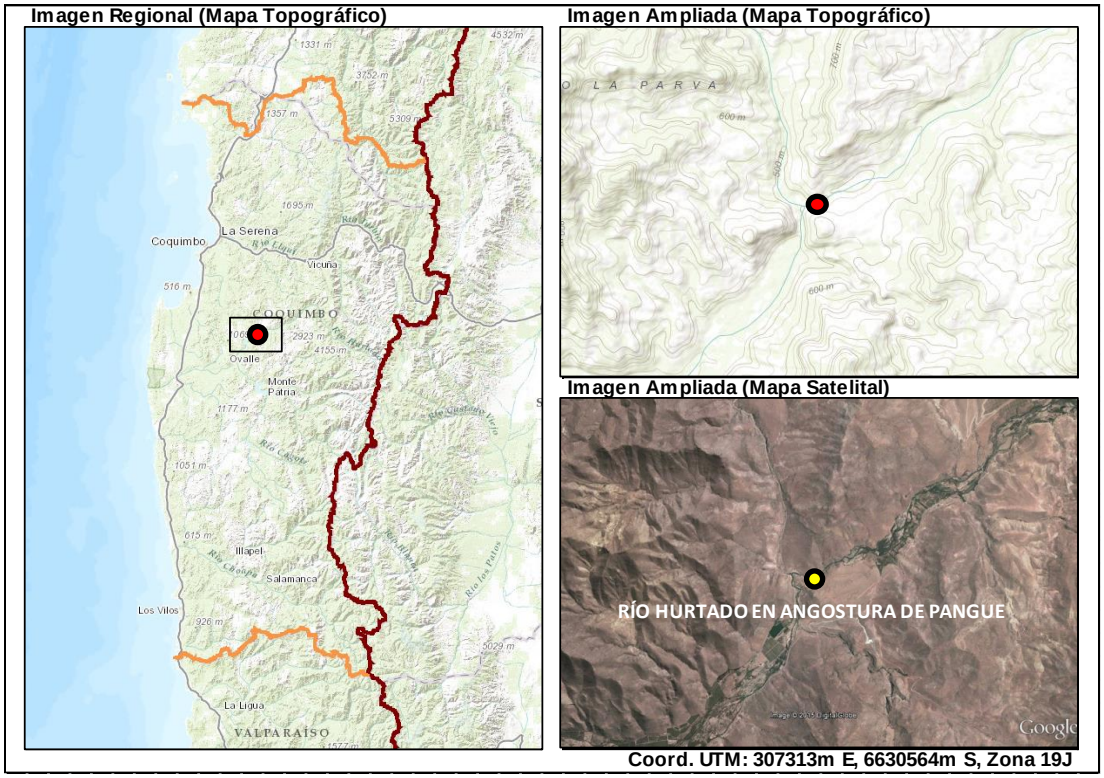


Figura 4.27 – Ubicación geográfica, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.44 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.44 – Antecedentes, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	02/1984	01/2012
	Muestreo Integrado	10/1986	09/1989
		02/1993	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1918	07/1920
		11/1921	08/1931
		09/1932	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.45.

Tabla 4.45 – Área de Drenaje, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	1 772.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.28, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.17).

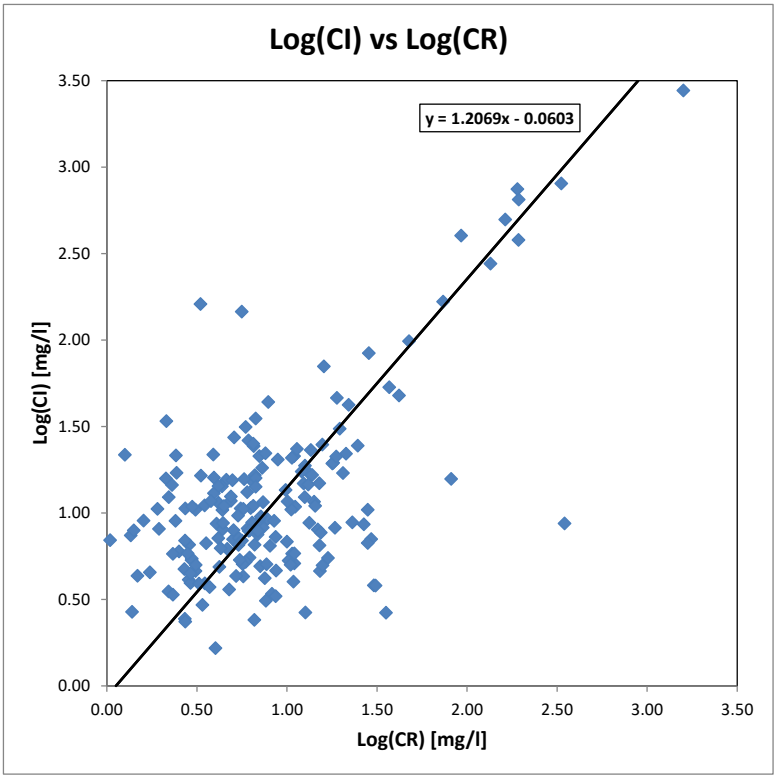


Figura 4.28 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

$$CI = 0.87 \cdot CR^{1.21} \qquad \text{Ec. (4.17)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.8 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.29, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.18).

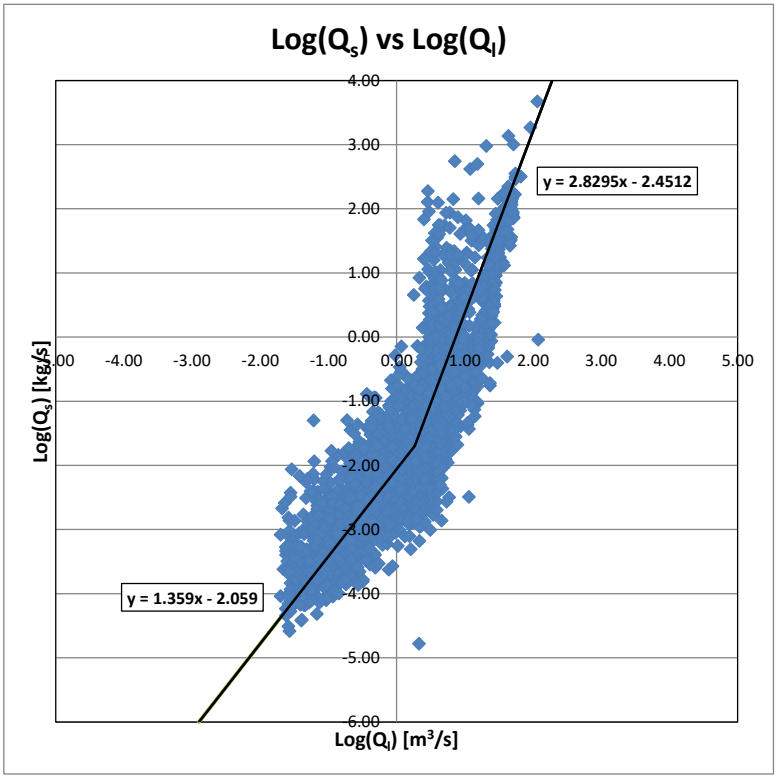


Figura 4.29 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

$$Q_s \begin{cases} 0.01 \cdot {Q_l}^{1.36} & , \quad Q_l < 1.85\ [m^3/s] \\ 3.54 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{2.83} & , \quad Q_l > 1.85\ [m^3/s] \end{cases} \qquad \text{Ec. (4.18)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.46 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.47.

Tabla 4.46 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

$\bar{Q}_{s,prom}$	236 772.62 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	3.27 m^3/s

Tabla 4.47 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	319.00	42980.92	0.003	42980.92	1.39	1.39	319.00	0.01	0.01
0.01	120.00	2702.98	0.01	22841.95	2.21	3.60	219.50	0.02	0.03
0.05	95.00	1395.63	0.04	2049.30	0.79	4.39	107.50	0.04	0.07
0.10	80.80	882.71	0.05	1139.17	0.55	4.94	87.90	0.04	0.12
0.30	48.80	211.93	0.20	547.32	1.10	6.04	64.80	0.13	0.25
0.50	40.00	120.73	0.20	166.33	0.33	6.37	44.40	0.09	0.33
0.80	30.90	58.16	0.30	89.45	0.27	6.64	35.45	0.11	0.44
1.00	28.50	46.27	0.20	52.22	0.10	6.75	29.70	0.06	0.50
3.00	14.30	6.57	2.00	26.42	0.53	7.27	21.40	0.43	0.93
5.00	10.30	2.60	2.00	4.59	0.09	7.37	12.30	0.25	1.17
8.00	7.44	1.03	3.00	1.82	0.05	7.42	8.87	0.27	1.44
10.00	6.53	0.72	2.00	0.88	0.02	7.44	6.99	0.14	1.58
20.00	4.08	0.19	10.00	0.45	0.05	7.48	5.31	0.53	2.11
30.00	2.99	0.08	10.00	0.13	0.01	7.50	3.54	0.35	2.46
40.00	2.27	0.04	10.00	0.06	0.01	7.50	2.63	0.26	2.73
50.00	1.74	0.02	10.00	0.03	0.003	7.51	2.01	0.20	2.93
60.00	1.25	0.01	10.00	0.02	0.002	7.51	1.50	0.15	3.08
70.00	0.78	0.01	10.00	0.01	0.001	7.51	1.02	0.10	3.18
80.00	0.35	0.002	10.00	0.004	0.0004	7.51	0.57	0.06	3.24
90.00	0.14	0.001	10.00	0.001	0.0001	7.51	0.25	0.02	3.26
100.0	0.001	0.000001	10.00	0.0003	0.00003	**7.51**	0.07	0.01	**3.27**

4.2.9. Estación Río Turbio en Varillar

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Coquimbo. En la Figura 4.30 se muestra su ubicación geográfica.

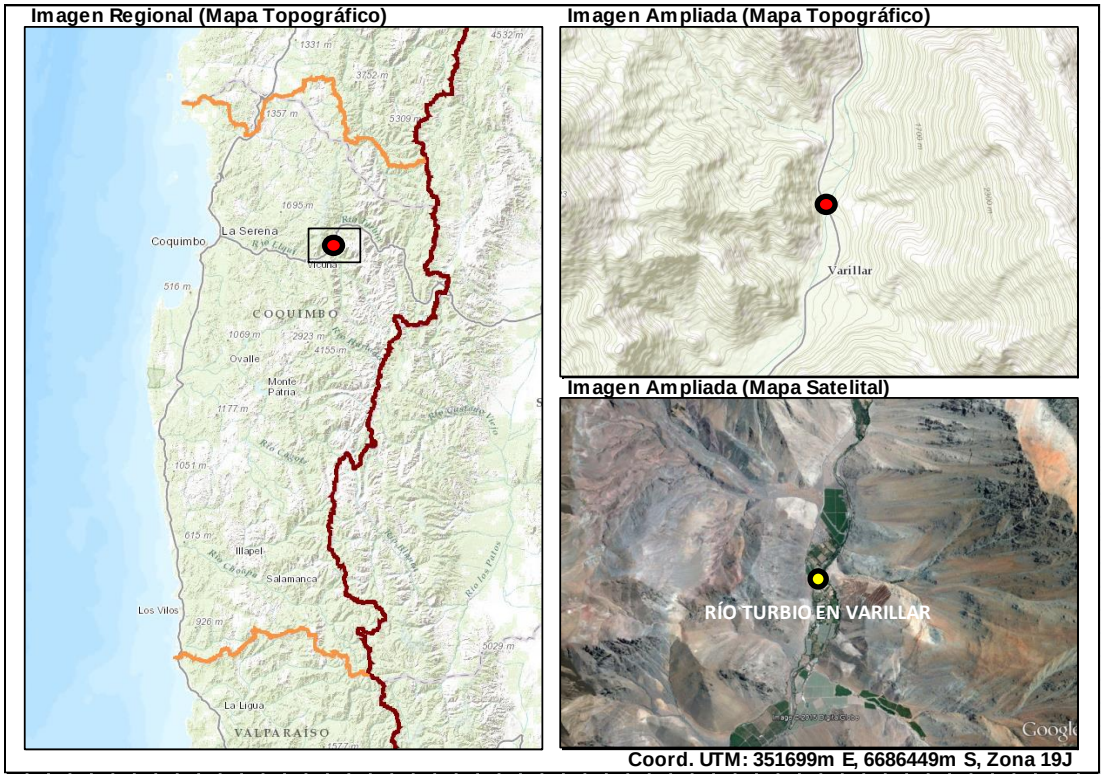


Figura 4.30 – Ubicación geográfica, Estación Río Turbio en Varillar
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.48 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.48 – Antecedentes, Estación Río Turbio en Varillar
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	02/1999	01/2012
	Muestreo Integrado	01/1999	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	04/1914	10/1941
		12/1942	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.49.

Tabla 4.49 – Área de Drenaje, Estación Río Turbio en Varillar
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	4 148.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.31, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.19).

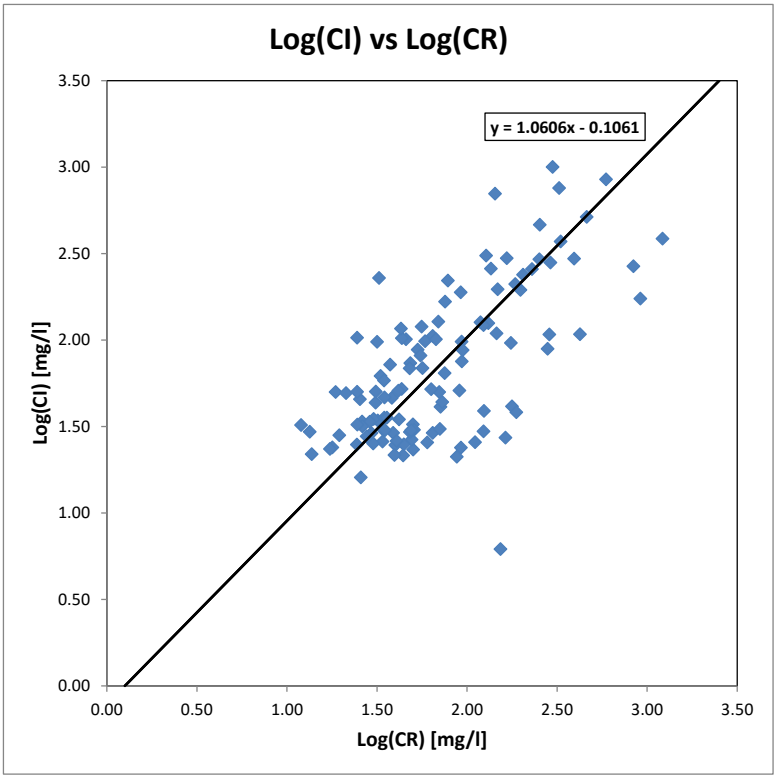


Figura 4.31 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Turbio en Varillar

$$CI = 0.78 \cdot CR^{1.06} \qquad \text{Ec. (4.19)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. De la Tabla A.31 (ver Anexo A) se concluye que

no es necesario realizar el análisis de caudales máximos diarios anuales puesto que el caudal asociado período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada (se cuenta con 100 años de información).

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.9 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.32, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.20).

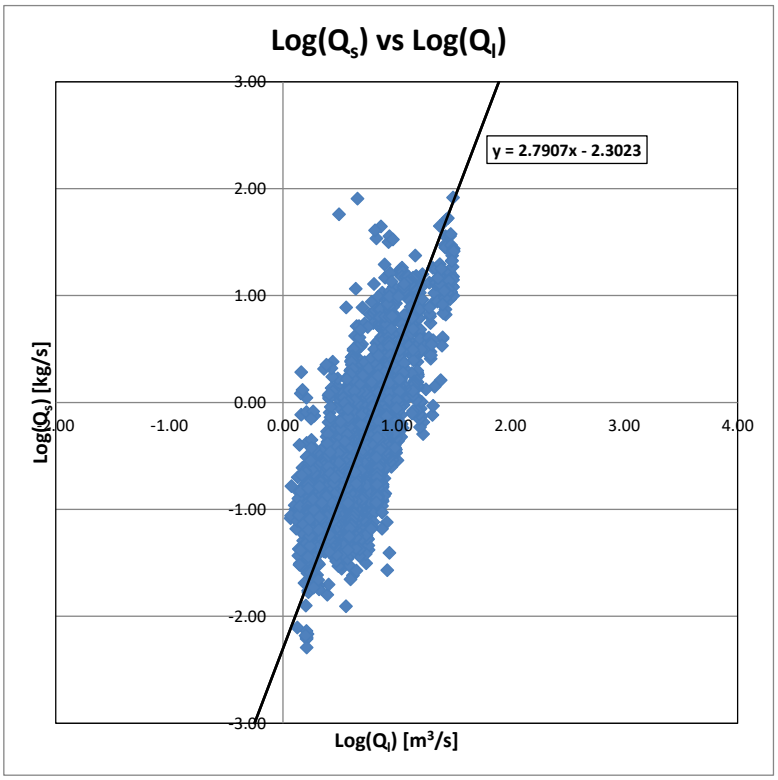


Figura 4.32 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Turbio en Varillar

$$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.79} \qquad \text{Ec. (4.20)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.50 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.51.

Tabla 4.50 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Turbio en Varillar

$\bar{Q}_{s,prom}$	351 820.84	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	7.86	m^3/s

Tabla 4.51 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Turbio en Varillar

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	72.10	763.20	0.003	763.20	0.02	0.02	72.10	0.002	0.002
0.01	72.10	763.20	0.01	763.20	0.06	0.09	72.10	0.01	0.01
0.05	72.10	763.20	0.04	763.20	0.30	0.39	72.10	0.03	0.04
0.10	72.10	763.20	0.05	763.20	0.39	0.78	72.10	0.04	0.07
0.30	69.00	675.11	0.20	719.16	1.43	2.21	70.55	0.14	0.21
0.50	55.40	365.86	0.20	520.49	1.05	3.26	62.20	0.13	0.34
0.80	52.20	309.89	0.30	337.87	1.01	4.26	53.80	0.16	0.50
1.00	49.20	262.70	0.20	286.30	0.58	4.84	50.70	0.10	0.60
3.00	31.80	77.72	2.00	170.21	3.41	8.25	40.50	0.81	1.41
5.00	22.10	28.15	2.00	52.93	1.06	9.30	26.95	0.54	1.95
8.00	15.80	11.04	3.00	19.59	0.59	9.89	18.95	0.57	2.52
10.00	14.00	7.87	2.00	9.45	0.19	10.08	14.90	0.30	2.82
20.00	10.40	3.44	10.00	5.65	0.57	10.65	12.20	1.22	4.04
30.00	7.58	1.42	10.00	2.43	0.24	10.89	8.99	0.90	4.94
40.00	6.15	0.79	10.00	1.11	0.11	11.00	6.87	0.69	5.62
50.00	5.19	0.49	10.00	0.64	0.06	11.06	5.67	0.57	6.19
60.00	4.38	0.31	10.00	0.40	0.04	11.10	4.79	0.48	6.67
70.00	3.73	0.20	10.00	0.25	0.03	11.13	4.06	0.41	7.07
80.00	3.03	0.11	10.00	0.15	0.02	11.14	3.38	0.34	7.41
90.00	2.34	0.05	10.00	0.08	0.01	11.15	2.69	0.27	7.68
100.0	1.17	0.01	10.00	0.03	0.003	**11.16**	1.76	0.18	**7.86**

4.2.10. Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Valparaíso. En la Figura 4.33 se muestra su ubicación geográfica.

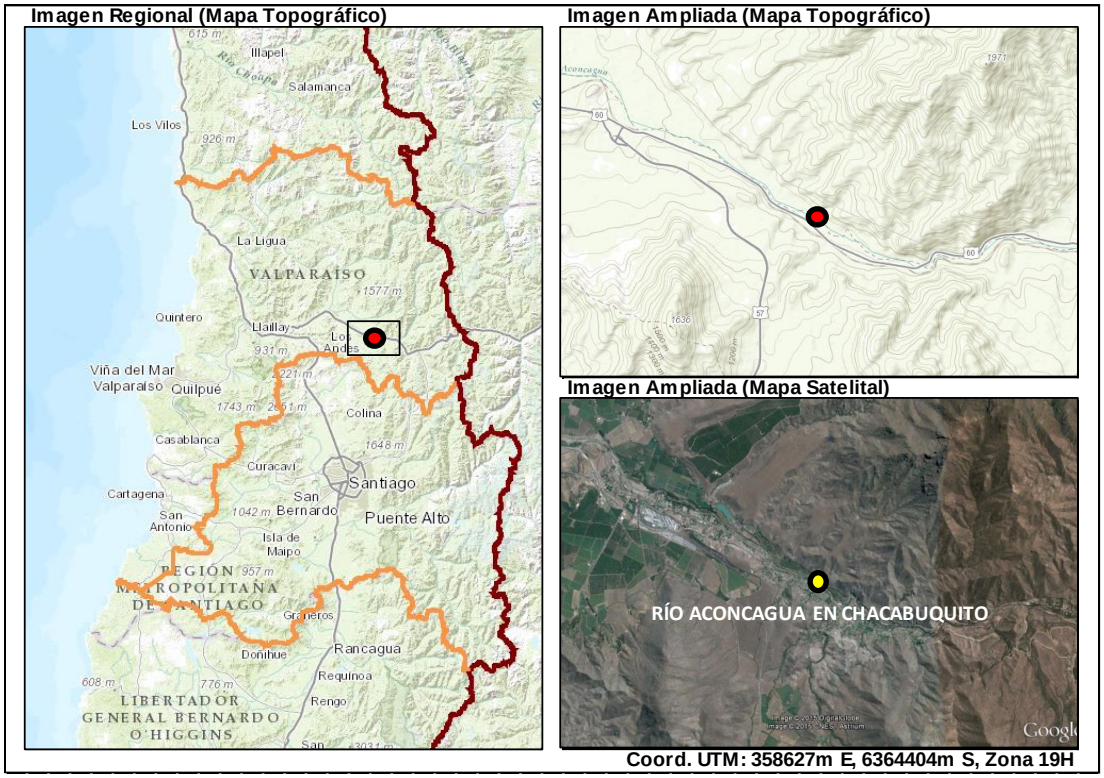


Figura 4.33 – Ubicación geográfica, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.52 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.52 – Antecedentes, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	01/1990	10/2014
	Muestreo Integrado	08/1986	06/1991
		03/1993	12/1996
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1936	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.53.

Tabla 4.53 – Área de Drenaje, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	2 400.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.34, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.21).

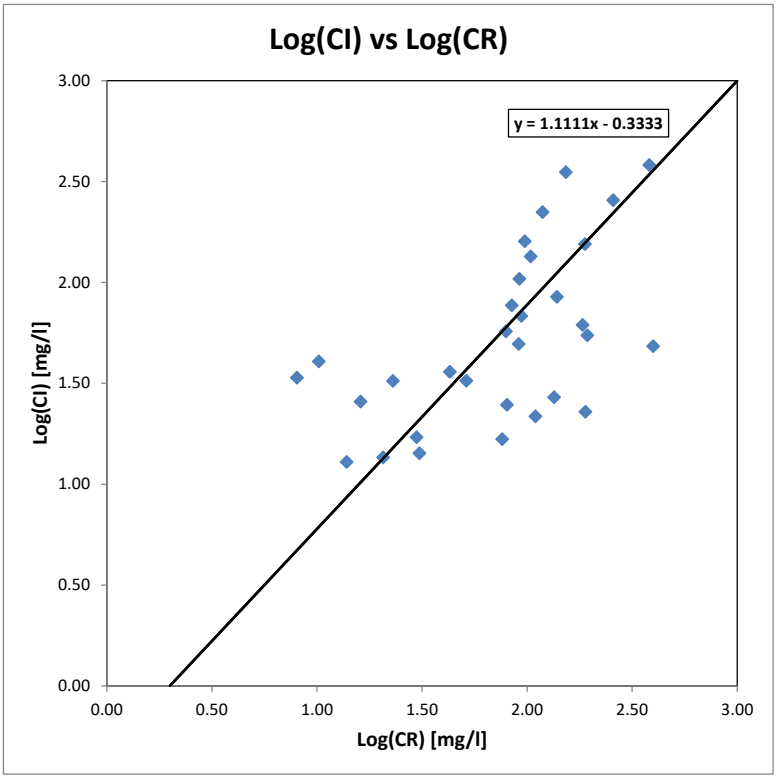


Figura 4.34 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

$$CI = 0.46 \cdot CR^{1.11} \qquad \text{Ec. (4.21)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.54 a continuación.

Tabla 4.54 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	351.8 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.10 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.35, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.22).

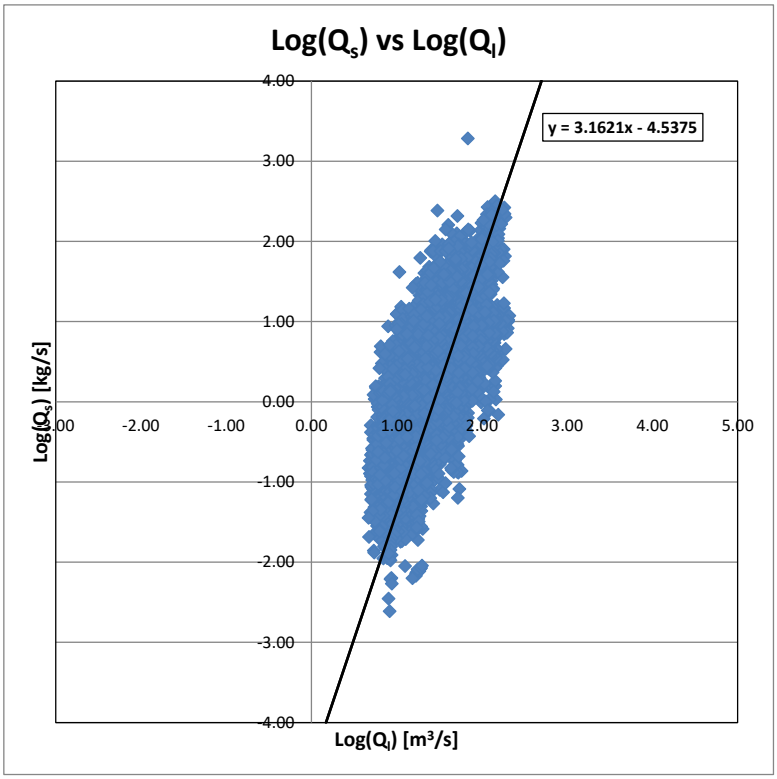


Figura 4.35 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

$$Q_s = 2.90 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{3.16} \qquad \text{Ec. (4.22)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.55 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.56.

Tabla 4.55 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

$\bar{Q}_{s,prom}$	515 449.38	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	33.09	m^3/s

Tabla 4.56 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	351.82	3267.63	0.003	3267.63	0.09	0.09	351.82	0.01	0.01
0.01	319.00	2397.38	0.01	2832.50	0.27	0.36	335.41	0.03	0.04
0.05	270.00	1414.87	0.04	1906.12	0.77	1.13	294.50	0.12	0.16
0.10	245.00	1040.60	0.05	1227.73	0.60	1.72	257.50	0.12	0.28
0.30	208.00	620.08	0.20	830.34	1.68	3.40	226.50	0.46	0.74
0.50	194.00	497.46	0.20	558.77	1.11	4.50	201.00	0.40	1.14
0.80	178.00	378.92	0.30	438.19	1.33	5.83	186.00	0.56	1.70
1.00	168.00	315.61	0.20	347.27	0.69	6.52	173.00	0.34	2.05
3.00	124.00	120.81	2.00	218.21	4.36	10.88	146.00	2.92	4.97
5.00	99.40	60.04	2.00	90.43	1.81	12.69	111.70	2.23	7.20
8.00	77.90	27.78	3.00	43.91	1.32	14.01	88.65	2.66	9.86
10.00	68.80	18.76	2.00	23.27	0.47	14.47	73.35	1.47	11.33
20.00	46.50	5.43	10.00	12.10	1.21	15.68	57.65	5.76	17.09
30.00	34.20	2.06	10.00	3.75	0.37	16.06	40.35	4.04	21.13
40.00	26.30	0.90	10.00	1.48	0.15	16.21	30.25	3.02	24.15
50.00	21.30	0.46	10.00	0.68	0.07	16.27	23.80	2.38	26.53
60.00	17.40	0.24	10.00	0.35	0.04	16.31	19.35	1.94	28.47
70.00	14.40	0.13	10.00	0.19	0.02	16.33	15.90	1.59	30.06
80.00	11.90	0.07	10.00	0.10	0.01	16.34	13.15	1.32	31.37
90.00	9.56	0.04	10.00	0.05	0.01	16.34	10.73	1.07	32.44
100.0	3.34	0.001	9.99	0.02	0.002	**16.34**	6.45	0.64	**33.09**

4.2.11. Estación Río Blanco en Río Blanco

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Valparaíso. En la Figura 4.36 se muestra su ubicación geográfica.

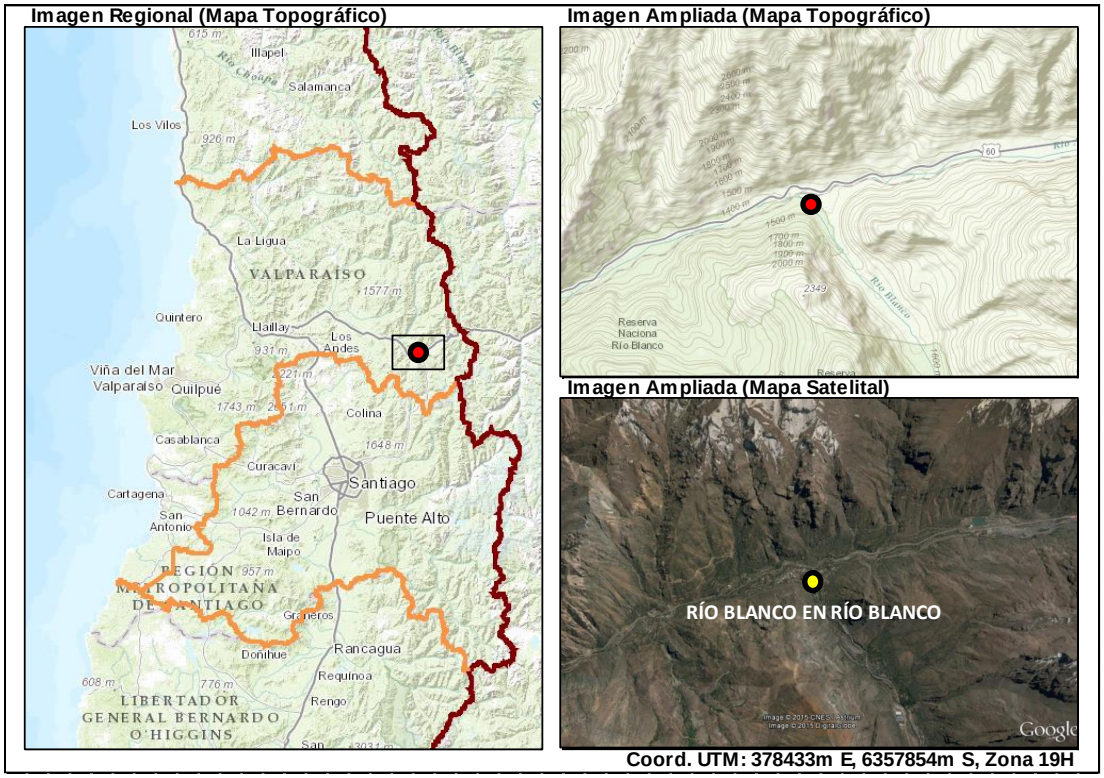


Figura 4.36 – Ubicación geográfica, Estación Río Blanco en Río Blanco
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.57 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.57 – Antecedentes, Estación Río Blanco en Río Blanco
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	03/1966	02/1991
		08/1992	09/1994
	Muestreo Integrado	08/1986	07/1996
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	04/1970	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.58.

Tabla 4.58 – Área de Drenaje, Estación Río Blanco en Río Blanco
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	382.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.37, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.23).

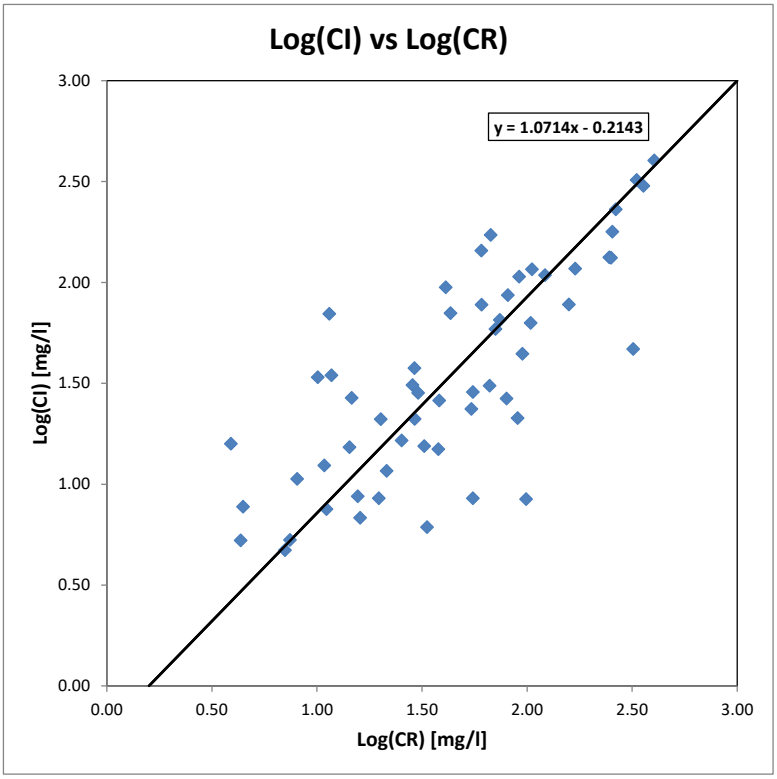


Figura 4.37 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Blanco en Río Blanco

$$CI = 0.61 \cdot CR^{1.07} \qquad \text{Ec. (4.23)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.59 a continuación.

Tabla 4.59 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Blanco en Río Blanco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	111.0 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	95.6 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.11 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.38, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.24).

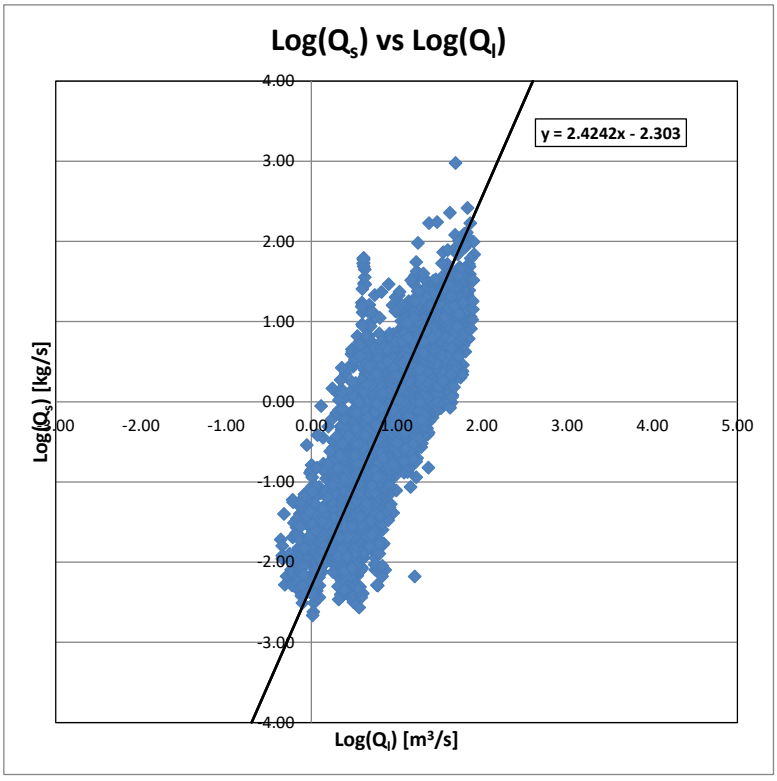


Figura 4.38 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Blanco en Río Blanco

$$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.42} \qquad \text{Ec. (4.24)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.60 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.61.

Tabla 4.60 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Blanco en Río Blanco

$\bar{Q}_{s,prom}$	112 914.70	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	7.86	m^3/s

Tabla 4.61 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Blanco en Río Blanco

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	110.99	452.04	0.003	452.04	0.01	0.01	110.99	0.003	0.003
0.01	95.56	314.47	0.003	383.25	0.01	0.02	103.27	0.003	0.01
0.05	75.30	176.49	0.05	245.48	0.12	0.14	85.43	0.04	0.05
0.10	72.30	159.93	0.05	168.21	0.08	0.22	73.80	0.03	0.08
0.30	62.00	110.18	0.20	135.06	0.27	0.49	67.15	0.14	0.22
0.50	56.00	86.09	0.20	98.14	0.20	0.69	59.00	0.12	0.34
0.81	50.40	66.69	0.30	76.39	0.23	0.92	53.20	0.16	0.50
1.00	47.50	57.76	0.19	62.22	0.12	1.04	48.95	0.10	0.59
3.00	32.70	23.37	2.00	40.56	0.81	1.85	40.10	0.80	1.39
5.00	27.80	15.76	2.00	19.56	0.39	2.24	30.25	0.61	2.00
8.00	23.30	10.27	3.00	13.02	0.39	2.64	25.55	0.77	2.77
10.00	21.10	8.08	2.00	9.18	0.18	2.82	22.20	0.44	3.21
20.00	12.80	2.40	10.00	5.24	0.52	3.34	16.95	1.69	4.90
30.00	7.68	0.70	10.00	1.55	0.16	3.50	10.24	1.02	5.93
40.00	5.12	0.26	10.00	0.48	0.05	3.55	6.40	0.64	6.57
50.00	3.77	0.12	10.00	0.19	0.02	3.57	4.45	0.44	7.01
60.00	2.74	0.06	10.00	0.09	0.01	3.57	3.26	0.33	7.34
70.00	1.85	0.02	10.00	0.04	0.004	3.58	2.30	0.23	7.57
80.00	1.12	0.01	10.00	0.01	0.001	3.58	1.49	0.15	7.72
90.00	0.73	0.002	10.00	0.004	0.0004	3.58	0.93	0.09	7.81
99.99	0.22	0.0001	9.99	0.001	0.0001	**3.58**	0.48	0.05	**7.86**

4.2.12. Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Valparaíso. En la Figura 4.39 se muestra su ubicación geográfica.

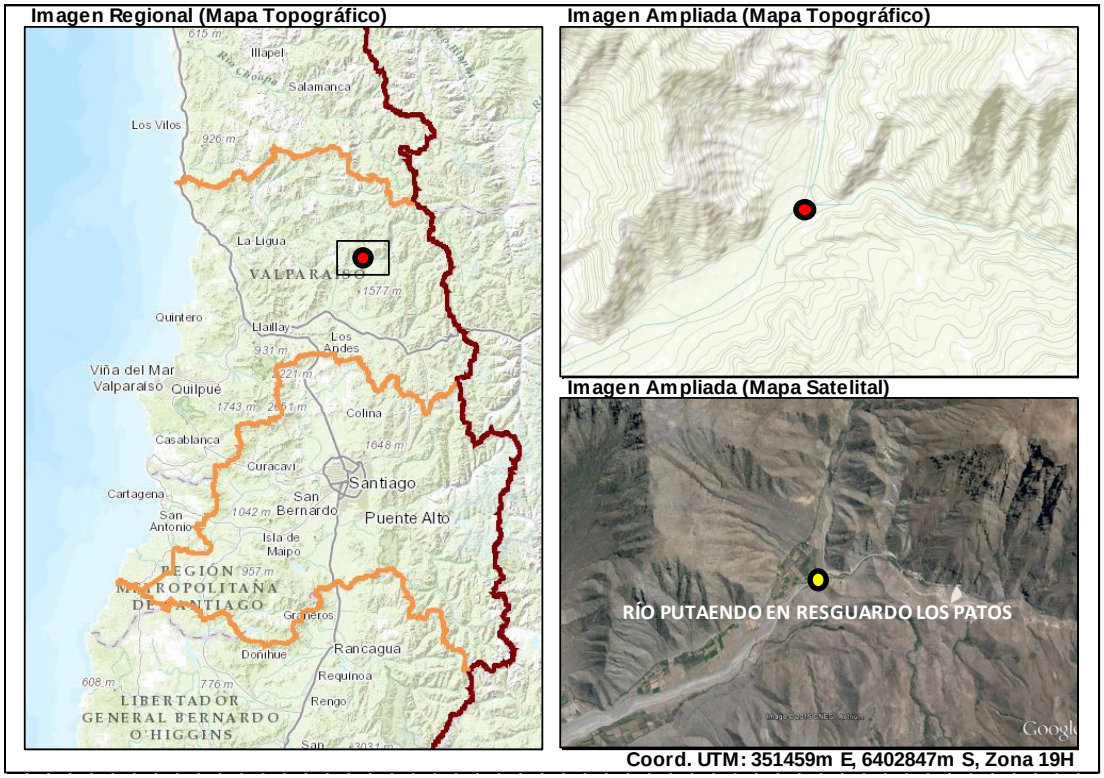


Figura 4.39 – Ubicación geográfica, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.62 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.62 – Antecedentes, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	01/1990	09/2014
	Muestreo Integrado	03/1993	04/1999
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1939	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.63.

Tabla 4.63 – Área de Drenaje, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	927.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.40, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.25).

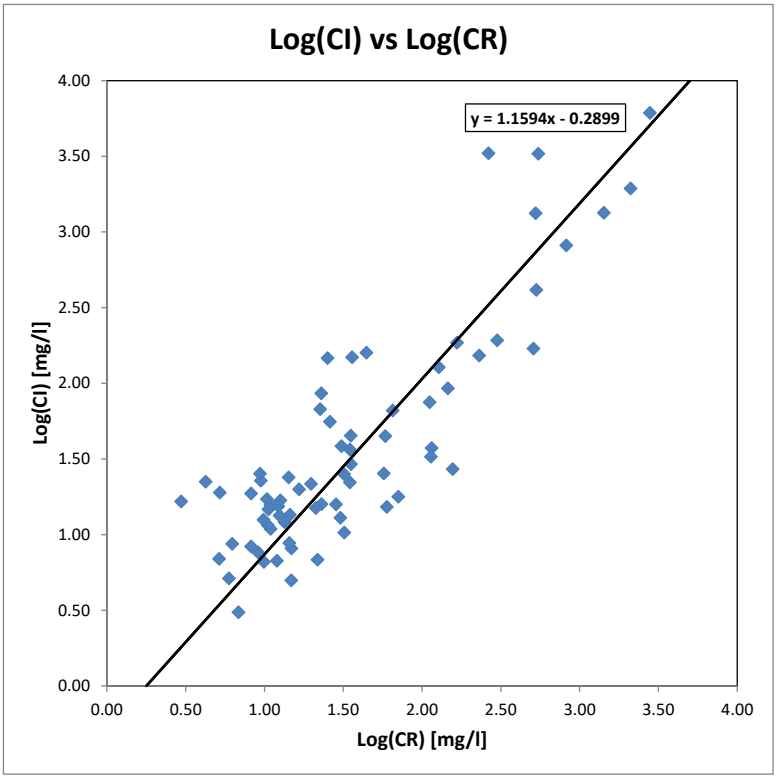


Figura 4.40 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

$$CI = 0.51 \cdot CR^{1.16} \qquad \text{Ec. (4.25)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.64 a continuación.

Tabla 4.64 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	235.7 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.12 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.41, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.26).

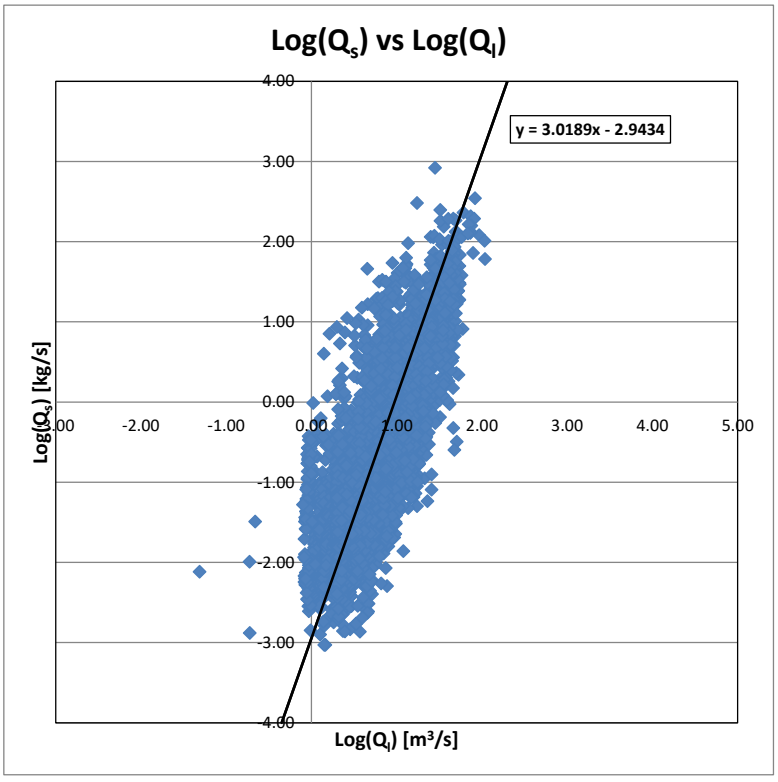


Figura 4.41 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

$$Q_s = 1.14 \cdot 10^{-3} \cdot Q_l^{3.02} \qquad \text{Ec. (4.26)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.65 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.66.

Tabla 4.65 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

$\bar{Q}_{s,prom}$	380 956.75 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	8.27 m^3/s

Tabla 4.66 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	235.72	16543.36	0.003	16543.36	0.45	0.45	235.72	0.01	0.01
0.01	164.00	5533.40	0.01	11038.38	1.01	1.46	199.86	0.02	0.02
0.05	108.00	1567.84	0.04	3550.62	1.41	2.87	136.00	0.05	0.08
0.10	96.60	1119.56	0.05	1343.70	0.69	3.56	102.30	0.05	0.13
0.30	73.40	488.60	0.20	804.08	1.59	5.16	85.00	0.17	0.30
0.50	62.80	305.11	0.20	396.85	0.80	5.96	68.10	0.14	0.44
0.80	56.30	219.39	0.30	262.25	0.78	6.74	59.55	0.18	0.61
1.00	54.00	193.43	0.20	206.41	0.42	7.16	55.15	0.11	0.73
3.00	37.30	63.30	2.00	128.37	2.57	9.73	45.65	0.91	1.64
5.00	28.70	28.69	2.00	46.00	0.92	10.64	33.00	0.66	2.30
8.00	21.70	12.34	3.00	20.52	0.62	11.26	25.20	0.76	3.05
10.00	18.60	7.75	2.00	10.04	0.20	11.46	20.15	0.40	3.46
20.00	10.70	1.46	10.00	4.60	0.46	11.92	14.65	1.47	4.92
30.00	7.27	0.45	10.00	0.96	0.10	12.02	8.99	0.90	5.82
40.00	5.47	0.19	10.00	0.32	0.03	12.05	6.37	0.64	6.46
50.00	4.33	0.10	10.00	0.14	0.01	12.06	4.90	0.49	6.95
60.00	3.63	0.06	10.00	0.08	0.01	12.07	3.98	0.40	7.35
70.00	3.04	0.03	10.00	0.04	0.004	12.08	3.34	0.33	7.68
80.00	2.48	0.02	10.00	0.03	0.003	12.08	2.76	0.28	7.96
90.00	1.85	0.01	10.00	0.01	0.001	12.08	2.17	0.22	8.17
100.0	0.05	1.27E-07	9.99	0.004	0.0004	**12.08**	0.95	0.09	**8.27**

4.2.13. Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región Metropolitana. En la Figura 4.42 se muestra su ubicación geográfica.

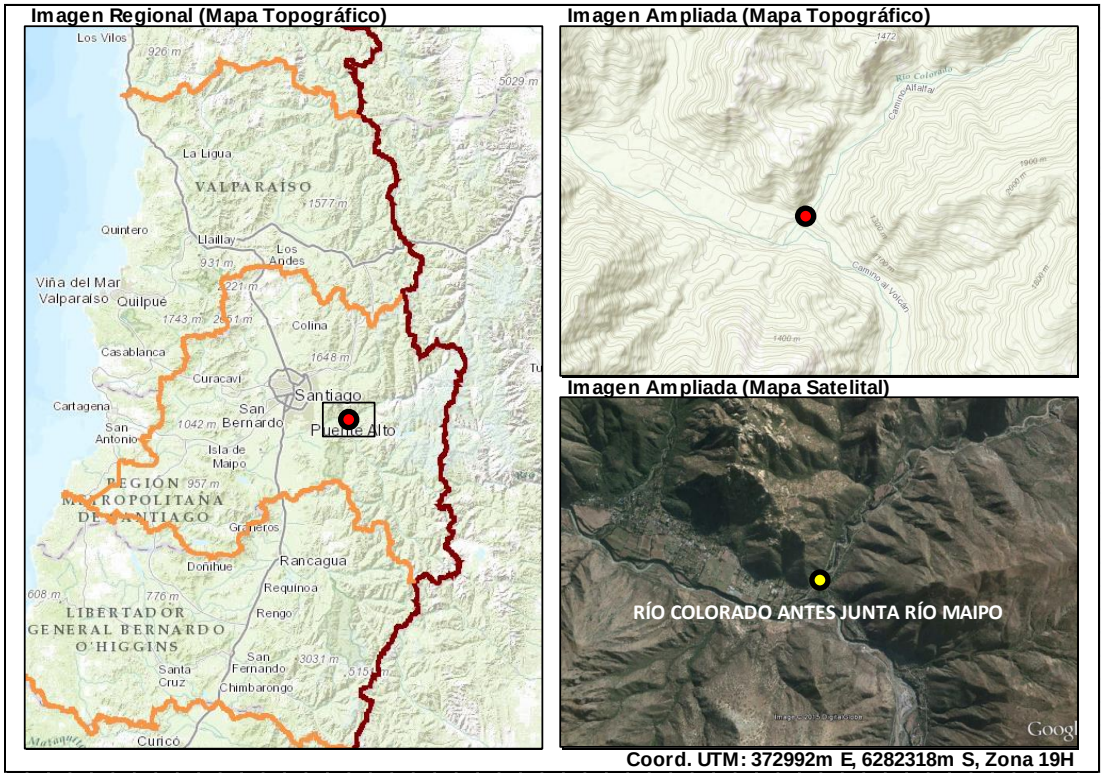


Figura 4.42 – Ubicación geográfica, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.67 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.67 – Antecedentes, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	05/1985	06/1990
		06/1993	11/1997
		05/1999	05/1999
		11/2003	01/2009
	Muestreo Integrado	09/1985	05/1990
		02/1993	11/2007
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	07/1940	06/1953
		07/1954	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.68.

Tabla 4.68 – Área de Drenaje, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	1 713.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.43, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.27).

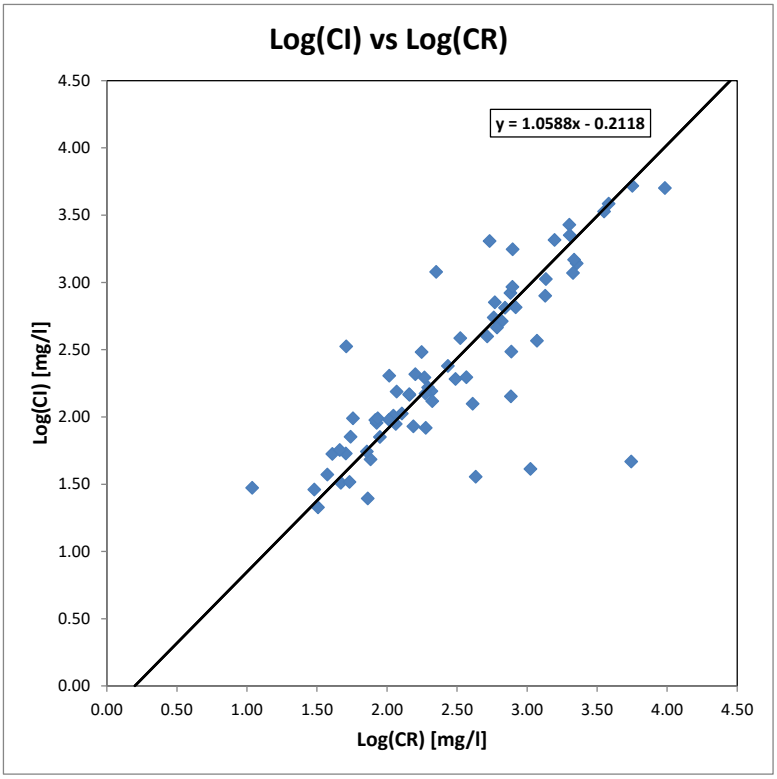


Figura 4.43 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

$$CI = 0.61 \cdot CR^{1.06} \qquad \text{Ec. (4.27)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.69 a continuación.

Tabla 4.69 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	143.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.13 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.44, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.28).

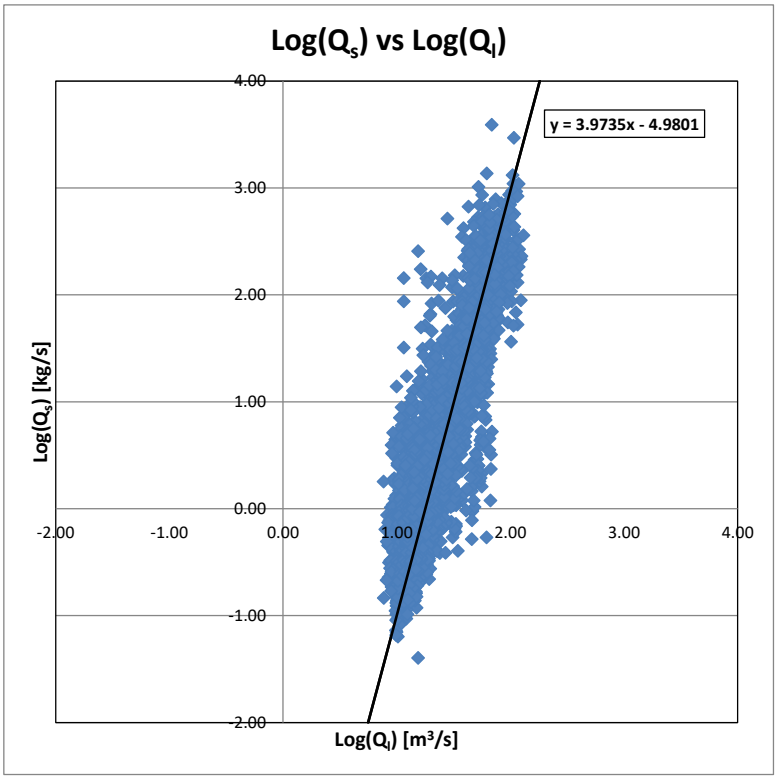


Figura 4.44 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

$$Q_s = 1.05 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{3.97} \qquad \text{Ec. (4.28)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.70 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.71.

Tabla 4.70 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

$\bar{Q}_{s,prom}$	2 009 286.97 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	30.40 m^3/s

Tabla 4.71 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	143.91	3935.88	0.003	3935.88	0.11	0.11	143.91	0.004	0.004
0.01	135.00	3053.38	0.010	3494.63	0.35	0.46	139.45	0.01	0.02
0.05	127.00	2395.32	0.04	2724.35	1.04	1.50	131.00	0.05	0.07
0.10	124.00	2178.27	0.05	2286.79	1.16	2.66	125.50	0.06	0.13
0.30	116.00	1671.18	0.20	1924.72	3.84	6.50	120.00	0.24	0.37
0.50	112.00	1453.68	0.20	1562.43	3.12	9.62	114.00	0.23	0.60
0.80	107.00	1212.43	0.30	1333.05	4.02	13.64	109.50	0.33	0.93
1.00	104.00	1082.88	0.20	1147.66	2.29	15.93	105.50	0.21	1.14
3.00	85.30	492.64	2.00	787.76	15.75	31.68	94.65	1.89	3.03
5.00	75.20	298.57	2.00	395.60	7.91	39.59	80.25	1.60	4.64
8.00	66.60	184.28	3.00	241.43	7.25	46.84	70.90	2.13	6.76
10.00	62.10	139.56	2.00	161.92	3.24	50.08	64.35	1.29	8.05
20.00	45.50	40.55	10.00	90.05	9.00	59.08	53.80	5.38	13.43
30.00	35.70	15.47	10.00	28.01	2.80	61.88	40.60	4.06	17.49
40.00	28.10	5.97	10.00	10.72	1.07	62.95	31.90	3.19	20.68
50.00	22.20	2.34	10.00	4.16	0.42	63.37	25.15	2.52	23.20
60.00	18.50	1.14	10.00	1.74	0.17	63.54	20.35	2.03	25.23
70.00	15.80	0.61	10.00	0.87	0.09	63.63	17.15	1.72	26.95
80.00	13.80	0.35	10.00	0.48	0.05	63.68	14.80	1.48	28.43
90.00	11.80	0.19	10.00	0.27	0.03	63.70	12.80	1.28	29.71
100.0	2.13	0.0002	9.99	0.10	0.01	**63.71**	6.97	0.70	**30.40**

4.2.14. Estación Río Maipo en El Manzano

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región Metropolitana. En la Figura 4.45 se muestra su ubicación geográfica.

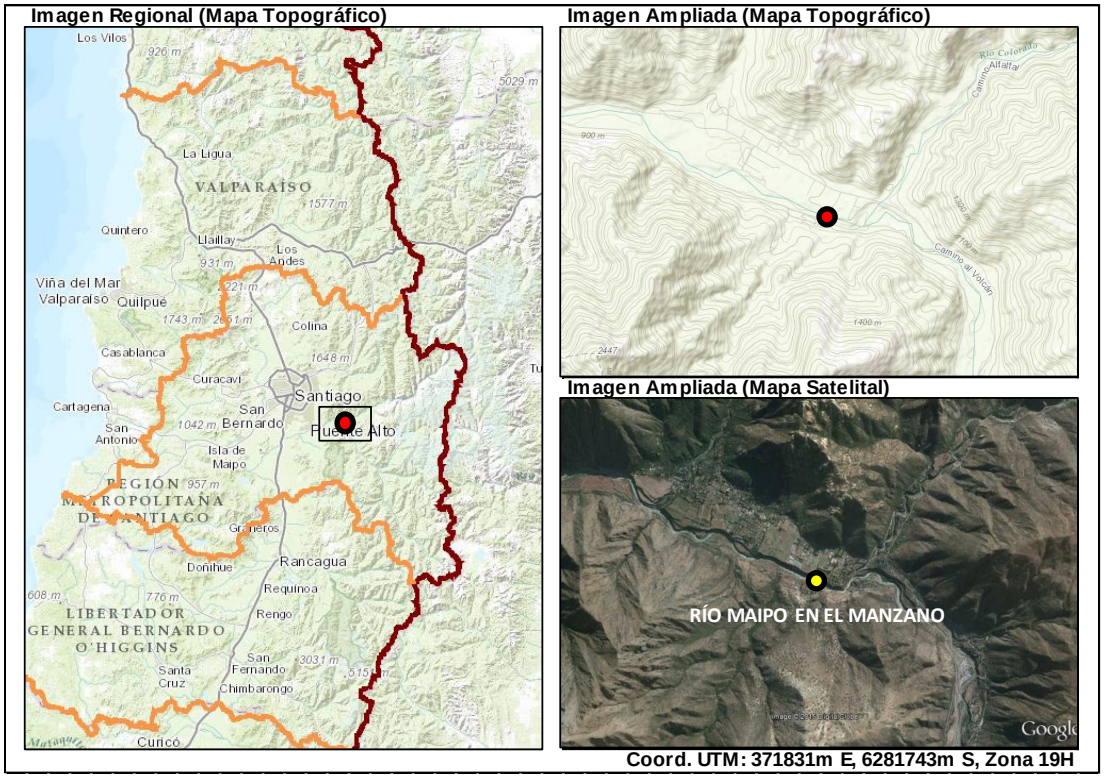


Figura 4.45 – Ubicación geográfica, Estación Río Maipo en El Manzano
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.72 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.72 – Antecedentes, Estación Río Maipo en El Manzano
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	01/1966	01/1973
		01/1993	11/2014
	Muestreo Integrado	09/1985	06/1990
		04/1993	04/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	11/1946	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.73.

Tabla 4.73 – Área de Drenaje, Estación Río Maipo en El Manzano
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	4 968.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.46, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.29).

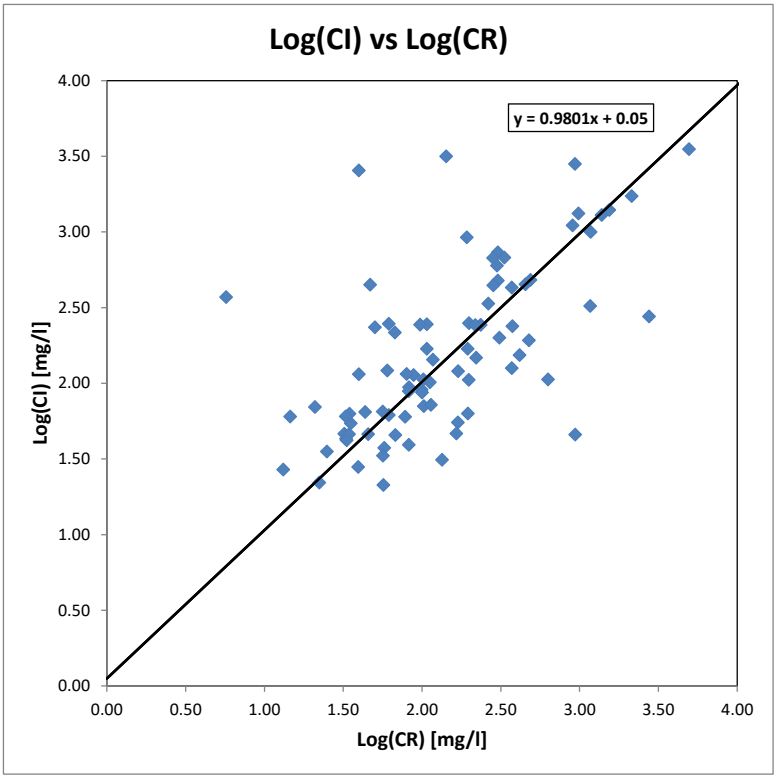


Figura 4.46 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Maipo en El Manzano

$$CI = 1.12 \cdot CR^{0.98} \qquad \text{Ec. (4.29)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.14 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.47, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.30).

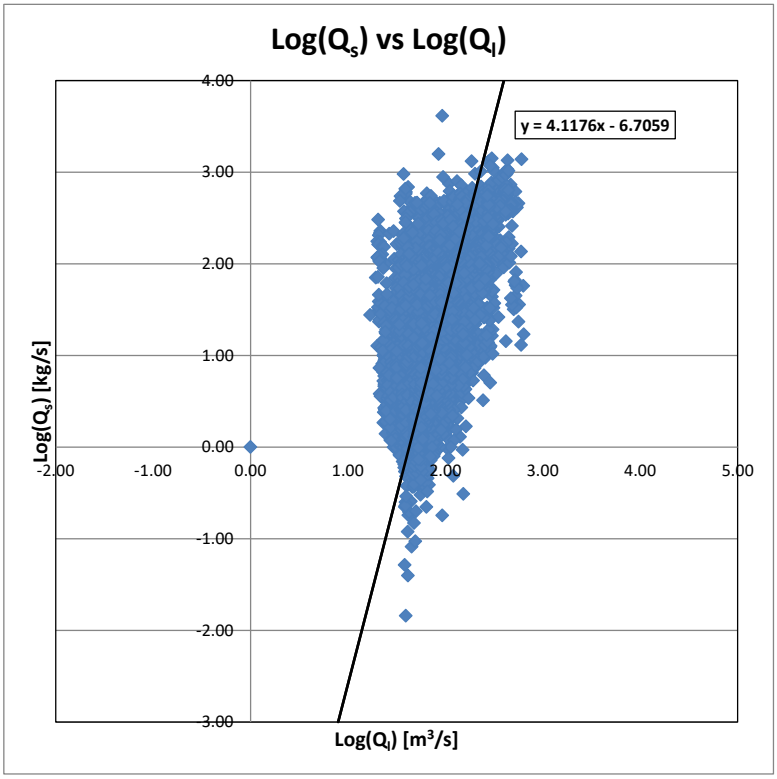


Figura 4.47 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Maipo en El Manzano

$$Q_s = 1.97 \cdot 10^{-7} \cdot {Q_l}^{4.12} \qquad \text{Ec. (4.30)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.74 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.75.

Tabla 4.74 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Maipo en El Manzano

$\bar{Q}_{s,prom}$	23 259 734.81	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	108.55	m^3/s

Tabla 4.75 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Maipo en El Manzano

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.005	1135.00	747052.2	0.005	747052.2	33.93	33.93	1135.00	0.05	0.05
0.01	775.00	155270.4	0.005	451161.3	20.49	54.42	955.00	0.04	0.09
0.05	705.00	105148.6	0.05	130209.5	59.14	113.56	740.00	0.34	0.43
0.10	634.00	67917.66	0.05	86533.13	43.23	156.79	669.50	0.33	0.77
0.30	528.00	31975.51	0.20	49946.58	99.81	256.60	581.00	1.16	1.93
0.50	485.00	22537.73	0.20	27256.62	54.47	311.07	506.50	1.01	2.94
0.80	435.00	14399.37	0.30	18468.55	55.36	366.43	460.00	1.38	4.32
1.00	416.00	11980.60	0.20	13189.98	26.36	392.79	425.50	0.85	5.17
3.00	313.00	3713.24	2.00	7846.92	156.81	549.60	364.50	7.28	12.45
5.00	273.00	2114.67	2.00	2913.96	58.23	607.83	293.00	5.86	18.31
8.00	228.00	1007.24	3.00	1560.96	46.86	654.69	250.50	7.52	25.83
10.00	208.00	690.17	2.00	848.71	16.96	671.65	218.00	4.36	30.18
20.00	151.00	184.61	10.00	437.39	43.74	715.39	179.50	17.95	48.14
30.00	119.00	69.24	10.00	126.93	12.69	728.09	135.00	13.50	61.64
40.00	97.70	30.74	10.00	49.99	5.00	733.09	108.35	10.84	72.47
50.00	81.40	14.50	10.00	22.62	2.26	735.35	89.55	8.95	81.42
60.00	69.50	7.56	10.00	11.03	1.10	736.45	75.45	7.55	88.97
70.00	59.60	4.02	10.00	5.79	0.58	737.03	64.55	6.46	95.43
80.00	52.10	2.31	10.00	3.16	0.32	737.35	55.85	5.59	101.01
90.00	42.40	0.99	10.00	1.65	0.16	737.51	47.25	4.73	105.74
100.0	14.00	0.01	9.99	0.50	0.05	**737.56**	28.20	2.82	**108.55**

4.2.15. Estación Río Mapocho en Los Almendros

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región Metropolitana. En la Figura 4.48 se muestra su ubicación geográfica.

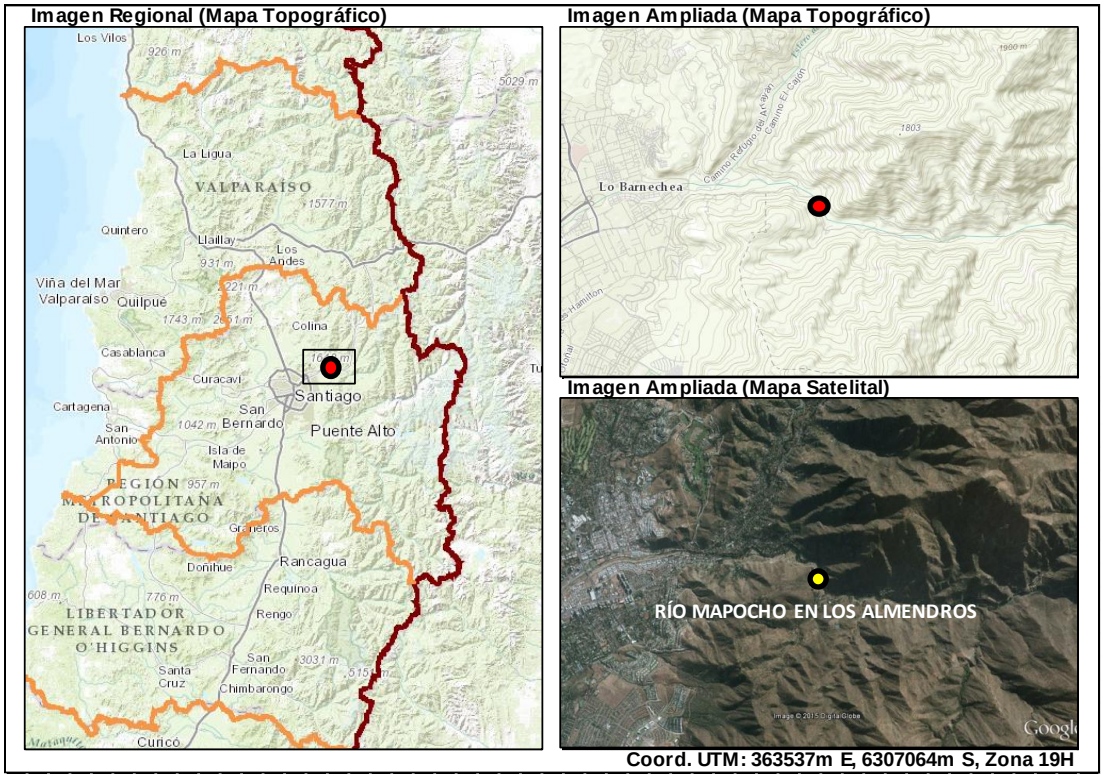


Figura 4.48 – Ubicación geográfica, Estación Río Mapocho en Los Almendros
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.76 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.76 – Antecedentes, Estación Río Mapocho en Los Almendros
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	01/1993	05/2010
		09/2011	12/2014
	Muestreo Integrado	05/1987	06/1990
		04/1993	10/2007
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	08/1948	10/1969
		01/1972	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.77.

Tabla 4.77 – Área de Drenaje, Estación Río Mapocho en Los Almendros
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	620.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.49, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.31).

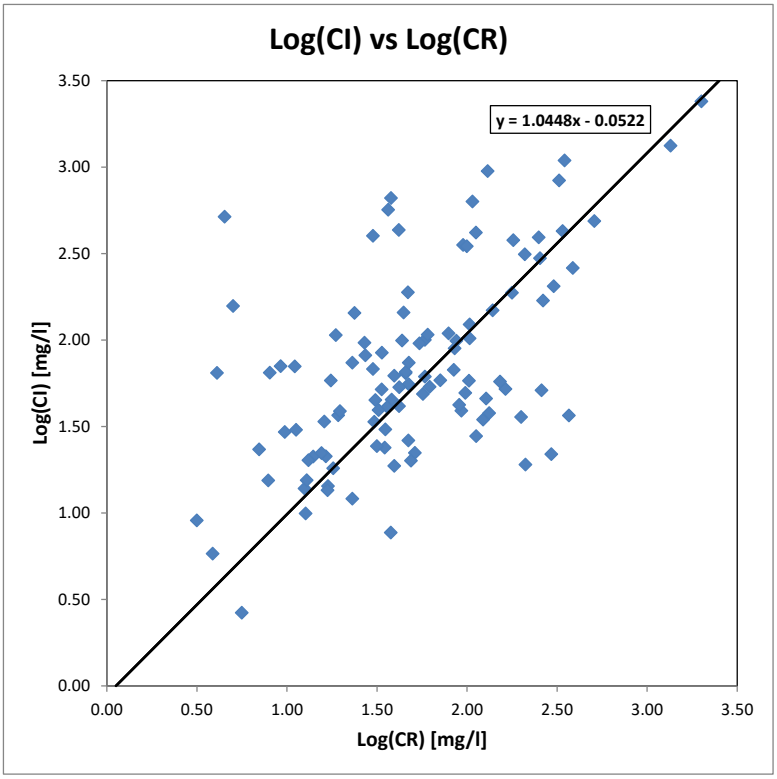


Figura 4.49 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Mapocho en Los Almendros

$$CI = 0.89 \cdot CR^{1.04} \qquad \text{Ec. (4.31)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.78 a continuación.

Tabla 4.78 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho en Los Almendros

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	305.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.15 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.50, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.32).

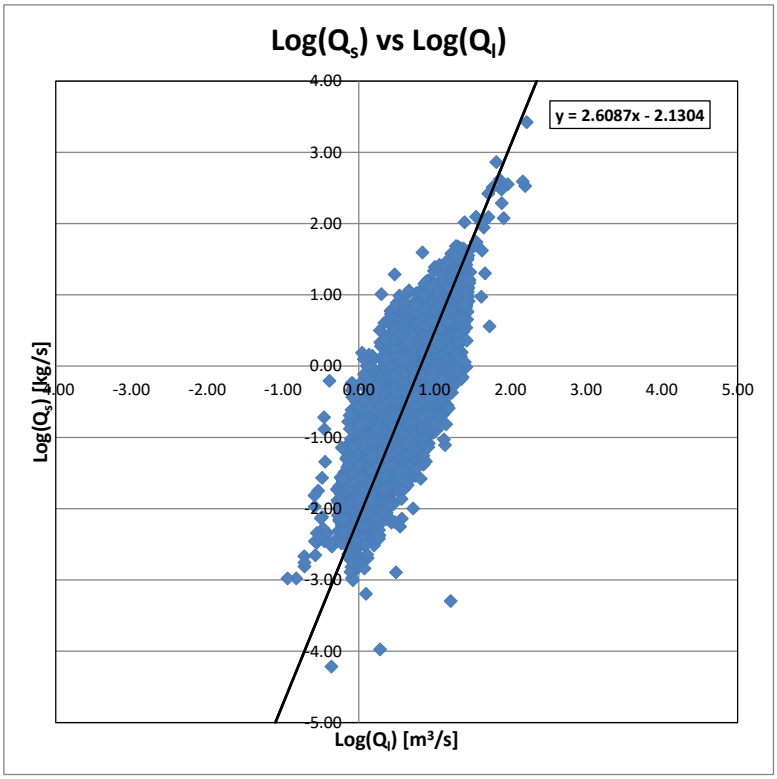


Figura 4.50 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Mapocho en Los Almendros

$$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.61} \qquad \text{Ec. (4.32)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.79 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.80.

Tabla 4.79 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho en Los Almendros

$\bar{Q}_{s,prom}$	239 934.74 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	6.52 m^3/s

Tabla 4.80 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho en Los Almendros

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	305.91	22581.94	0.003	22581.94	0.62	0.62	305.91	0.01	0.01
0.01	165.00	4511.81	0.01	13546.87	0.94	1.56	235.45	0.02	0.02
0.05	93.30	1019.60	0.04	2765.70	1.20	2.76	129.15	0.06	0.08
0.10	77.10	619.95	0.05	819.78	0.40	3.15	85.20	0.04	0.12
0.30	50.00	200.31	0.20	410.13	0.83	3.98	63.55	0.13	0.25
0.50	40.80	117.85	0.20	159.08	0.31	4.30	45.40	0.09	0.34
0.80	34.30	74.94	0.30	96.40	0.29	4.59	37.55	0.11	0.45
1.00	32.40	64.59	0.20	69.77	0.14	4.73	33.35	0.07	0.52
3.00	24.00	29.52	2.00	47.06	0.94	5.67	28.20	0.56	1.08
5.00	19.90	18.11	2.00	23.82	0.48	6.14	21.95	0.44	1.52
8.00	16.30	10.76	3.00	14.44	0.43	6.58	18.10	0.54	2.07
10.00	14.50	7.93	2.00	9.35	0.19	6.76	15.40	0.31	2.37
20.00	9.12	2.37	10.00	5.15	0.51	7.28	11.81	1.18	3.55
30.00	6.57	1.01	10.00	1.69	0.17	7.45	7.85	0.78	4.34
40.00	5.06	0.51	10.00	0.76	0.08	7.52	5.82	0.58	4.92
50.00	3.99	0.27	10.00	0.39	0.04	7.56	4.53	0.45	5.37
60.00	3.27	0.16	10.00	0.22	0.02	7.58	3.63	0.36	5.74
70.00	2.58	0.09	10.00	0.13	0.01	7.60	2.93	0.29	6.03
80.00	2.06	0.05	10.00	0.07	0.01	7.60	2.32	0.23	6.26
90.00	1.53	0.02	10.00	0.04	0.004	7.61	1.80	0.18	6.44
100.0	0.12	0.00003	10.00	0.01	0.001	**7.61**	0.82	0.08	**6.52**

4.2.16. Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región Metropolitana. En la Figura 4.51 se muestra su ubicación geográfica.

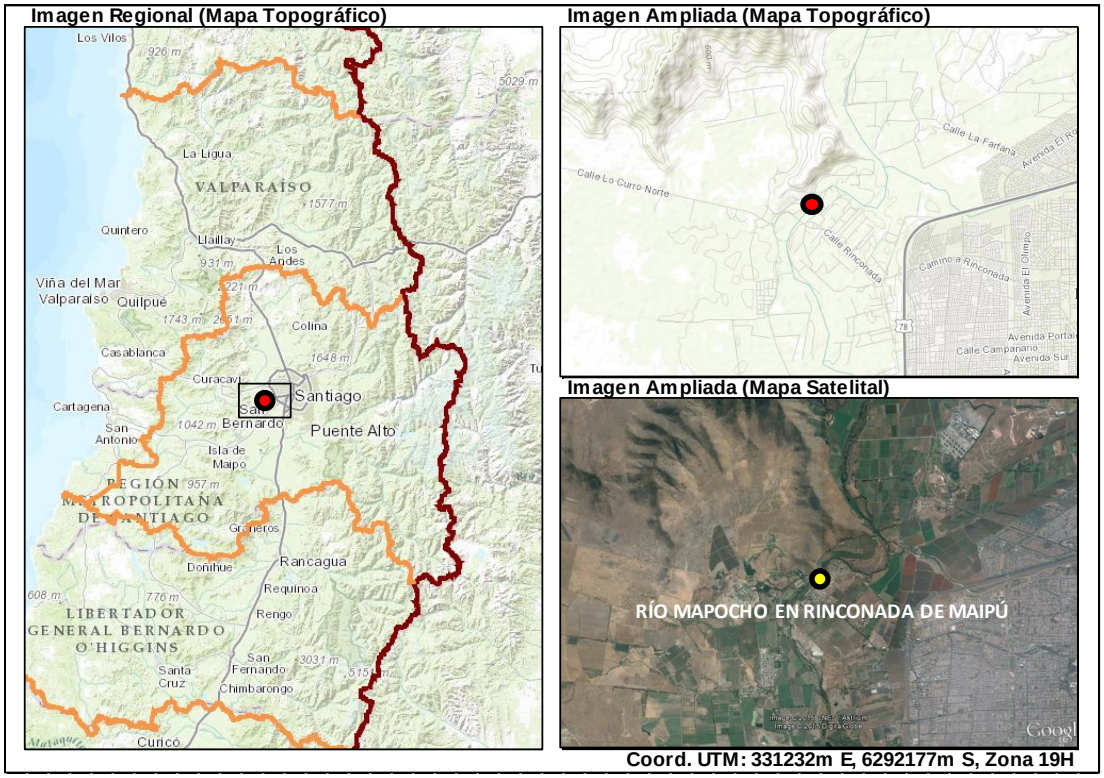


Figura 4.51 – Ubicación geográfica, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.81 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.81 – Antecedentes, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	02/1993	12/2014
	Muestreo Integrado	09/1985	06/1990
		02/1993	10/2007
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	10/1959	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.82.

Tabla 4.82 – Área de Drenaje, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	4 068.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.52, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.33).

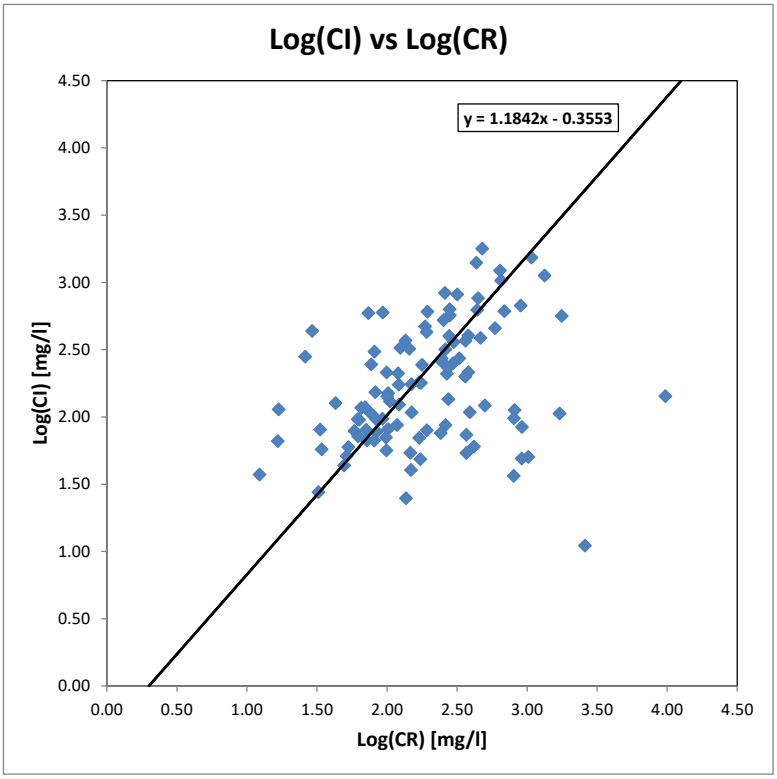


Figura 4.52 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

$$CI = 0.44 \cdot CR^{1.18} \qquad \text{Ec. (4.33)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.83 a continuación.

Tabla 4.83 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1215.7 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.16 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.53, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.34).

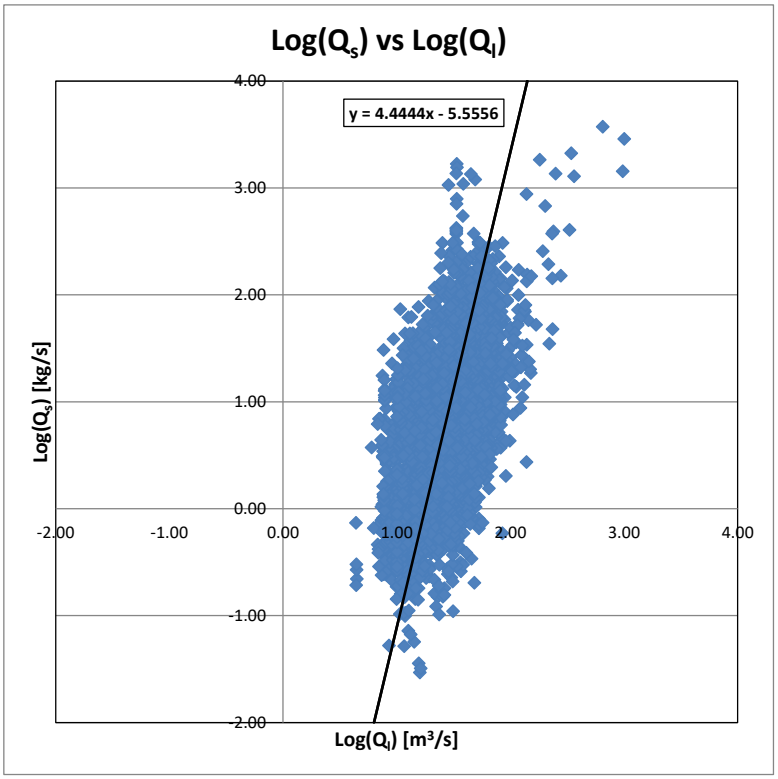


Figura 4.53 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

$$Q_s = 2.78 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{4.44} \qquad \text{Ec. (4.34)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.84 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.85.

Tabla 4.84 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

$\bar{Q}_{s,prom}$	648 691 583.44	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	28.61	m^3/s

Tabla 4.85 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1215.74	142779365	0.003	142779365	3911.76	3911.76	1215.74	0.03	0.03
0.02	653.00	9015714	0.02	75897540	14330.01	18241.77	934.37	0.18	0.21
0.05	412.00	1164258	0.03	5089986	1650.72	19892.49	532.50	0.17	0.38
0.10	291.00	248271.0	0.05	706264.4	343.57	20236.06	351.50	0.17	0.55
0.30	149.00	12673.86	0.20	130472.4	260.93	20496.99	220.00	0.44	0.99
0.50	120.00	4842.99	0.20	8758.42	17.52	20514.50	134.50	0.27	1.26
0.81	97.90	1959.90	0.30	3401.44	10.30	20524.80	108.95	0.33	1.59
1.01	91.00	1416.33	0.20	1688.12	3.38	20528.18	94.45	0.19	1.78
3.01	66.90	360.85	2.00	888.59	17.77	20545.95	78.95	1.58	3.36
5.01	59.50	214.32	2.00	287.58	5.75	20551.70	63.20	1.26	4.62
8.00	52.60	123.92	3.00	169.12	5.07	20556.77	56.05	1.68	6.31
10.00	49.10	91.25	2.00	107.59	2.15	20558.92	50.85	1.02	7.32
20.00	39.00	32.79	10.00	62.02	6.20	20565.12	44.05	4.40	11.73
30.00	33.00	15.61	10.00	24.20	2.42	20567.54	36.00	3.60	15.33
40.00	28.40	8.01	10.00	11.81	1.18	20568.72	30.70	3.07	18.40
50.00	24.50	4.15	10.00	6.08	0.61	20569.33	26.45	2.64	21.04
60.00	20.80	2.01	10.00	3.08	0.31	20569.64	22.65	2.26	23.31
70.00	17.30	0.88	10.00	1.45	0.14	20569.79	19.05	1.90	25.21
80.00	14.20	0.37	10.00	0.63	0.06	20569.85	15.75	1.57	26.79
90.00	10.30	0.09	10.00	0.23	0.02	20569.87	12.25	1.22	28.01
99.99	1.60	0.00002	9.99	0.04	0.004	**20569.88**	5.95	0.59	**28.61**

4.2.17. Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. En la Figura 4.54 se muestra su ubicación geográfica.

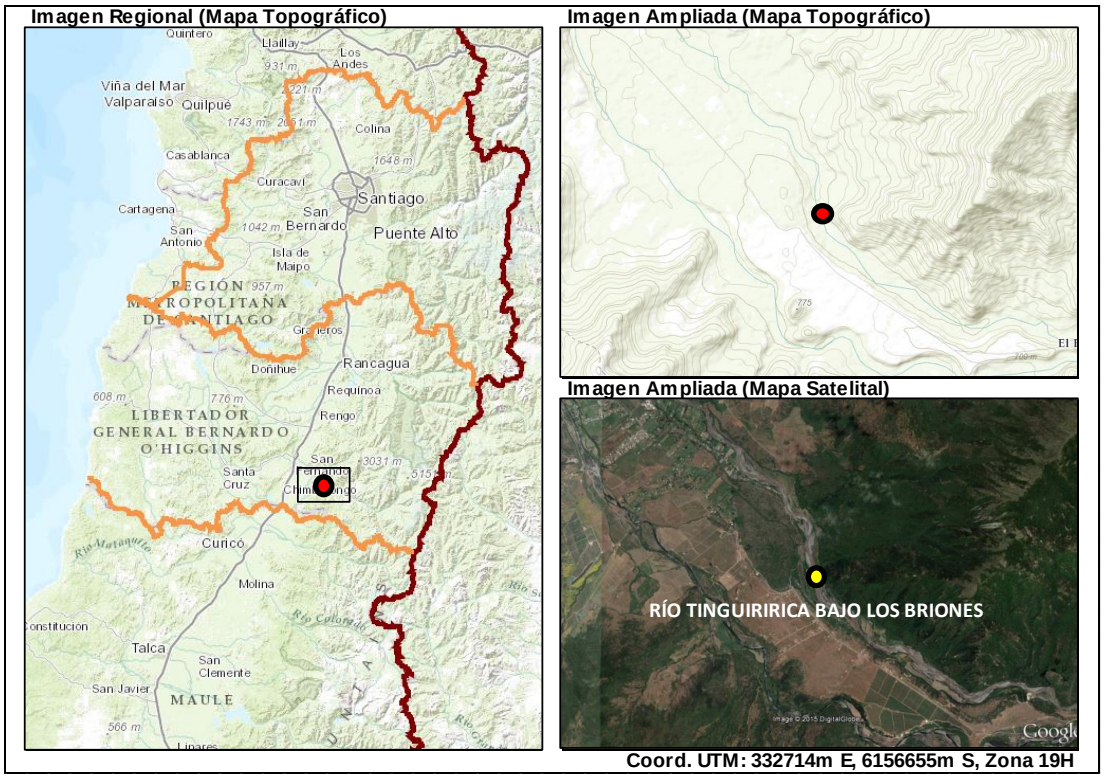


Figura 4.54 – Ubicación geográfica, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.86 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.86 – Antecedentes, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	08/1989	04/1990
		02/1993	10/2008
	Muestreo Integrado	08/1989	04/1990
		02/1994	11/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1937	11/1941
		10/1947	03/1982
		12/1984	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.87.

Tabla 4.87 – Área de Drenaje, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	1 441.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.55, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.35).

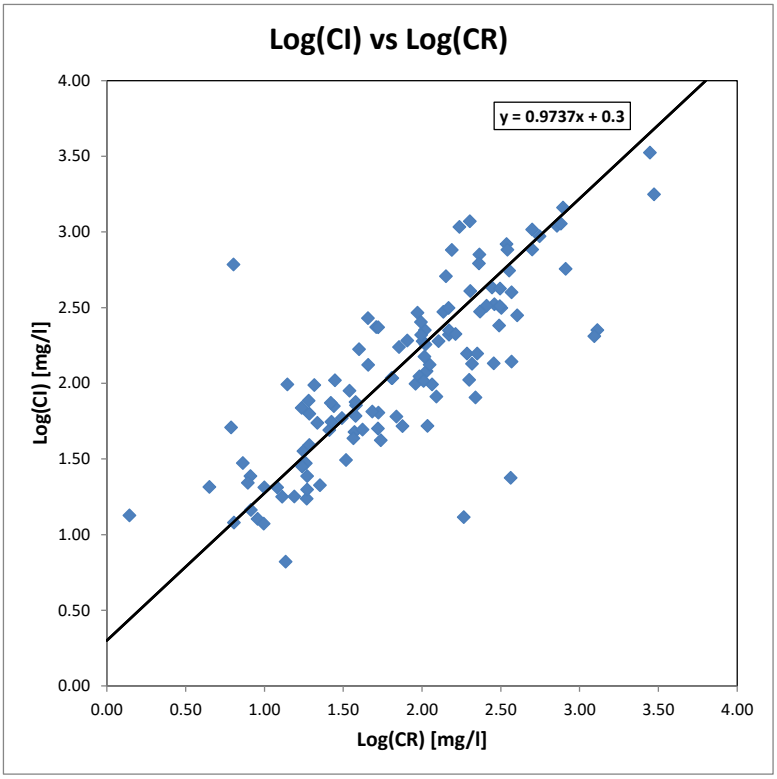


Figura 4.55 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

$$CI = 2.00 \cdot CR^{0.97} \qquad \text{Ec. (4.35)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.88 a continuación.

Tabla 4.88 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	847.1 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.17 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.56, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.36).

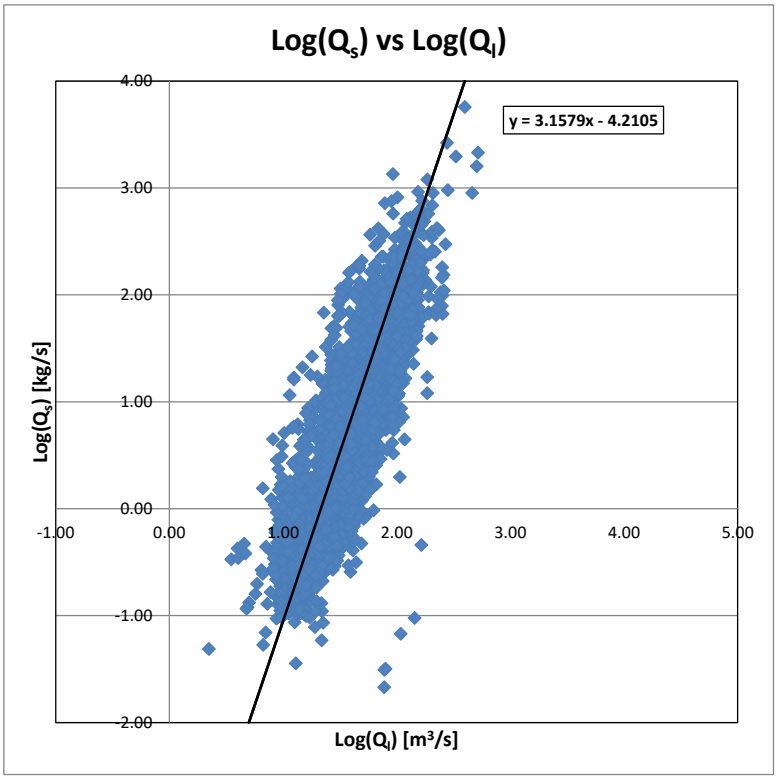


Figura 4.56 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

$$Q_s = 6.16 \cdot 10^{-5} \cdot Q_l^{3.16} \qquad \text{Ec. (4.36)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.89 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.90.

Tabla 4.89 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

$\bar{Q}_{s,prom}$	3 022 922.10	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	50.44	m^3/s

Tabla 4.90 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	847.05	108528.7	0.003	108528.7	2.97	2.97	847.05	0.02	0.02
0.014	625.00	41553.68	0.011	75041.18	8.20	11.17	736.03	0.08	0.10
0.05	468.00	16667.46	0.036	29110.57	10.60	21.77	546.50	0.20	0.30
0.1	399.00	10071.92	0.05	13369.69	6.70	28.47	433.50	0.22	0.52
0.3	259.00	2573.12	0.2	6322.52	12.67	41.14	329.00	0.66	1.18
0.5	219.00	1514.92	0.2	2044.02	4.10	45.23	239.00	0.48	1.66
0.8	186.00	904.47	0.3	1209.69	3.64	48.87	202.50	0.61	2.27
1.0	180.00	815.50	0.2	859.99	1.72	50.59	183.00	0.37	2.63
3.0	144.00	403.08	2.0	609.29	12.18	62.77	162.00	3.24	5.87
5.0	127.00	271.08	2.0	337.08	6.75	69.52	135.50	2.71	8.59
8.0	109.00	167.30	3.0	219.19	6.57	76.09	118.00	3.54	12.12
10.0	101.00	131.51	2.0	149.40	2.99	79.09	105.00	2.10	14.23
20.0	75.70	52.91	10.0	92.21	9.22	88.31	88.35	8.83	23.06
30.0	59.80	25.13	10.0	39.02	3.90	92.21	67.75	6.77	29.83
40.0	47.20	11.90	10.0	18.51	1.85	94.06	53.50	5.35	35.18
50.0	38.70	6.36	10.0	9.13	0.91	94.97	42.95	4.29	39.48
60.0	31.20	3.22	10.0	4.79	0.48	95.45	34.95	3.49	42.97
70.0	24.40	1.48	10.0	2.35	0.24	95.69	27.80	2.78	45.75
80.0	19.10	0.68	10.0	1.08	0.11	95.79	21.75	2.17	47.93
90.0	14.50	0.29	10.0	0.49	0.05	95.84	16.80	1.68	49.61
100.0	2.23	0.001	10.0	0.14	0.01	**95.86**	8.37	0.84	**50.44**

4.2.18. Estación Río Loncomilla en Las Brisas

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Maule. En la Figura 4.57 se muestra su ubicación geográfica.

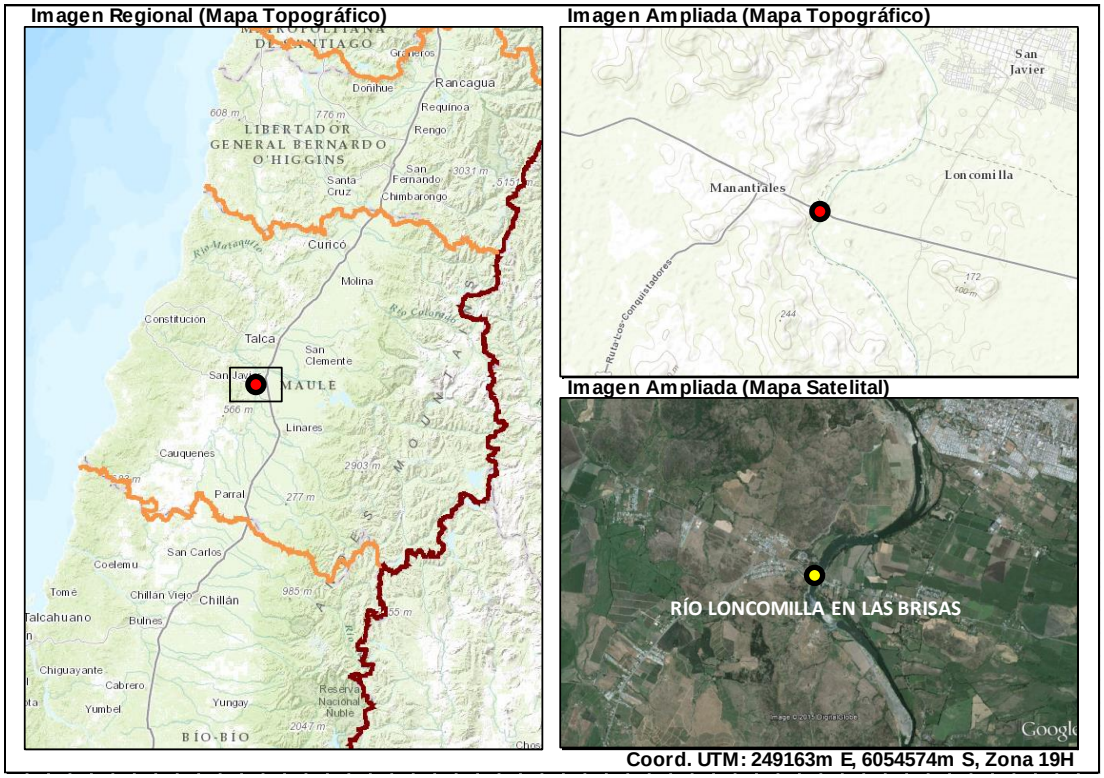


Figura 4.57 – Ubicación geográfica, Estación Río Loncomilla en Las Brisas
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.91 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.91 – Antecedentes, Estación Río Loncomilla en Las Brisas
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	06/1985	09/2008
	Muestreo Integrado	06/1985	08/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1975	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.92.

Tabla 4.92 – Área de Drenaje, Estación Río Loncomilla en Las Brisas
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	10 046.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.58, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.37).

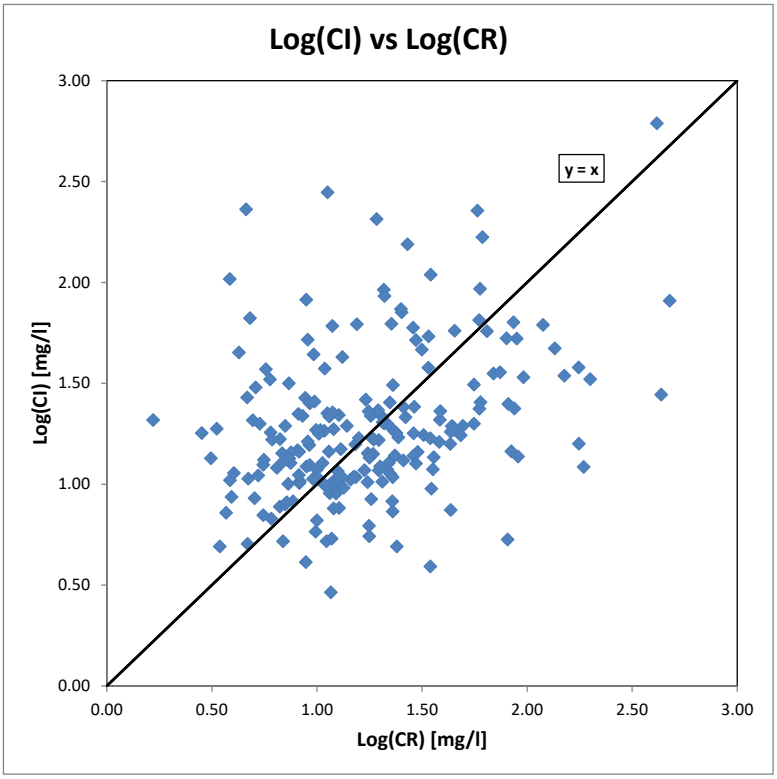


Figura 4.58 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.37)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.93 a continuación.

Tabla 4.93 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	8590.5 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	7642.2 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.18 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.59, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.38).

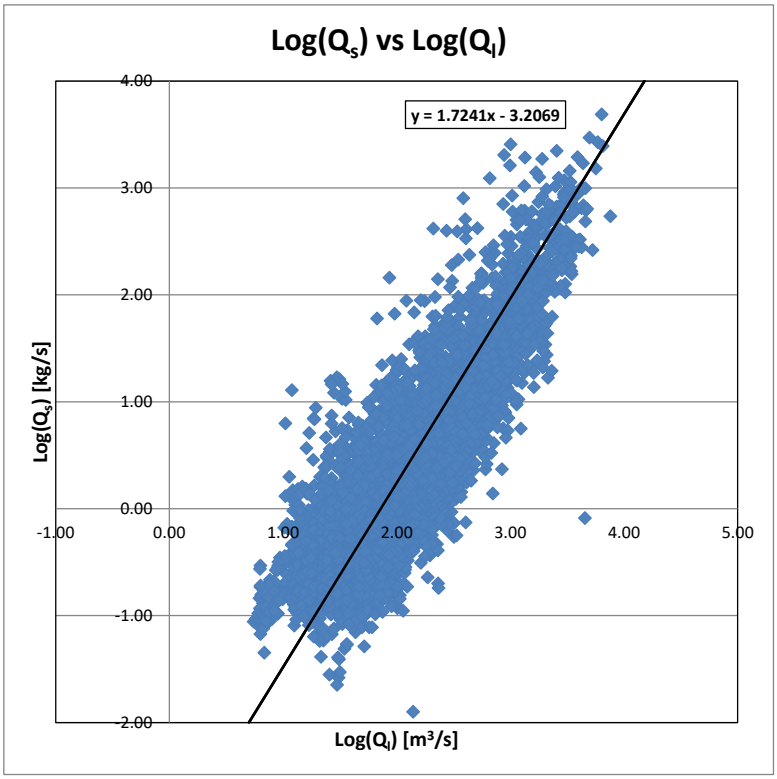


Figura 4.59 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

$$Q_s = 6.21 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{1.72} \qquad \text{Ec. (4.38)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.94 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.95.

Tabla 4.94 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

$\bar{Q}_{s,prom}$	842 075.81	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	276.43	m^3/s

Tabla 4.95 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	8590.50	3764.79	0.003	3764.79	0.10	0.10	8590.50	0.24	0.24
0.01	7642.18	3077.19	0.003	3420.99	0.09	0.20	8116.34	0.22	0.46
0.05	5305.00	1639.95	0.05	2358.57	1.13	1.32	6473.59	3.09	3.55
0.11	4632.00	1297.93	0.05	1468.94	0.78	2.11	4968.50	2.65	6.20
0.30	3534.00	814.08	0.20	1056.00	2.09	4.20	4083.00	8.08	14.27
0.50	3180.00	678.63	0.20	746.36	1.48	5.67	3357.00	6.64	20.92
0.81	2778.00	537.57	0.30	608.10	1.85	7.52	2979.00	9.07	29.98
1.00	2459.00	435.62	0.20	486.60	0.96	8.49	2618.50	5.18	35.16
3.01	1568.00	200.54	2.00	318.08	6.36	14.85	2013.50	40.29	75.45
5.01	1155.00	118.39	2.00	159.46	3.19	18.04	1361.50	27.24	102.70
8.00	796.00	62.31	3.00	90.35	2.71	20.75	975.50	29.24	131.94
10.01	648.00	43.71	2.00	53.01	1.06	21.81	722.00	14.45	146.39
20.00	325.00	13.30	10.00	28.50	2.85	24.66	486.50	48.64	195.03
30.00	220.00	6.79	10.00	10.04	1.00	25.66	272.50	27.24	222.27
40.01	147.00	3.39	10.01	5.09	0.51	26.17	183.50	18.36	240.63
50.00	96.60	1.64	10.00	2.51	0.25	26.42	121.80	12.18	252.81
60.00	66.70	0.87	10.00	1.25	0.13	26.55	81.65	8.16	260.97
70.01	50.10	0.53	10.01	0.70	0.07	26.62	58.40	5.84	266.81
80.00	39.40	0.35	10.00	0.44	0.04	26.66	44.75	4.47	271.29
90.00	29.00	0.21	10.00	0.28	0.03	26.69	34.20	3.42	274.71
99.99	5.54	0.01	9.99	0.11	0.01	**26.70**	17.27	1.73	**276.43**

4.2.19. Estación Río Purapel en Sauzal

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Maule. En la Figura 4.60 se muestra su ubicación geográfica.

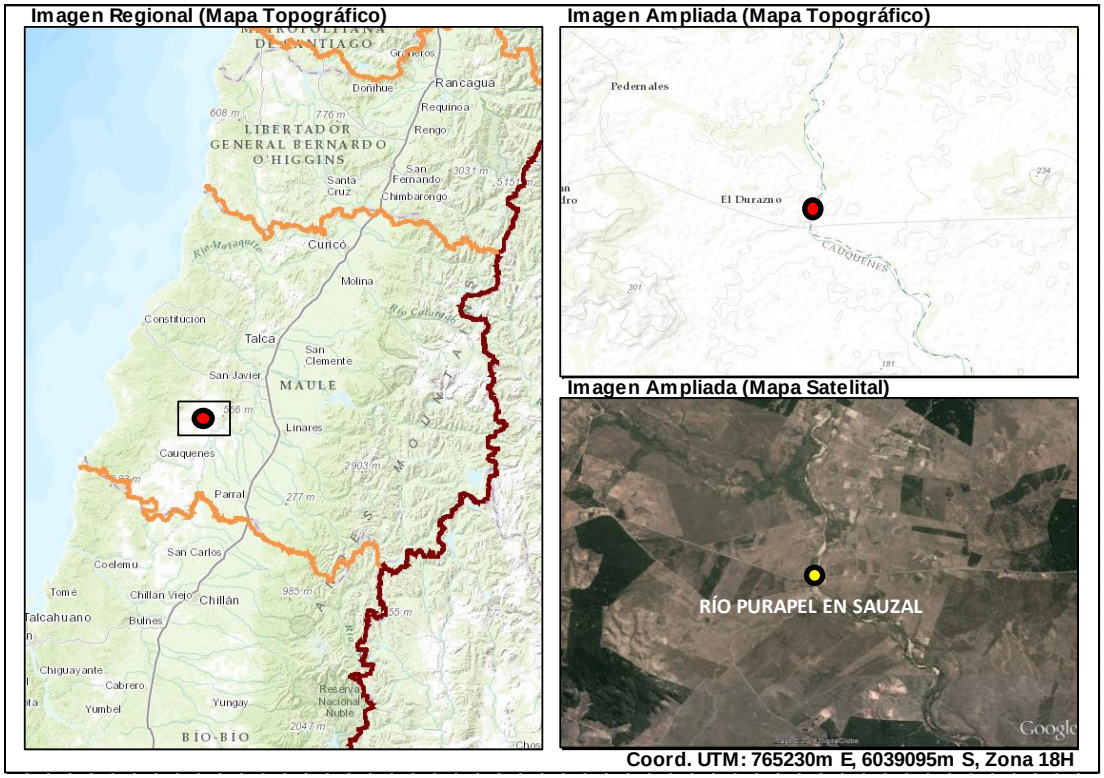


Figura 4.60 – Ubicación geográfica, Estación Río Purapel en Sauzal
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.96 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.96 – Antecedentes, Estación Río Purapel en Sauzal
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	04/1990	10/2013
	Muestreo Integrado	06/1985	06/1985
		07/1987	08/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	06/1981	05/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.97.

Tabla 4.97 – Área de Drenaje, Estación Río Purapel en Sauzal
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	680.31 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.61, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.39).

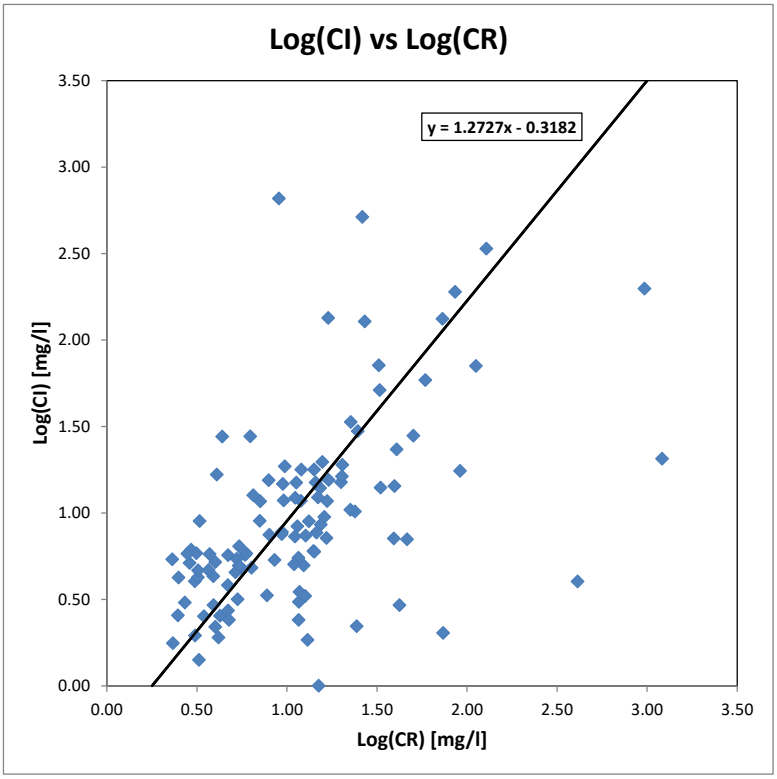


Figura 4.61 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Purapel en Sauzal

$$CI = 0.48 \cdot CR^{1.27} \qquad \text{Ec. (4.39)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.98 a continuación.

Tabla 4.98 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Purapel en Sauzal

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	392.5 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	370.7 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.19 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.62, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.40).

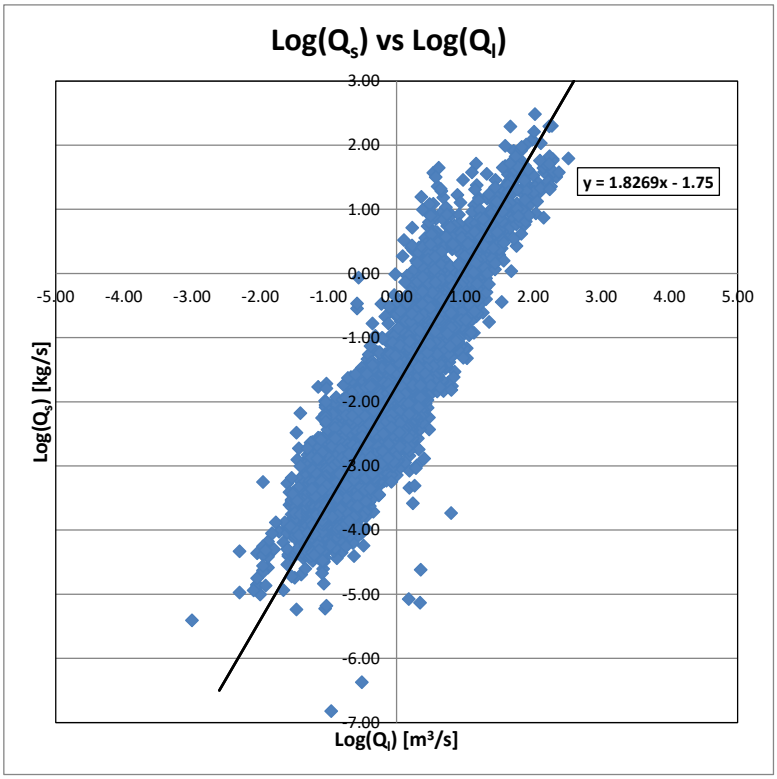


Figura 4.62 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Purapel en Sauzal

$$Q_s = 0.02 \cdot {Q_l}^{1.83} \qquad \text{Ec. (4.40)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.99 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.100.

Tabla 4.99 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Purapel en Sauzal

$\bar{Q}_{s,prom}$	76 958.26	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	4.86	m^3/s

Tabla 4.100 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Purapel en Sauzal

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	392.49	974.22	0.003	974.22	0.03	0.03	392.49	0.01	0.01
0.01	370.67	877.58	0.003	925.90	0.03	0.05	381.58	0.01	0.02
0.06	212.00	316.22	0.05	596.90	0.31	0.36	291.34	0.15	0.17
0.10	195.00	271.43	0.05	293.82	0.14	0.50	203.50	0.10	0.27
0.30	143.00	154.02	0.20	212.73	0.42	0.92	169.00	0.34	0.60
0.50	118.00	108.42	0.20	131.22	0.26	1.18	130.50	0.26	0.86
0.80	88.80	64.50	0.30	86.46	0.26	1.44	103.40	0.31	1.17
1.00	77.90	50.77	0.20	57.64	0.11	1.55	83.35	0.17	1.34
3.00	29.40	8.56	2.00	29.67	0.59	2.15	53.65	1.07	2.41
5.01	17.80	3.42	2.00	5.99	0.12	2.27	23.60	0.47	2.89
8.01	10.80	1.37	3.00	2.40	0.07	2.34	14.30	0.43	3.31
10.00	8.56	0.90	1.99	1.14	0.02	2.36	9.68	0.19	3.51
20.00	3.76	0.20	10.00	0.55	0.05	2.42	6.16	0.62	4.12
30.01	2.18	0.07	10.00	0.14	0.01	2.43	2.97	0.30	4.42
40.01	1.33	0.03	10.00	0.05	0.01	2.44	1.76	0.18	4.60
50.00	0.84	0.01	9.99	0.02	0.002	2.44	1.08	0.11	4.70
60.00	0.53	0.01	10.00	0.01	0.001	2.44	0.68	0.07	4.77
70.00	0.33	0.002	10.00	0.004	0.0004	2.44	0.43	0.04	4.82
80.01	0.18	0.001	10.00	0.002	0.0002	2.44	0.26	0.03	4.84
90.01	0.09	0.0002	10.00	0.0005	0.00005	2.44	0.13	0.01	4.85
99.99	0.001	5.88E-08	9.98	0.0001	0.00001	**2.44**	0.04	0.004	**4.86**

4.2.20. Estación Río Teno después de Junta con Claro

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Maule. En la Figura 4.63 se muestra su ubicación geográfica.

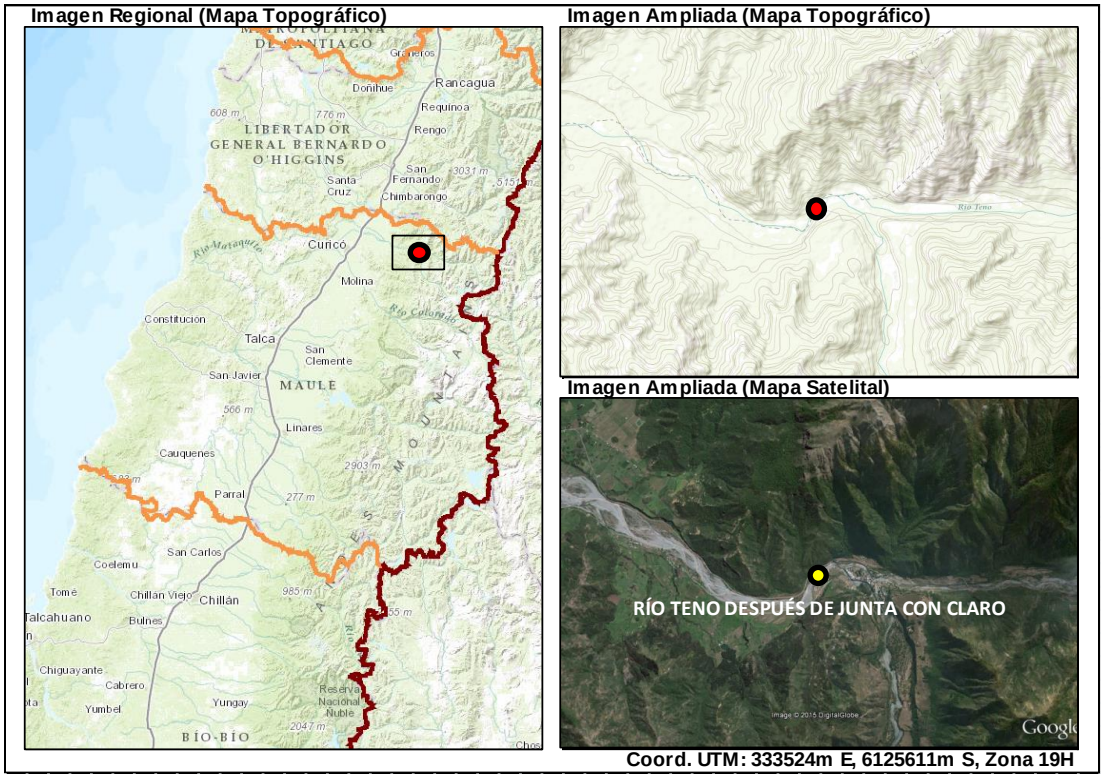


Figura 4.63 – Ubicación geográfica, Estación Río Teno después de Junta con Claro
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.101 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.101 – Antecedentes, Estación Río Teno después de Junta con Claro
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	11/1976	01/1994
	Muestreo Integrado	06/1985	08/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1947	07/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.102.

Tabla 4.102 – Área de Drenaje, Estación Río Teno después de Junta con Claro
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	1 188.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.64, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.41).

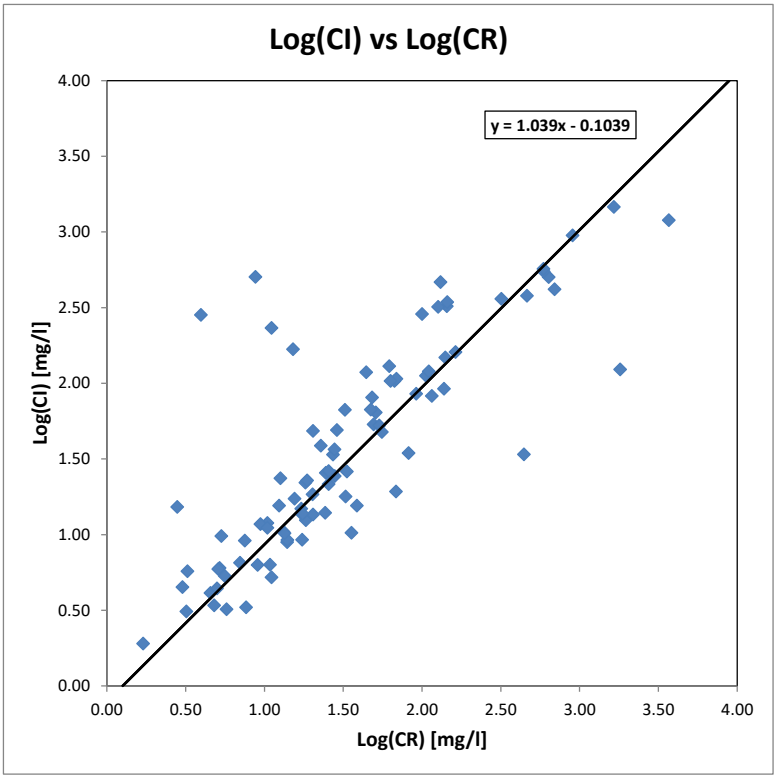


Figura 4.64 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Teno después de Junta con Claro

$$CI = 0.79 \cdot CR^{1.04} \qquad \text{Ec. (4.41)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.20 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.65, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.42).

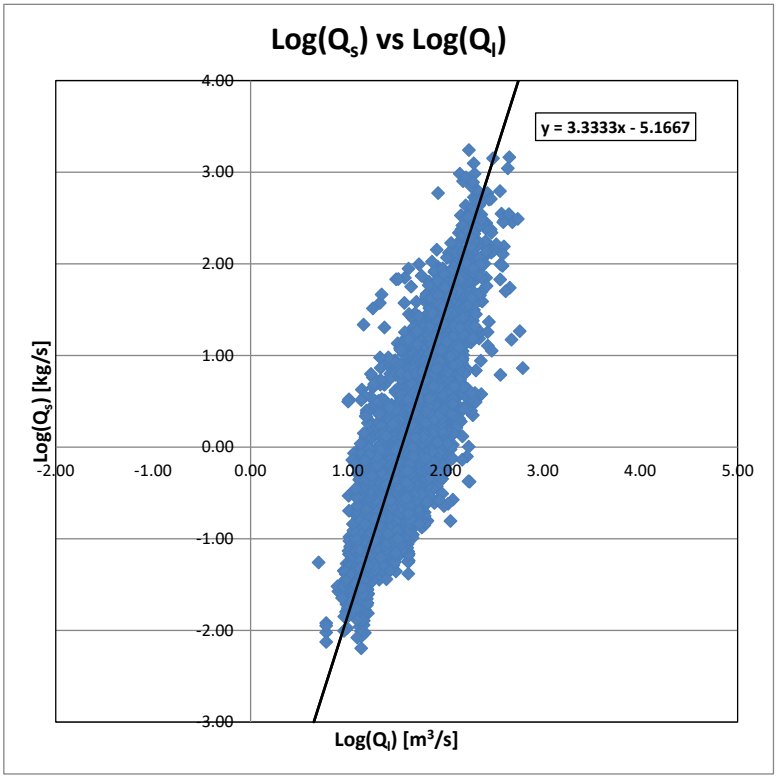


Figura 4.65 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Teno después de Junta con Claro

$$Q_s = 6.81 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{3.33} \qquad \text{Ec. (4.42)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.103 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.104.

Tabla 4.103 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Teno después de Junta con Claro

$\bar{Q}_{s,prom}$	1 708 972.18 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	56.91 m^3/s

Tabla 4.104 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Teno después de Junta con Claro

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.005	1006.00	69480.01	0.005	69480.01	3.49	3.49	1006.00	0.05	0.05
0.02	699.00	20644.09	0.02	45062.05	6.80	10.29	852.50	0.13	0.18
0.05	615.00	13472.79	0.03	17058.44	5.15	15.43	657.00	0.20	0.38
0.10	480.00	5897.68	0.05	9685.23	4.87	20.30	547.50	0.28	0.65
0.30	348.00	2019.05	0.20	3958.36	7.96	28.26	414.00	0.83	1.49
0.50	296.00	1177.22	0.20	1598.13	3.21	31.48	322.00	0.65	2.13
0.80	242.00	601.55	0.30	889.38	2.68	34.16	269.00	0.81	2.94
1.00	229.00	500.43	0.20	550.99	1.08	35.24	235.50	0.46	3.41
3.00	169.00	181.77	2.00	341.10	6.83	42.07	199.00	3.98	7.39
5.00	144.00	106.60	2.00	144.18	2.89	44.95	156.50	3.13	10.52
8.00	123.00	63.03	3.00	84.82	2.55	47.50	133.50	4.01	14.53
10.00	114.00	48.93	2.00	55.98	1.12	48.62	118.50	2.37	16.90
20.00	82.80	16.85	10.00	32.89	3.29	51.91	98.40	9.84	26.74
30.00	64.60	7.37	10.00	12.11	1.21	53.12	73.70	7.37	34.11
40.00	51.90	3.55	10.00	5.46	0.55	53.66	58.25	5.82	39.93
50.00	42.70	1.85	10.00	2.70	0.27	53.93	47.30	4.73	44.66
60.00	35.00	0.96	10.00	1.40	0.14	54.07	38.85	3.88	48.55
70.00	27.90	0.45	10.00	0.70	0.07	54.14	31.45	3.14	51.69
80.00	21.50	0.19	10.00	0.32	0.03	54.18	24.70	2.47	54.16
90.00	15.30	0.06	10.00	0.12	0.01	54.19	18.40	1.84	56.00
99.99	3.00	0.0003	9.99	0.03	0.003	**54.19**	9.15	0.91	**56.91**

4.2.21. Estación Río Biobío en Desembocadura

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.66 se muestra su ubicación geográfica.

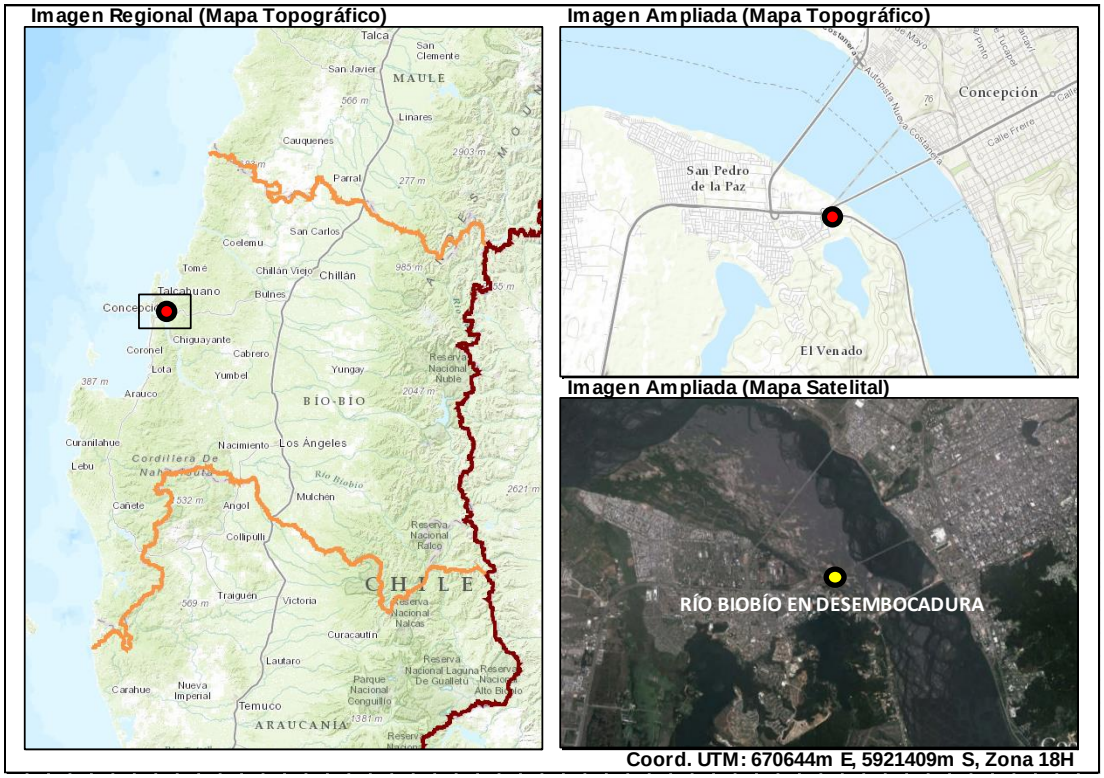


Figura 4.66 – Ubicación geográfica, Estación Río Biobío en Desembocadura
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.105 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.105 – Antecedentes, Estación Río Biobío en Desembocadura
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	12/1989	12/1991
		04/1993	11/2012
	Muestreo Integrado	05/1985	10/1989
		05/1993	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1970	02/1977
		02/1982	08/2010

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.106.

Tabla 4.106 – Área de Drenaje, Estación Río Biobío en Desembocadura
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	21 255.67 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.67, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.43).

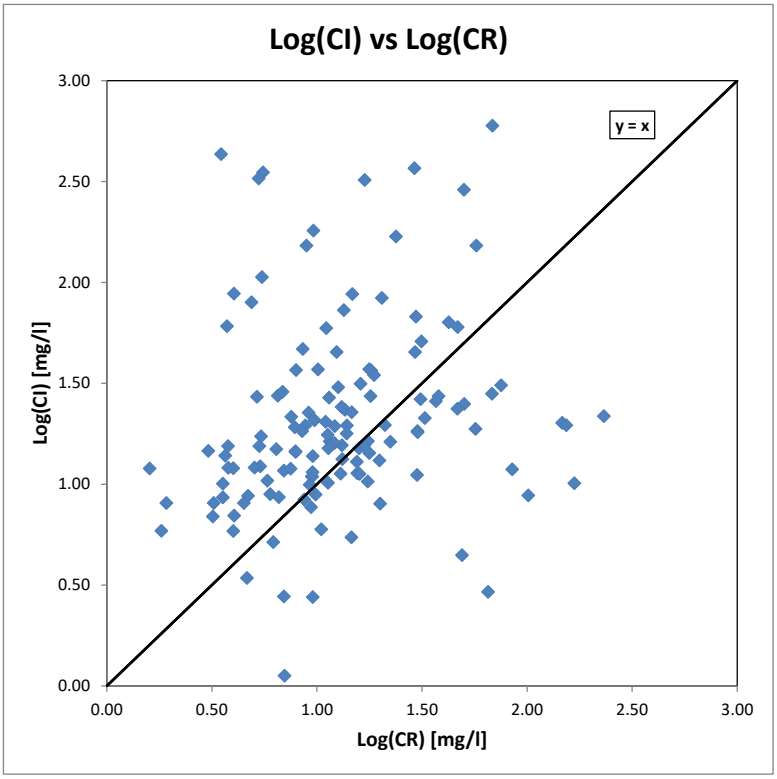


Figura 4.67 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Biobío en Desembocadura

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.43)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.107 a continuación.

Tabla 4.107 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Biobío en Desembocadura

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	15979.1 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	14267.0 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.21 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.68, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.44).

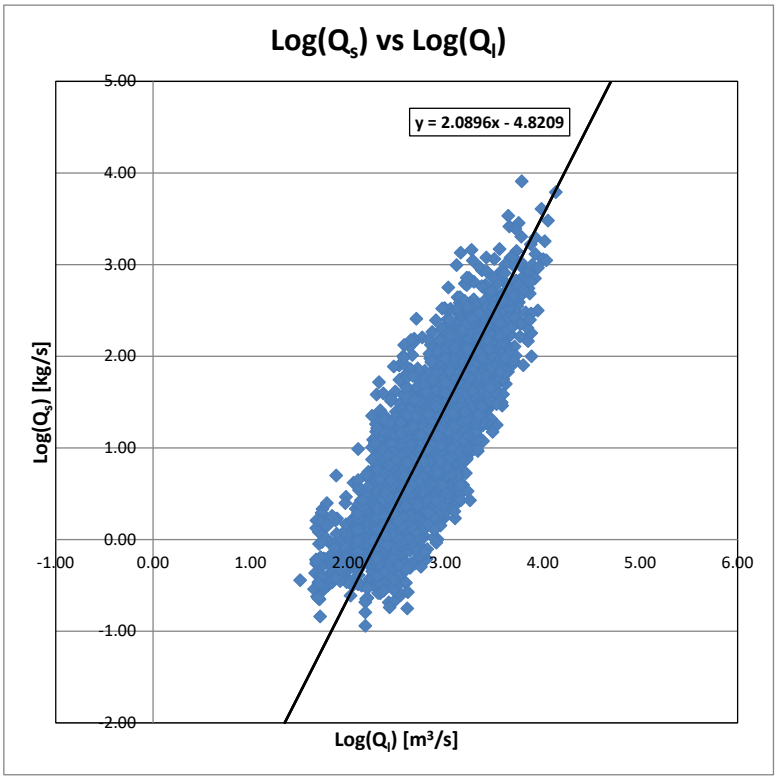


Figura 4.68 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Biobío en Desembocadura

$$Q_s = 1.51 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{2.09} \qquad \text{Ec. (4.44)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.108 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.109.

Tabla 4.108 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Biobío en Desembocadura

$\bar{Q}_{s,prom}$	1 988 318.65	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	1 002.15	m^3/s

Tabla 4.109 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Biobío en Desembocadura

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	15979.1	9180.04	0.003	9180.04	0.25	0.25	15979.1	0.44	0.44
0.01	14267.0	7244.28	0.003	8212.16	0.22	0.48	15123.1	0.41	0.85
0.05	10180.0	3578.41	0.05	5411.34	2.57	3.05	12223.5	5.81	6.66
0.11	8833.00	2660.04	0.05	3119.22	1.65	4.70	9506.50	5.04	11.69
0.30	6986.00	1629.30	0.20	2144.67	4.22	8.92	7909.50	15.56	27.25
0.51	6060.00	1210.47	0.20	1419.88	2.90	11.82	6523.00	13.33	40.58
0.80	5184.00	873.50	0.30	1041.99	3.08	14.89	5622.00	16.59	57.17
1.01	4850.00	760.02	0.20	816.76	1.67	16.56	5017.00	10.25	67.42
3.00	3248.00	328.83	2.00	544.43	10.88	27.44	4049.00	80.89	148.31
5.00	2658.00	216.30	2.00	272.56	5.45	32.88	2953.00	58.99	207.30
8.01	2225.00	149.17	3.00	182.73	5.49	38.37	2441.50	73.35	280.65
10.00	2032.00	123.41	2.00	136.29	2.72	41.10	2128.50	42.52	323.17
20.00	1484.00	63.99	10.00	93.70	9.37	50.46	1758.00	175.73	498.91
30.00	1174.00	39.22	10.00	51.60	5.16	55.63	1329.00	132.95	631.86
40.00	951.00	25.25	10.00	32.23	3.22	58.85	1062.50	106.21	738.07
50.00	749.00	15.33	10.00	20.29	2.03	60.88	850.00	85.03	823.10
60.00	527.00	7.36	10.00	11.34	1.13	62.01	638.00	63.78	886.87
70.00	369.00	3.49	10.00	5.42	0.54	62.55	448.00	44.82	931.69
80.00	280.00	1.96	10.00	2.73	0.27	62.83	324.50	32.44	964.13
90.00	224.00	1.23	10.00	1.60	0.16	62.99	252.00	25.21	989.34
99.99	32.60	0.02	9.99	0.63	0.06	**63.05**	128.30	12.82	**1002.15**

4.2.22. Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.69 se muestra su ubicación geográfica.

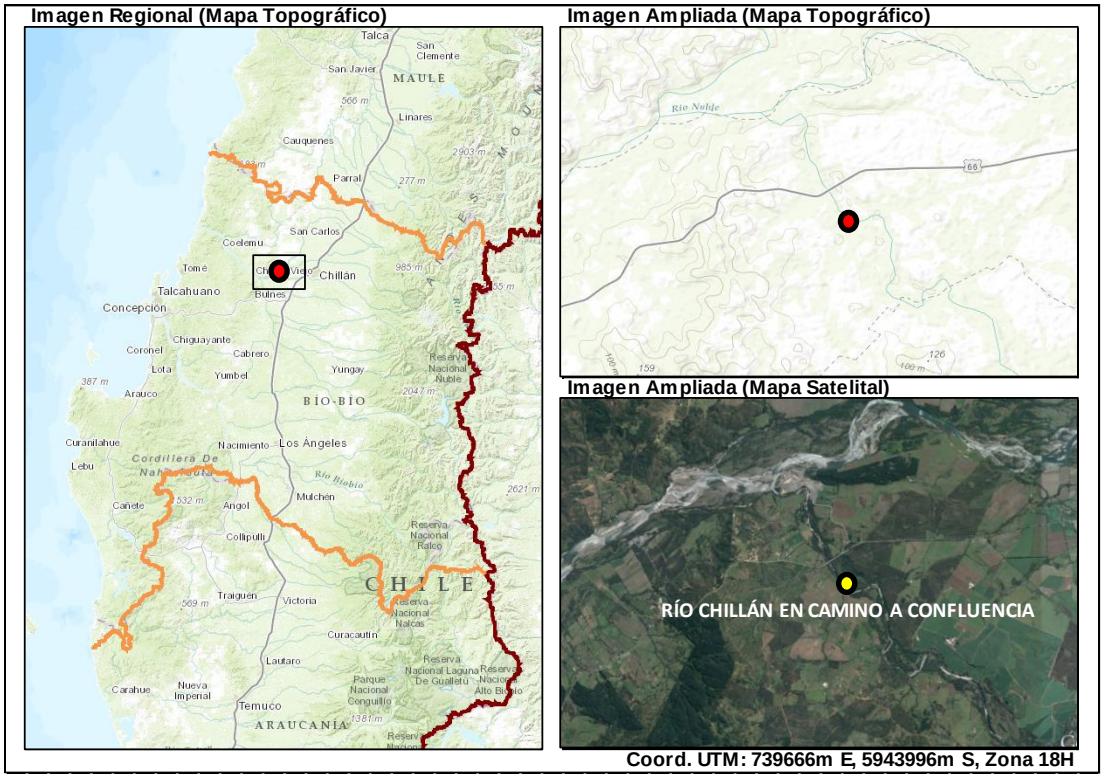


Figura 4.69 – Ubicación geográfica, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.110 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.110 – Antecedentes, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	12/1989	11/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	11/1989
		05/1993	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1956	04/1959
		06/1961	12/1973
		06/1975	09/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.111.

Tabla 4.111 – Área de Drenaje, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	811.13 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.70, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.45).

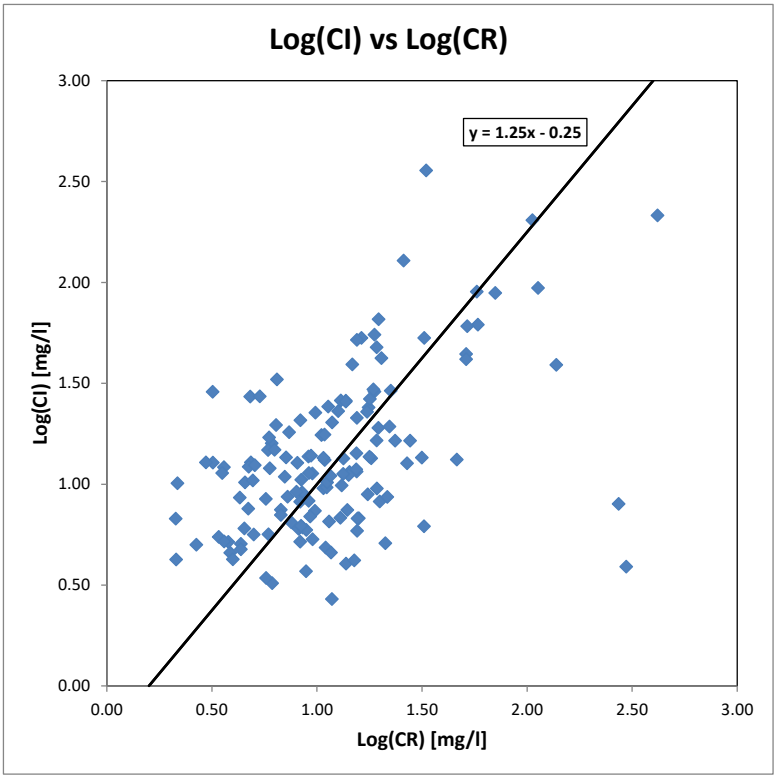


Figura 4.70 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

$$CI = 0.56 \cdot CR^{1.25} \qquad \text{Ec. (4.45)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.112 a continuación.

Tabla 4.112 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	957.1 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.22 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.71, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.46).

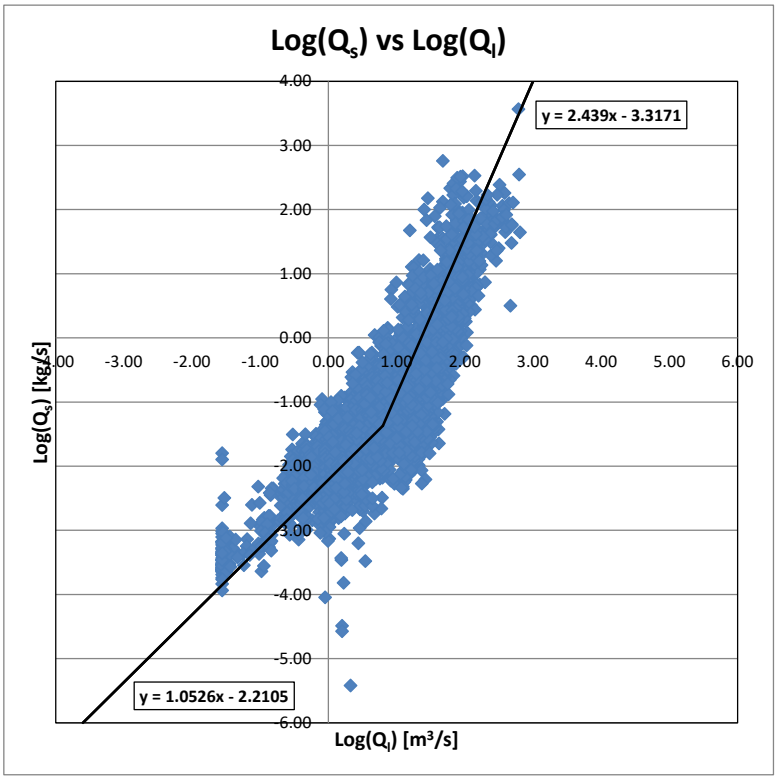


Figura 4.71 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

$$Q_s \begin{cases} 0.01 \cdot {Q_l}^{1.05} & , \quad Q_l < 6.28\ [m^3/s] \\ 4.82 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{2.44} & , \quad Q_l > 6.28\ [m^3/s] \end{cases} \qquad \text{Ec. (4.46)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.113 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.114.

Tabla 4.113 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

$\bar{Q}_{s,prom}$	289 312.20 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	21.23 m^3/s

Tabla 4.114 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	957.09	8983.40	0.003	8983.40	0.25	0.25	957.09	0.03	0.03
0.01	650.00	3496.20	0.004	6239.80	0.25	0.50	803.54	0.03	0.06
0.05	490.00	1755.04	0.05	2625.62	1.24	1.74	570.00	0.27	0.33
0.10	409.00	1129.52	0.05	1442.28	0.68	2.42	449.50	0.21	0.54
0.30	282.00	456.10	0.20	792.81	1.61	4.03	345.50	0.70	1.24
0.50	242.00	314.07	0.20	385.08	0.76	4.79	262.00	0.51	1.76
0.81	191.00	176.34	0.30	245.20	0.75	5.54	216.50	0.66	2.42
1.00	165.00	123.41	0.20	149.87	0.29	5.83	178.00	0.35	2.77
3.01	96.80	33.61	2.00	78.51	1.57	7.40	130.90	2.62	5.39
5.00	73.30	17.06	2.00	25.33	0.51	7.91	85.05	1.70	7.09
8.00	56.60	9.08	3.00	13.07	0.39	8.30	64.95	1.95	9.03
10.00	49.60	6.58	2.00	7.83	0.16	8.46	53.10	1.06	10.10
20.00	32.90	2.42	10.00	4.50	0.45	8.91	41.25	4.12	14.22
30.00	22.80	0.99	10.00	1.70	0.17	9.08	27.85	2.79	17.01
40.00	14.60	0.33	10.00	0.66	0.07	9.14	18.70	1.87	18.88
50.00	7.82	0.07	10.00	0.20	0.02	9.16	11.21	1.12	20.00
60.00	4.23	0.03	10.00	0.05	0.01	9.17	6.03	0.60	20.60
70.00	2.25	0.01	10.00	0.02	0.002	9.17	3.24	0.32	20.92
80.00	1.21	0.01	10.00	0.01	0.001	9.17	1.73	0.17	21.10
90.00	0.70	0.004	10.00	0.01	0.001	9.17	0.95	0.10	21.19
99.99	0.001	0.000004	9.99	0.002	0.0002	**9.17**	0.35	0.03	**21.23**

4.2.23. Estación Río Diguillín en Longitudinal

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.72 se muestra su ubicación geográfica.

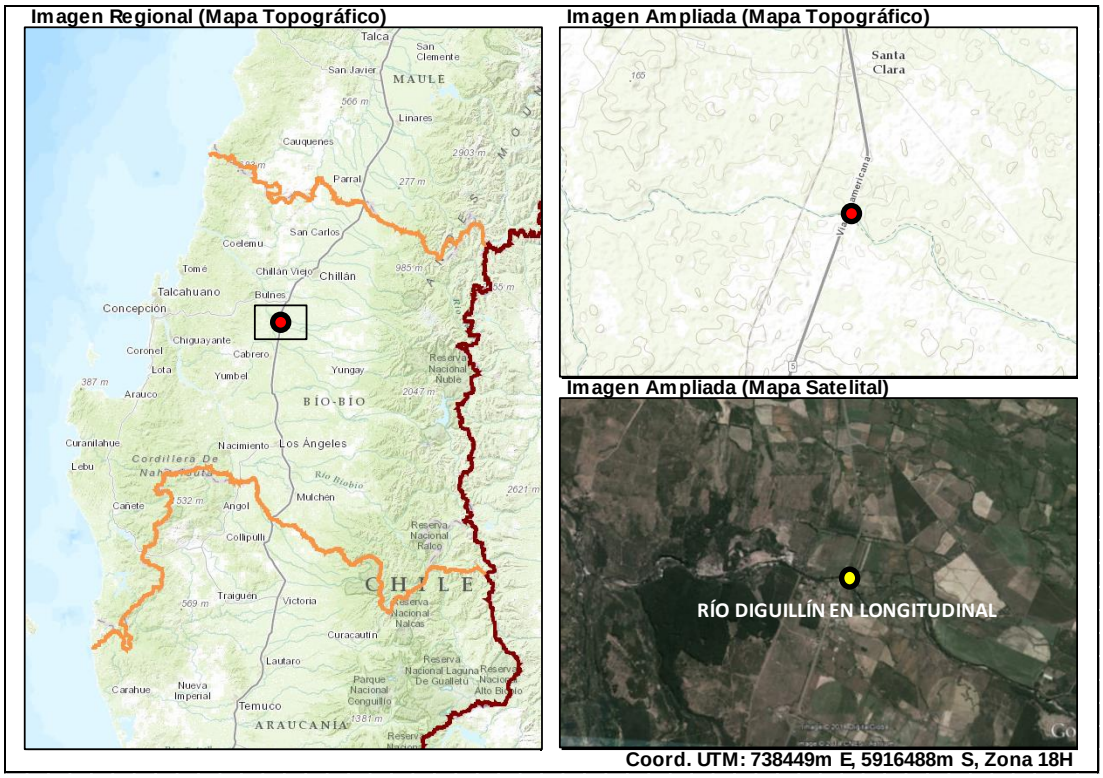


Figura 4.72 – Ubicación geográfica, Estación Río Diguillín en Longitudinal
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.115 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.115 – Antecedentes, Estación Río Diguillín en Longitudinal
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	12/1989	12/1999
		11/2002	11/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	11/1989
		05/1993	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1956	05/1973
		08/1978	07/1979
		04/1981	09/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.116.

Tabla 4.116 – Área de Drenaje, Estación Río Diguillín en Longitudinal
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	726.12 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.73, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.47).

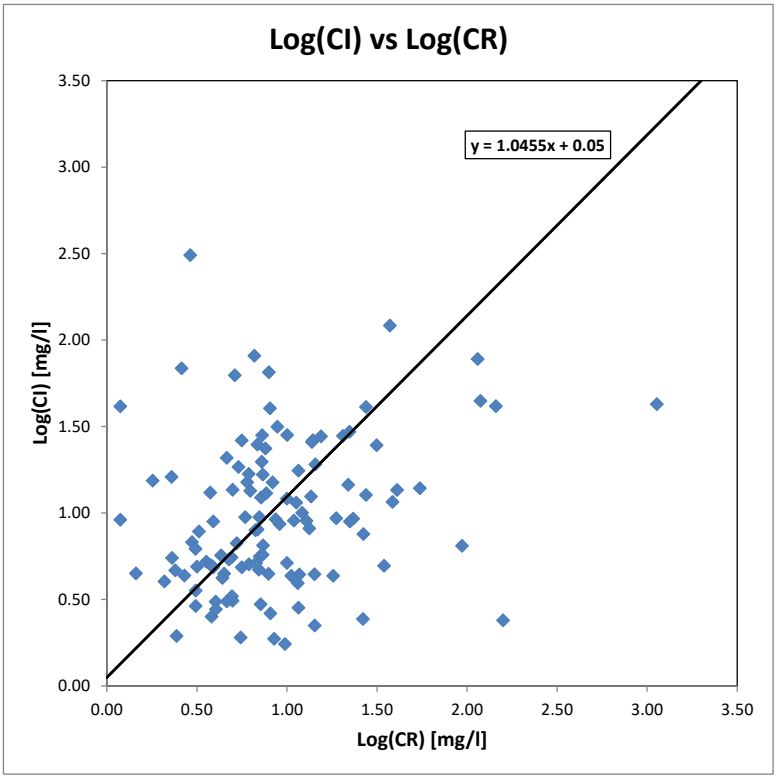


Figura 4.73 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Diguillín en Longitudinal

$$CI = 1.12 \cdot CR^{1.05} \qquad \text{Ec. (4.47)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.117 a continuación.

Tabla 4.117 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Diguillín en Longitudinal

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1678.6 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.23 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.74, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.48).

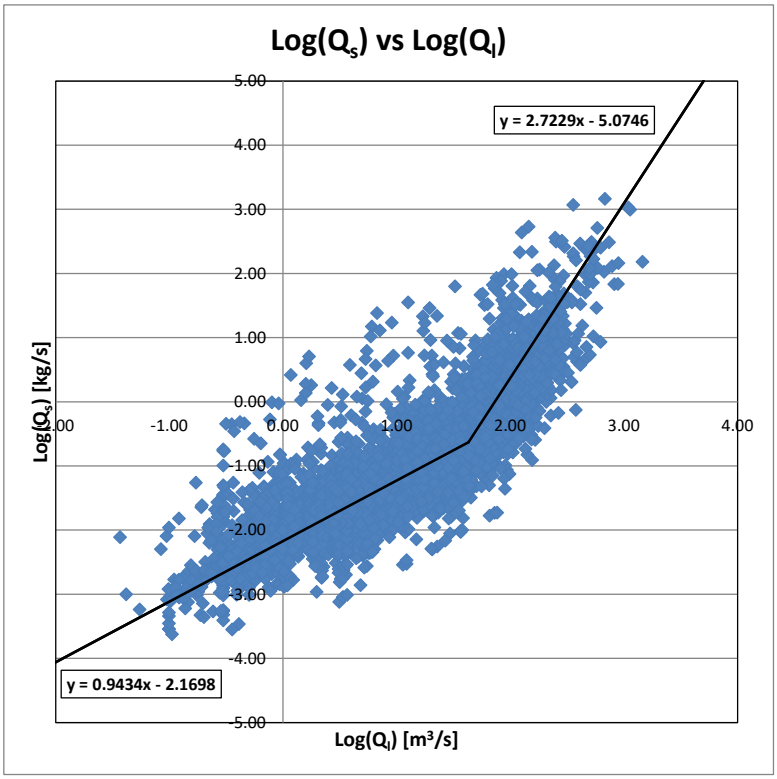


Figura 4.74 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Diguillín en Longitudinal

$$Q_s \begin{cases} 0.01 \cdot {Q_l}^{0.94} & , \quad Q_l < 42.89\ [m^3/s] \\ 8.42 \cdot 10^{-6} \cdot {Q_l}^{2.72} & , \quad Q_l > 42.89\ [m^3/s] \end{cases} \qquad \text{Ec. (4.48)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.118 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.119.

Tabla 4.118 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Diguillín en Longitudinal

$\bar{Q}_{s,prom}$	154 533.63	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	49.76	m^3/s

Tabla 4.119 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Diguillín en Longitudinal

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1678.58	5088.56	0.003	5088.56	0.14	0.14	1678.58	0.05	0.05
0.01	1139.00	1770.14	0.010	3429.35	0.33	0.47	1408.79	0.14	0.18
0.06	890.00	904.26	0.04	1337.20	0.58	1.05	1014.50	0.44	0.62
0.11	700.00	470.24	0.05	687.25	0.34	1.39	795.00	0.39	1.02
0.30	524.00	213.73	0.20	341.98	0.68	2.07	612.00	1.21	2.23
0.50	453.00	143.78	0.20	178.75	0.35	2.42	488.50	0.97	3.20
0.81	376.00	86.57	0.30	115.17	0.35	2.77	414.50	1.26	4.46
1.00	340.00	65.82	0.20	76.20	0.15	2.92	358.00	0.71	5.17
3.01	223.00	20.87	2.00	43.35	0.87	3.79	281.50	5.63	10.80
5.00	174.00	10.62	2.00	15.75	0.31	4.11	198.50	3.96	14.76
8.00	141.00	5.99	3.00	8.31	0.25	4.36	157.50	4.72	19.49
10.00	125.00	4.32	2.00	5.15	0.10	4.46	133.00	2.66	22.15
20.00	80.40	1.30	10.00	2.81	0.28	4.74	102.70	10.27	32.42
30.00	57.60	0.52	10.00	0.91	0.09	4.83	69.00	6.90	39.32
40.00	37.80	0.21	10.00	0.37	0.04	4.87	47.70	4.77	44.09
50.00	20.30	0.12	10.00	0.16	0.02	4.88	29.05	2.90	47.00
60.00	9.68	0.06	10.00	0.09	0.01	4.89	14.99	1.50	48.49
70.00	4.62	0.03	10.00	0.04	0.004	4.90	7.15	0.72	49.21
80.00	2.21	0.01	10.00	0.02	0.002	4.90	3.42	0.34	49.55
90.00	0.95	0.01	10.00	0.01	0.001	4.90	1.58	0.16	49.71
99.99	0.04	0.0003	9.99	0.003	0.0003	**4.90**	0.49	0.05	**49.76**

4.2.24. Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.75 se muestra su ubicación geográfica.

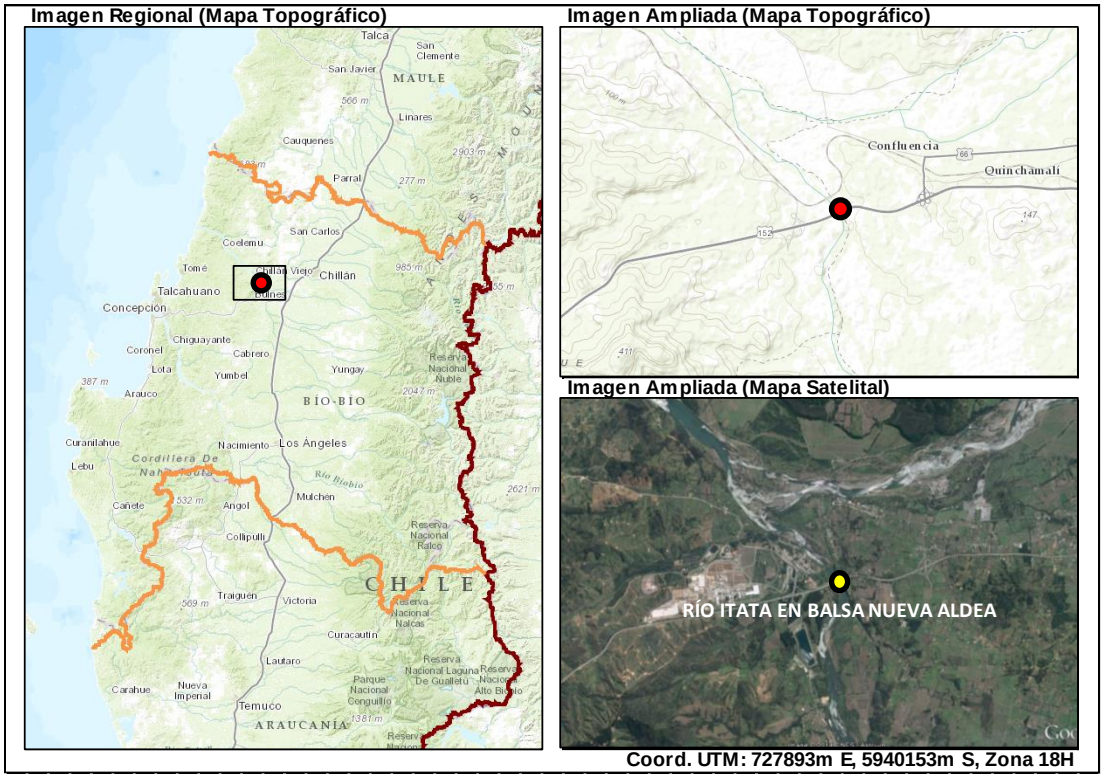


Figura 4.75 – Ubicación geográfica, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.120 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.120 – Antecedentes, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	12/1989	11/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	11/1989
		05/1993	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	09/1956	11/2012

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.121.

Tabla 4.121 – Área de Drenaje, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	4 491.12 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.76, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.49).

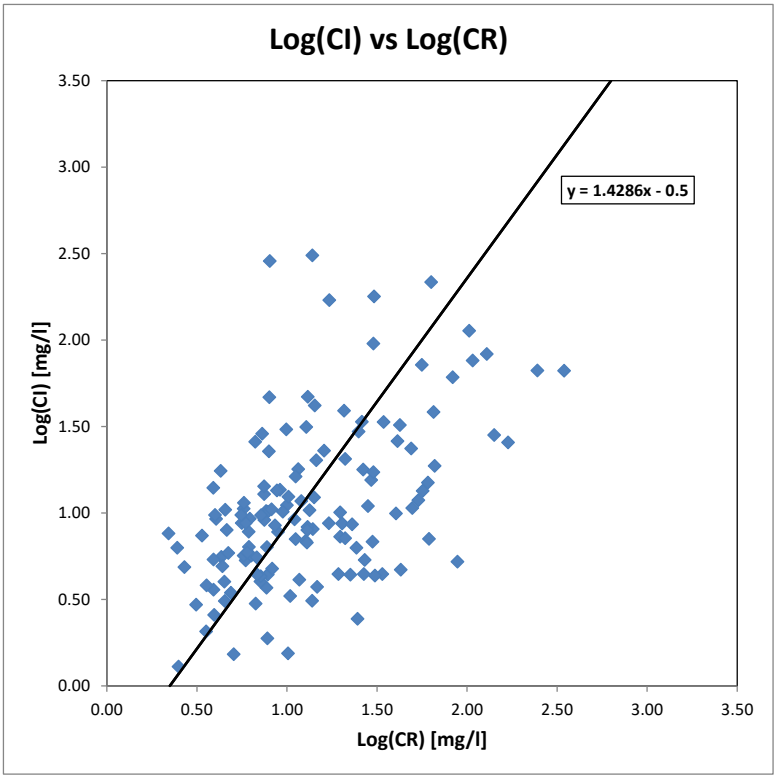


Figura 4.76 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

$$CI = 0.32 \cdot CR^{1.43} \qquad \text{Ec. (4.49)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.122 a continuación.

Tabla 4.122 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	3562.3 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.24 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.77, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.50).

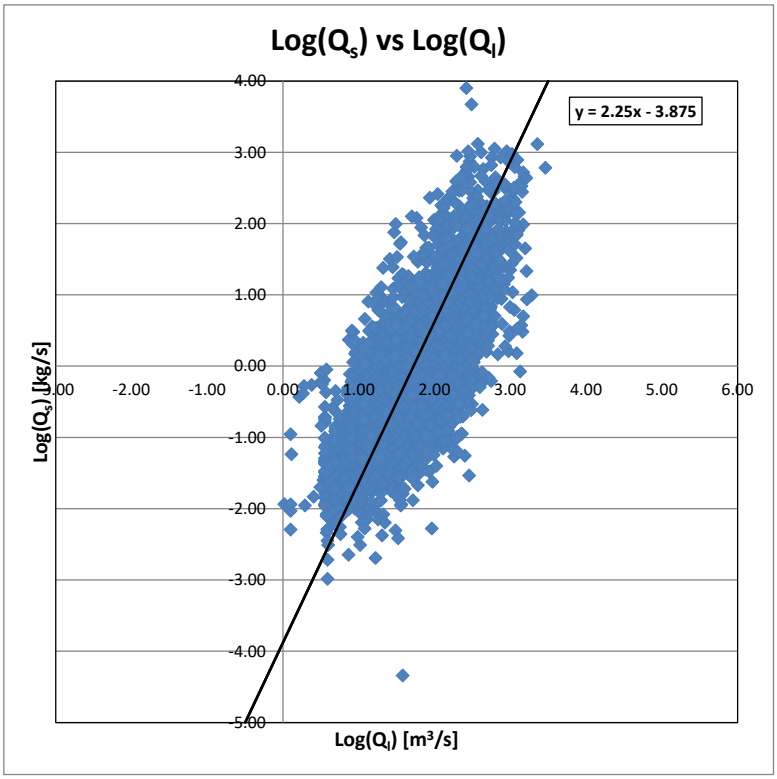


Figura 4.77 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

$$Q_s = 1.33 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{2.25} \qquad \text{Ec. (4.50)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.123 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.124.

Tabla 4.123 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

$\bar{Q}_{s,prom}$	1 435 518.93	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	137.73	m^3/s

Tabla 4.124 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	3562.34	13073.88	0.003	13073.88	0.36	0.36	3562.34	0.10	0.10
0.02	2507.00	5930.58	0.01	9502.23	1.27	1.62	3034.67	0.40	0.50
0.05	2006.00	3591.24	0.04	4760.91	1.78	3.41	2256.50	0.85	1.35
0.10	1721.00	2543.94	0.05	3067.59	1.48	4.89	1863.50	0.90	2.25
0.31	1461.00	1759.80	0.20	2151.87	4.38	9.27	1591.00	3.24	5.48
0.50	1306.00	1367.33	0.20	1563.56	3.10	12.37	1383.50	2.74	8.23
0.80	1144.00	1014.98	0.30	1191.15	3.57	15.94	1225.00	3.67	11.90
1.00	1081.00	893.53	0.20	954.25	1.89	17.83	1112.50	2.20	14.10
3.00	646.00	280.56	2.00	587.04	11.76	29.59	863.50	17.30	31.40
5.00	492.00	152.03	2.00	216.29	4.32	33.91	569.00	11.37	42.77
8.00	372.00	81.04	3.00	116.54	3.50	37.41	432.00	12.96	55.73
10.00	327.00	60.64	2.00	70.84	1.42	38.82	349.50	7.00	62.73
20.00	205.00	21.21	10.00	40.92	4.09	42.92	266.00	26.60	89.33
30.00	143.00	9.43	10.00	15.32	1.53	44.45	174.00	17.40	106.72
40.00	98.80	4.10	10.00	6.77	0.68	45.12	120.90	12.09	118.81
50.00	59.50	1.31	10.00	2.71	0.27	45.40	79.15	7.91	126.73
60.00	34.60	0.39	10.00	0.85	0.08	45.48	47.05	4.70	131.43
70.00	21.40	0.13	10.00	0.26	0.03	45.51	28.00	2.80	134.23
80.00	14.10	0.05	10.00	0.09	0.01	45.52	17.75	1.77	136.01
90.00	9.67	0.02	10.00	0.04	0.004	45.52	11.89	1.19	137.20
99.99	1.00	0.0001	9.99	0.01	0.001	**45.52**	5.34	0.53	**137.73**

4.2.25. Estación Río Itata en Cholguán

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.78 se muestra su ubicación geográfica.

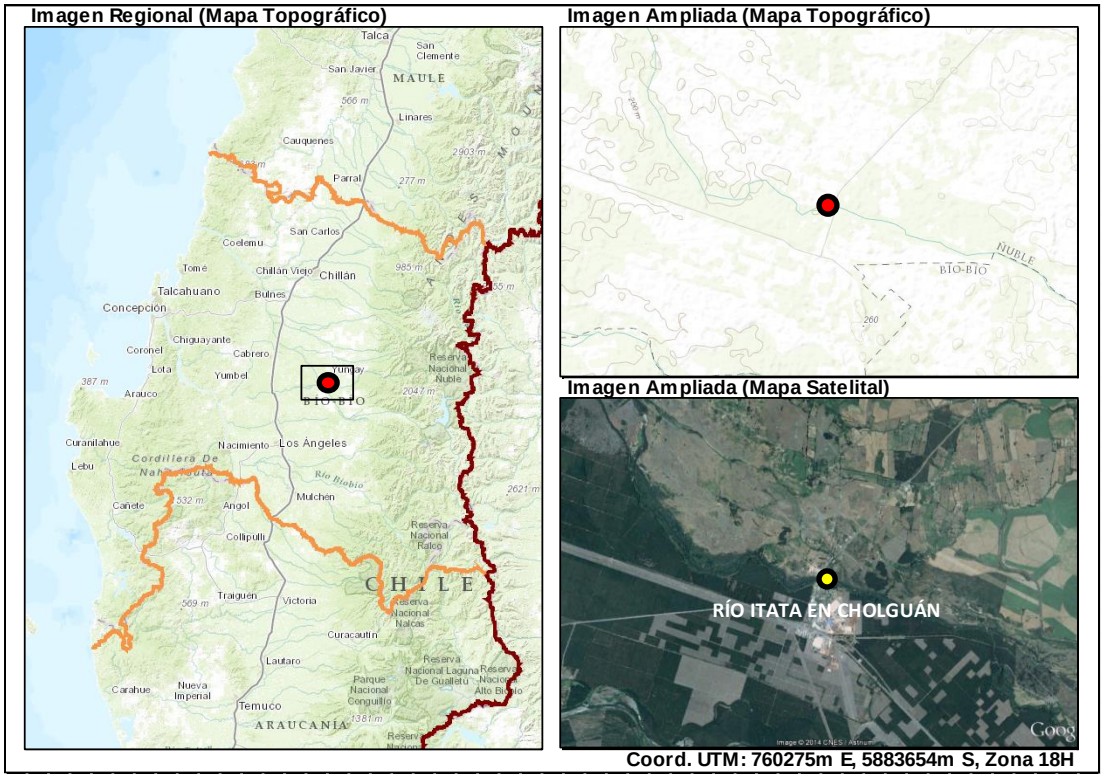


Figura 4.78 – Ubicación geográfica, Estación Río Itata en Cholguán
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.125 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.125 – Antecedentes, Estación Río Itata en Cholguán
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	12/1989	11/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	11/1989
		05/1993	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	01/1924	09/1933
		10/1936	09/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.126.

Tabla 4.126 – Área de Drenaje, Estación Río Itata en Cholguán
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	854.29 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.79, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.51).

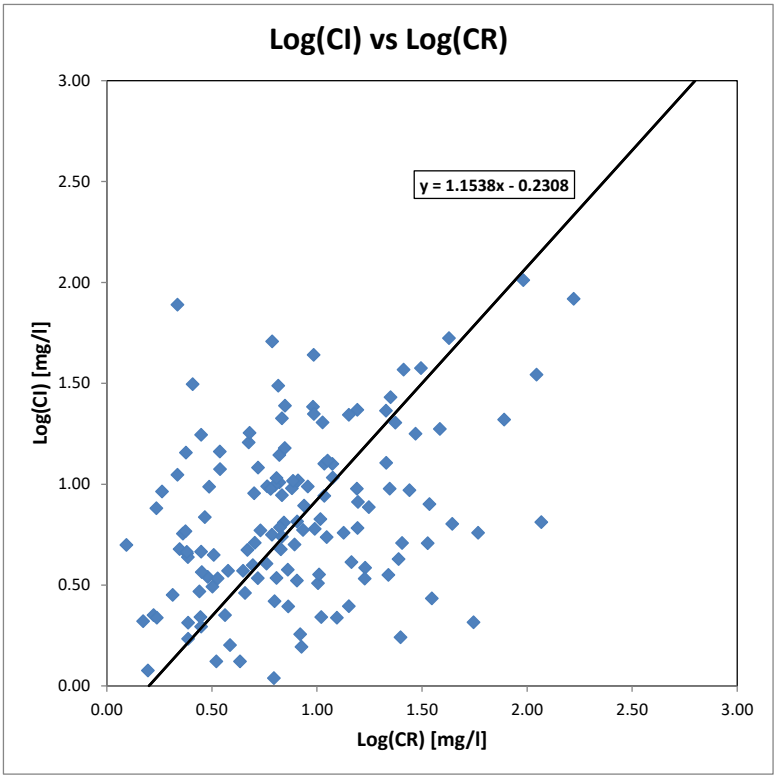


Figura 4.79 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Itata en Cholguán

$$CI = 0.59 \cdot CR^{1.15} \qquad \text{Ec. (4.51)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.127 a continuación.

Tabla 4.127 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Cholguán

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1080.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.25 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.80 se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.52).

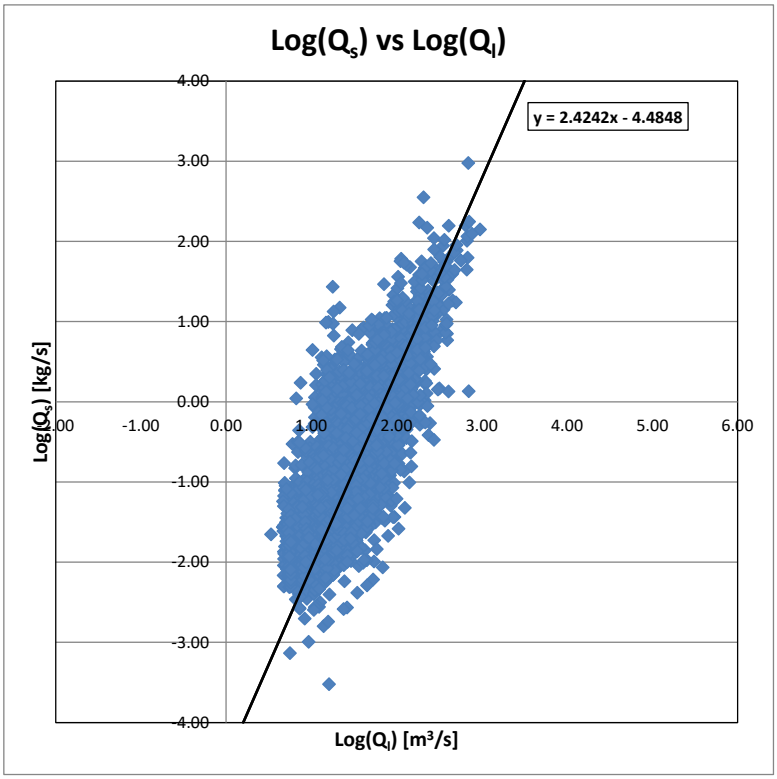


Figura 4.80 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Itata en Cholguán

$$Q_s = 3.27 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{2.42} \qquad \text{Ec. (4.52)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.128 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.129.

Tabla 4.128 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Cholguán

$\bar{Q}_{s,prom}$	45 038.03 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	45.07 m^3/s

Tabla 4.129 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Cholguán

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1080.92	740.84	0.003	740.84	0.02	0.02	1080.92	0.03	0.03
0.01	771.00	326.59	0.004	533.71	0.02	0.04	925.96	0.04	0.07
0.05	613.00	187.31	0.04	256.95	0.11	0.16	692.00	0.31	0.37
0.10	482.00	104.58	0.05	145.94	0.07	0.23	547.50	0.28	0.65
0.30	376.00	57.28	0.20	80.93	0.16	0.39	429.00	0.85	1.50
0.50	313.00	36.72	0.20	47.00	0.09	0.49	344.50	0.69	2.20
0.80	272.00	26.13	0.30	31.42	0.09	0.58	292.50	0.88	3.07
1.00	250.00	21.30	0.20	23.71	0.05	0.63	261.00	0.53	3.60
3.00	160.00	7.22	2.00	14.26	0.29	0.91	205.00	4.10	7.70
5.00	129.00	4.28	2.00	5.75	0.11	1.03	144.50	2.89	10.59
8.00	105.00	2.60	3.00	3.44	0.10	1.13	117.00	3.51	14.10
10.00	93.90	1.98	2.00	2.29	0.05	1.18	99.45	1.99	16.09
20.00	62.50	0.74	10.00	1.36	0.14	1.31	78.20	7.82	23.91
30.00	46.50	0.36	10.00	0.55	0.06	1.37	54.50	5.45	29.36
40.00	35.30	0.19	10.00	0.27	0.03	1.39	40.90	4.09	33.45
50.00	26.80	0.09	10.00	0.14	0.01	1.41	31.05	3.10	36.55
60.00	21.90	0.06	10.00	0.08	0.01	1.42	24.35	2.43	38.99
70.00	18.80	0.04	10.00	0.05	0.005	1.42	20.35	2.04	41.02
80.00	16.30	0.03	10.00	0.03	0.003	1.42	17.55	1.75	42.78
90.00	13.20	0.02	10.00	0.02	0.002	1.43	14.75	1.47	44.25
100.0	3.08	0.001	10.00	0.01	0.001	**1.43**	8.14	0.81	**45.07**

4.2.26. Estación Río Itata en Coelemu

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.81 se muestra su ubicación geográfica.

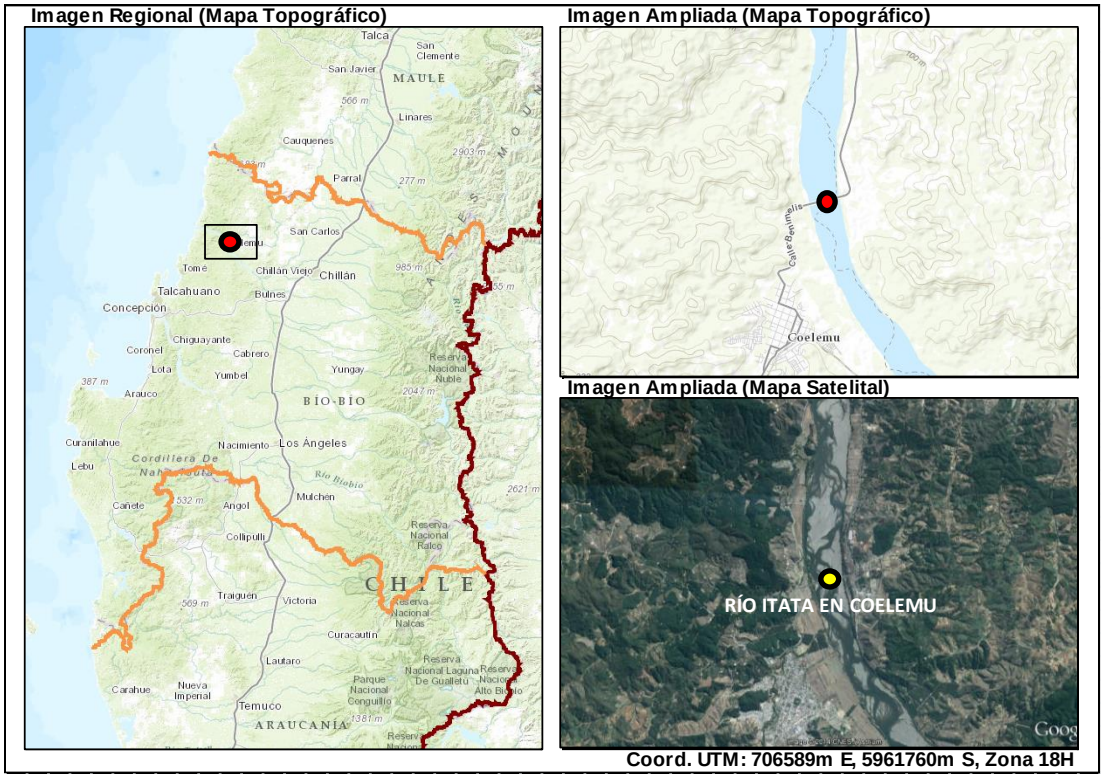


Figura 4.81 – Ubicación geográfica, Estación Río Itata en Coelemu
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.130 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.130 – Antecedentes, Estación Río Itata en Coelemu
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	12/1989	12/1991
		11/1993	10/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	11/1989
		05/1993	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	08/1985	09/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.131.

Tabla 4.131 – Área de Drenaje, Estación Río Itata en Coelemu
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	10 353.13 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.82, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.53).

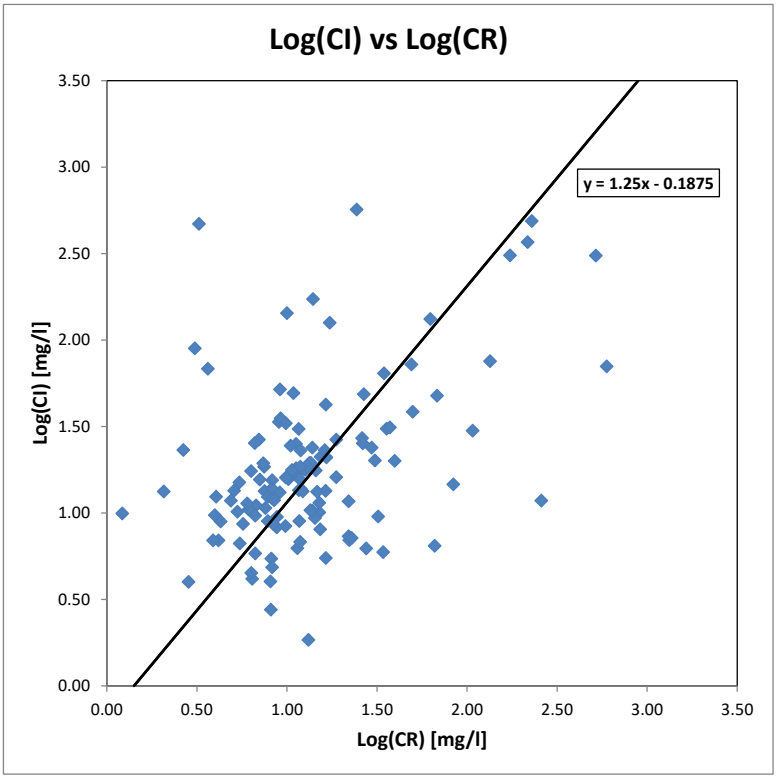


Figura 4.82 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Itata en Coelemu

$$CI = 0.65 \cdot CR^{1.25} \qquad \text{Ec. (4.53)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.132 a continuación.

Tabla 4.132 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Itata en Coelemu

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	8086.1 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	7547.1 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.26 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.83, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.54).

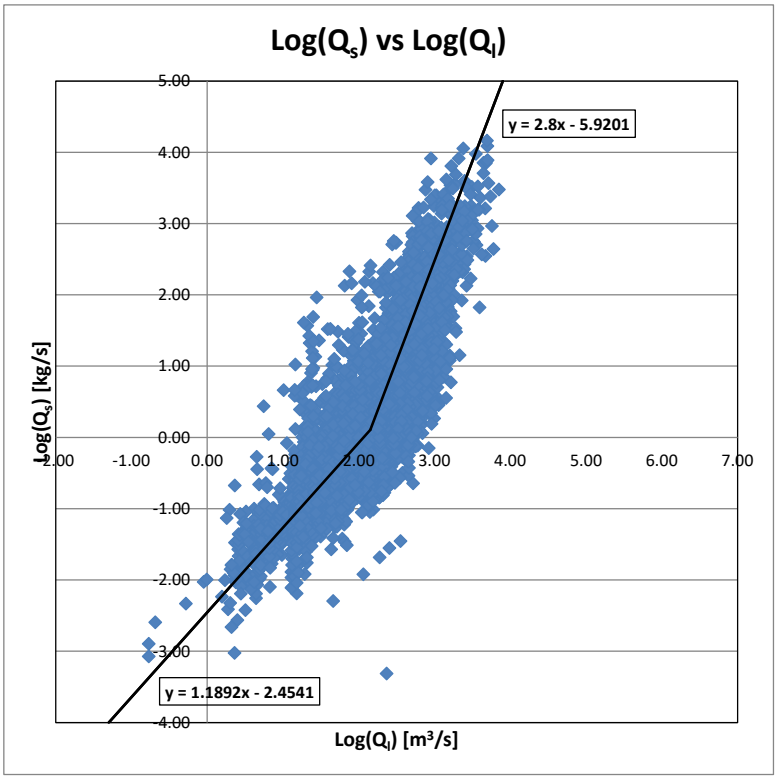


Figura 4.83 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Itata en Coelemu

$$Q_s \begin{cases} 3.51 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{1.19} & , \quad Q_l < 141.82\ [m^3/s] \\ 1.20 \cdot 10^{-6} \cdot {Q_l}^{2.80} & , \quad Q_l > 141.82\ [m^3/s] \end{cases} \qquad \text{Ec. (4.54)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.133 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.134.

Tabla 4.133 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Coelemu

$\bar{Q}_{s,prom}$	7 963 239.15 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	353.29 m^3/s

Tabla 4.134 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Itata en Coelemu

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	8086.06	105090.5	0.003	105090.5	2.88	2.88	8086.06	0.22	0.22
0.02	6488.00	56729.68	0.02	80910.08	14.51	17.39	7287.03	1.31	1.53
0.05	5780.00	41048.56	0.03	48889.12	15.16	32.55	6134.00	1.90	3.43
0.10	5203.00	30578.12	0.05	35813.34	18.51	51.06	5491.50	2.84	6.27
0.31	4206.00	16855.20	0.21	23716.66	49.03	100.09	4704.50	9.73	15.99
0.51	3523.00	10262.55	0.20	13558.88	26.63	126.72	3864.50	7.59	23.58
0.81	2816.00	5481.15	0.30	7871.85	23.60	150.32	3169.50	9.50	33.09
1.00	2583.00	4303.76	0.20	4892.45	9.61	159.93	2699.50	5.30	38.39
3.01	1465.00	879.52	2.01	2591.64	51.97	211.90	2024.00	40.59	78.98
5.00	1116.00	410.54	2.00	645.03	12.87	224.77	1290.50	25.75	104.72
8.00	859.00	197.28	3.00	303.91	9.11	233.88	987.50	29.60	134.33
10.01	764.00	142.09	2.01	169.68	3.40	237.28	811.50	16.27	150.60
20.00	515.00	47.09	10.00	94.59	9.46	246.74	639.50	63.92	214.52
30.01	382.00	20.40	10.01	33.75	3.38	250.12	448.50	44.88	259.40
40.00	288.00	9.25	10.00	14.83	1.48	251.60	335.00	33.49	292.89
50.00	202.00	3.43	10.00	6.34	0.63	252.23	245.00	24.49	317.38
60.01	122.00	0.84	10.01	2.13	0.21	252.44	162.00	16.21	333.59
70.00	76.20	0.22	10.00	0.53	0.05	252.50	99.10	9.91	343.49
80.01	40.80	0.04	10.01	0.13	0.01	252.51	58.50	5.85	349.35
90.00	19.00	0.005	10.00	0.02	0.002	252.51	29.90	2.99	352.33
99.99	0.17	8.56E-09	9.99	0.002	0.0002	**252.51**	9.59	0.96	**353.29**

4.2.27. Estación Río Laja en Puente Perales

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.84 se muestra su ubicación geográfica.

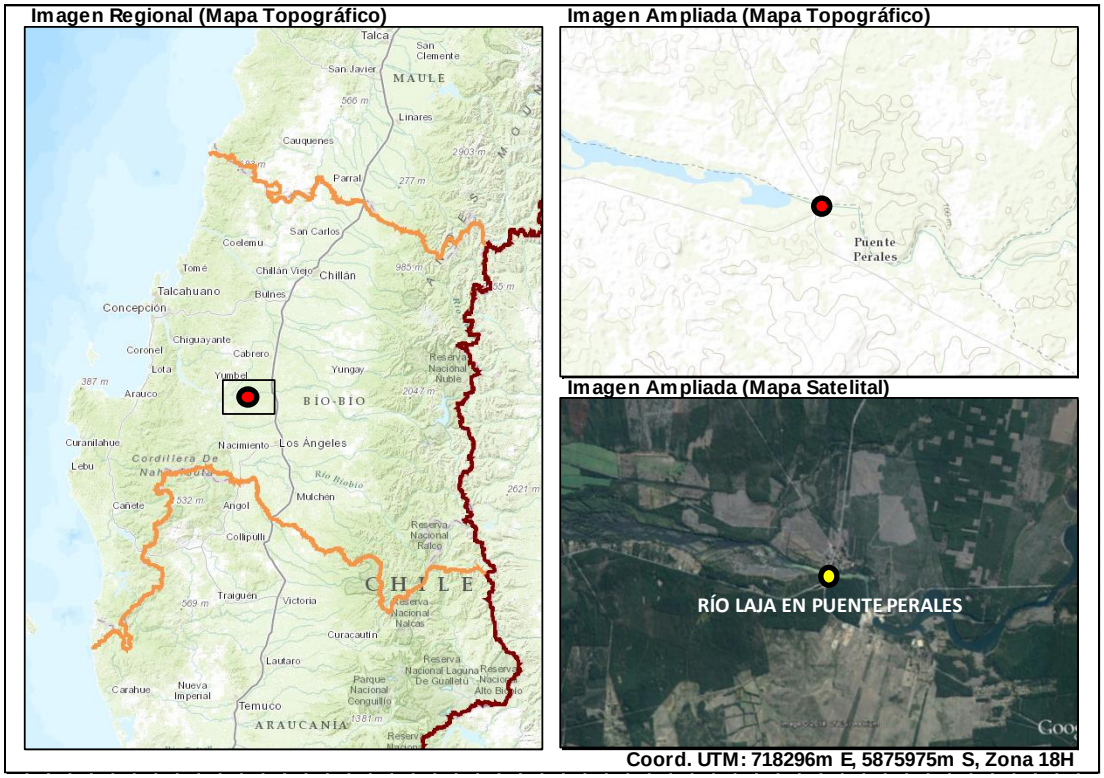


Figura 4.84 – Ubicación geográfica, Estación Río Laja en Puente Perales
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.135 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.135 – Antecedentes, Estación Río Laja en Puente Perales
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	12/1989	10/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	11/1989
		05/1993	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	08/1957	08/2010
		04/2012	06/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.136.

Tabla 4.136 – Área de Drenaje, Estación Río Laja en Puente Perales
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	3 598.59 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.85, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.55).

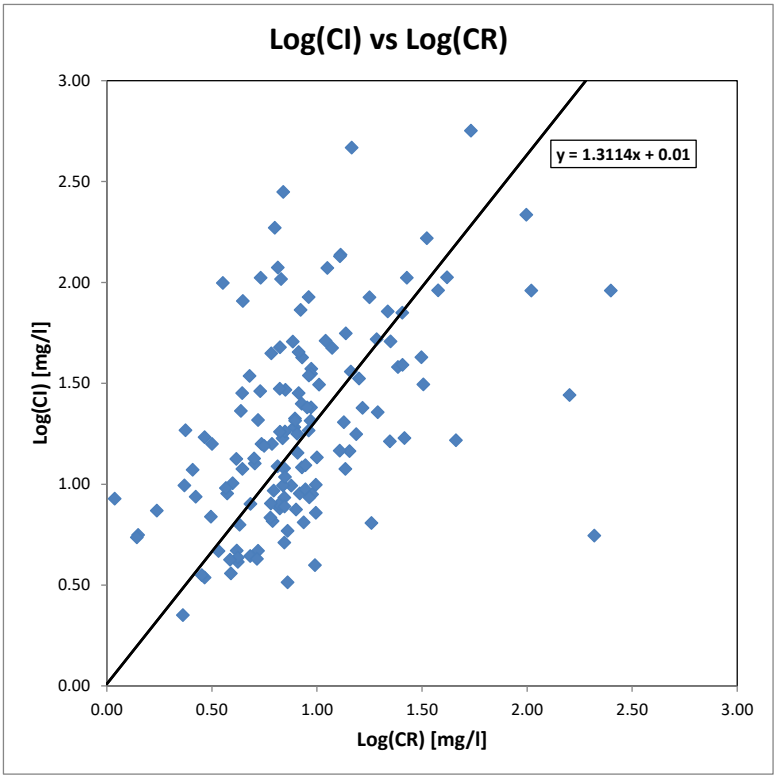


Figura 4.85 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Laja en Puente Perales

$$CI = 1.02 \cdot CR^{1.31} \qquad \text{Ec. (4.55)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.137 a continuación.

Tabla 4.137 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Laja en Puente Perales

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	2152.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.27 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.86, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.56).

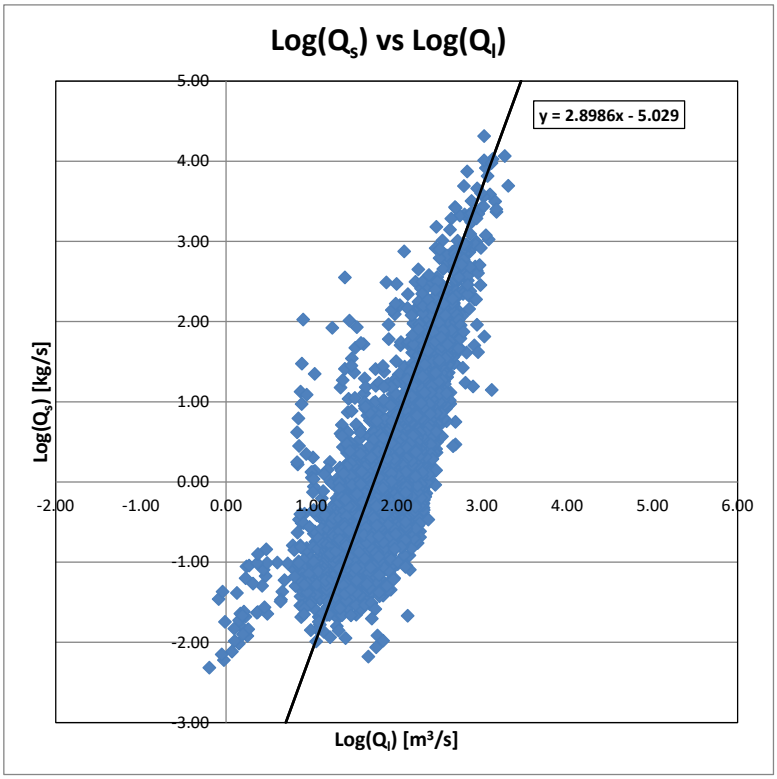


Figura 4.86 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Laja en Puente Perales

$$Q_s = 9.35 \cdot 10^{-6} \cdot {Q_l}^{2.90} \qquad \text{Ec. (4.56)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.138 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.139.

Tabla 4.138 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Laja en Puente Perales

$\bar{Q}_{s,prom}$	3 191 891.46	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	153.41	m^3/s

Tabla 4.139 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Laja en Puente Perales

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	2152.86	42862.67	0.003	42862.67	1.17	1.17	2152.86	0.06	0.06
0.02	1501.00	15068.05	0.02	28965.36	5.38	6.55	1826.93	0.34	0.40
0.05	1351.00	11104.98	0.03	13086.51	4.18	10.74	1426.00	0.46	0.85
0.10	1234.00	8540.56	0.05	9822.77	4.71	15.45	1292.50	0.62	1.47
0.30	984.00	4430.94	0.20	6485.75	13.13	28.58	1109.00	2.25	3.72
0.50	860.00	2998.73	0.20	3714.83	7.32	35.90	922.00	1.82	5.54
0.80	742.00	1955.03	0.30	2476.88	7.52	43.43	801.00	2.43	7.97
1.00	685.00	1550.72	0.20	1752.87	3.46	46.88	713.50	1.41	9.38
3.01	435.00	415.84	2.00	983.28	19.70	66.58	560.00	11.22	20.60
5.00	363.00	246.12	2.00	330.98	6.61	73.19	399.00	7.97	28.57
8.00	307.00	151.43	3.00	198.78	5.96	79.16	335.00	10.05	38.62
10.00	284.00	120.83	2.00	136.13	2.72	81.88	295.50	5.90	44.52
20.00	219.00	56.89	10.00	88.86	8.89	90.76	251.50	25.15	69.67
30.00	186.00	35.43	10.00	46.16	4.62	95.38	202.50	20.25	89.93
40.00	154.00	20.50	10.00	27.97	2.80	98.18	170.00	17.00	106.93
50.00	124.00	10.94	10.00	15.72	1.57	99.75	139.00	13.89	120.82
60.00	95.80	5.18	10.00	8.06	0.81	100.55	109.90	10.99	131.81
70.00	75.40	2.59	10.00	3.88	0.39	100.94	85.60	8.56	140.37
80.00	56.50	1.12	10.00	1.85	0.19	101.13	65.95	6.60	146.97
90.00	35.80	0.30	10.00	0.71	0.07	101.20	46.15	4.62	151.59
99.99	0.64	0.000003	9.99	0.15	0.01	**101.21**	18.22	1.82	**153.41**

4.2.28. Estación Río Ñuble en San Fabián

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región del Biobío. En la Figura 4.87 se muestra su ubicación geográfica.

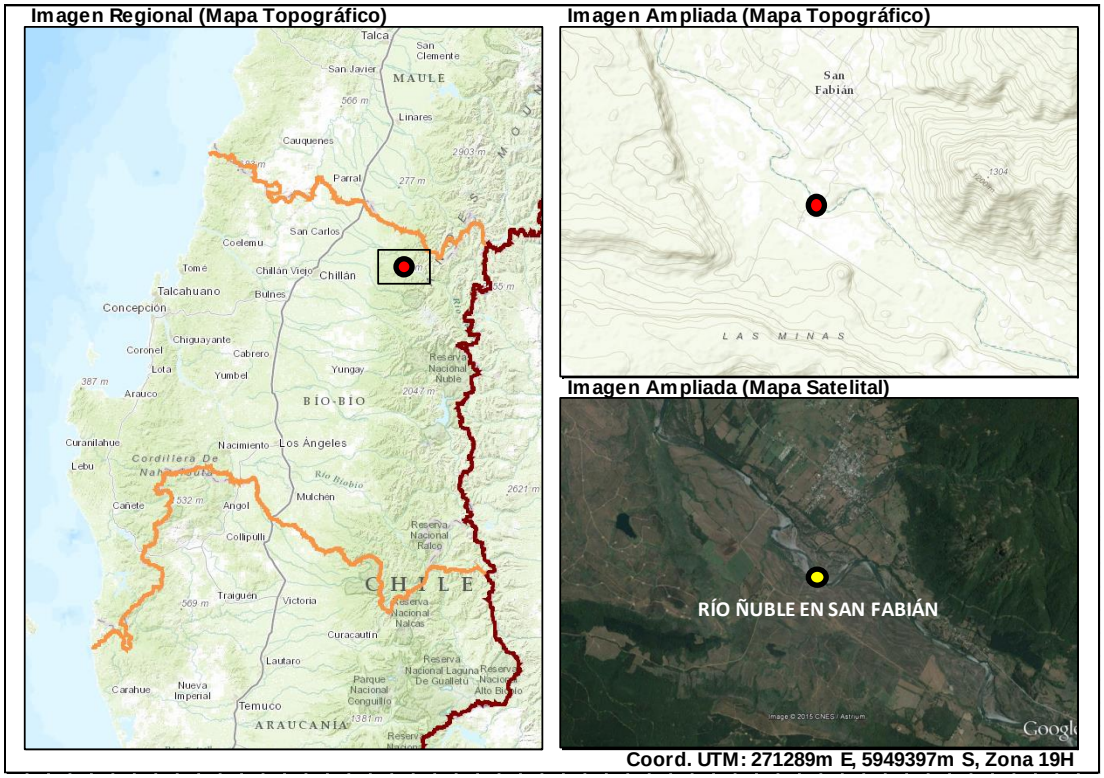


Figura 4.87 – Ubicación geográfica, Estación Río Ñuble en San Fabián
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.140 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.140 – Antecedentes, Estación Río Ñuble en San Fabián
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	08/1992	03/1997
		06/1999	12/1999
	Muestreo Integrado	05/1993	04/1999
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1946	11/1998

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.141.

Tabla 4.141 – Área de Drenaje, Estación Río Ñuble en San Fabián
Fuente: Vicencio M. (2012) [3]

$A_{drenaje}$	1 709.00 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.88, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.57).

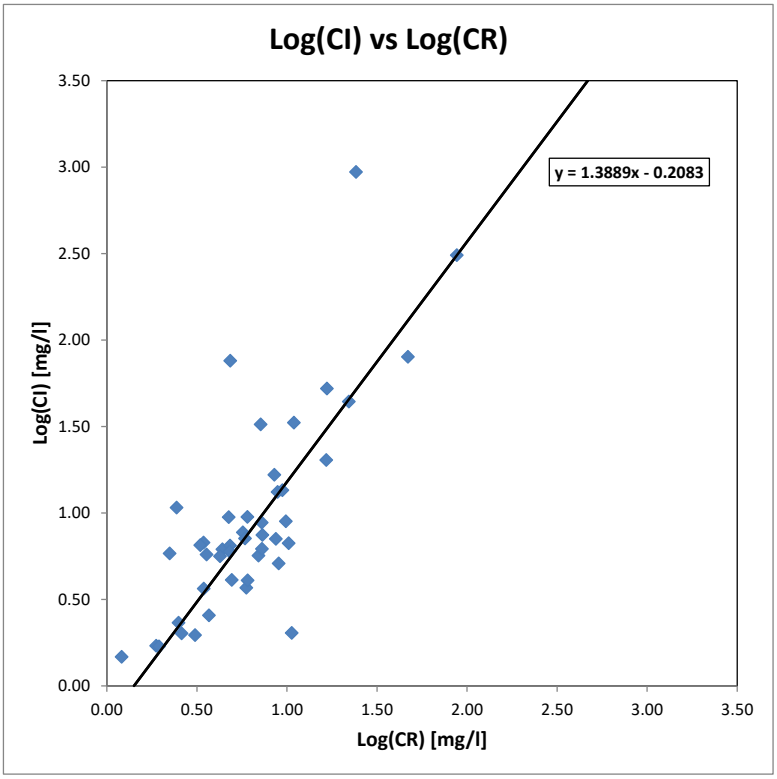


Figura 4.88 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Ñuble en San Fabián

$$CI = 0.62 \cdot CR^{1.39} \qquad \text{Ec. (4.57)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.142 a continuación.

Tabla 4.142 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Ñuble en San Fabián

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	2634.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.28 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.89, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.58).

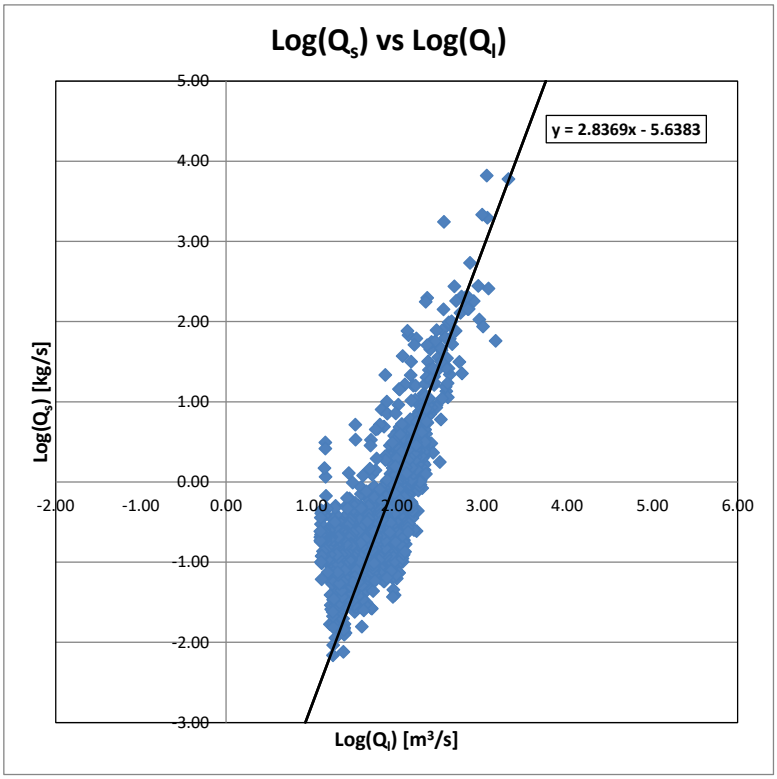


Figura 4.89 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Ñuble en San Fabián

$$Q_s = 2.30 \cdot 10^{-6} \cdot {Q_l}^{2.84} \qquad \text{Ec. (4.58)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.143 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.144.

Tabla 4.143 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Ñuble en San Fabián

$\bar{Q}_{s,prom}$	380 358.30	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	111.03	m^3/s

Tabla 4.144 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Ñuble en San Fabián

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	2634.92	11643.32	0.003	11643.32	0.32	0.32	2634.92	0.07	0.07
0.01	2059.00	5783.78	0.01	8713.55	0.73	1.05	2346.96	0.20	0.27
0.05	1457.00	2168.30	0.04	3976.04	1.55	2.60	1758.00	0.69	0.96
0.10	1213.00	1289.15	0.05	1728.72	0.87	3.47	1335.00	0.67	1.63
0.30	931.00	608.57	0.20	948.86	1.90	5.37	1072.00	2.15	3.78
0.50	750.00	329.58	0.20	469.08	0.94	6.32	840.50	1.69	5.46
0.80	638.00	208.30	0.30	268.94	0.81	7.12	694.00	2.09	7.55
1.00	579.00	158.18	0.20	183.24	0.37	7.49	608.50	1.22	8.77
3.00	344.00	36.11	2.00	97.14	1.94	9.44	461.50	9.23	18.01
5.01	277.00	19.53	2.00	27.82	0.56	9.99	310.50	6.21	24.22
8.00	238.00	12.70	3.00	16.12	0.48	10.48	257.50	7.72	31.94
10.01	218.00	9.90	2.00	11.30	0.23	10.70	228.00	4.56	36.50
20.00	161.00	4.19	10.00	7.05	0.70	11.41	189.50	18.95	55.45
30.00	128.00	2.19	10.00	3.19	0.32	11.73	144.50	14.45	69.90
40.00	104.00	1.21	10.00	1.70	0.17	11.90	116.00	11.60	81.50
50.00	83.00	0.64	10.00	0.93	0.09	11.99	93.50	9.35	90.85
60.00	60.70	0.26	10.00	0.45	0.05	12.03	71.85	7.18	98.04
70.00	42.20	0.09	10.00	0.18	0.02	12.05	51.45	5.14	103.18
80.00	29.40	0.03	10.00	0.06	0.01	12.06	35.80	3.58	106.76
90.00	22.00	0.01	10.00	0.02	0.002	12.06	25.70	2.57	109.33
99.99	12.00	0.003	9.99	0.01	0.001	**12.06**	17.00	1.70	**111.03**

4.2.29. Estación Río Allipén en Los Laureles

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.90 se muestra su ubicación geográfica.

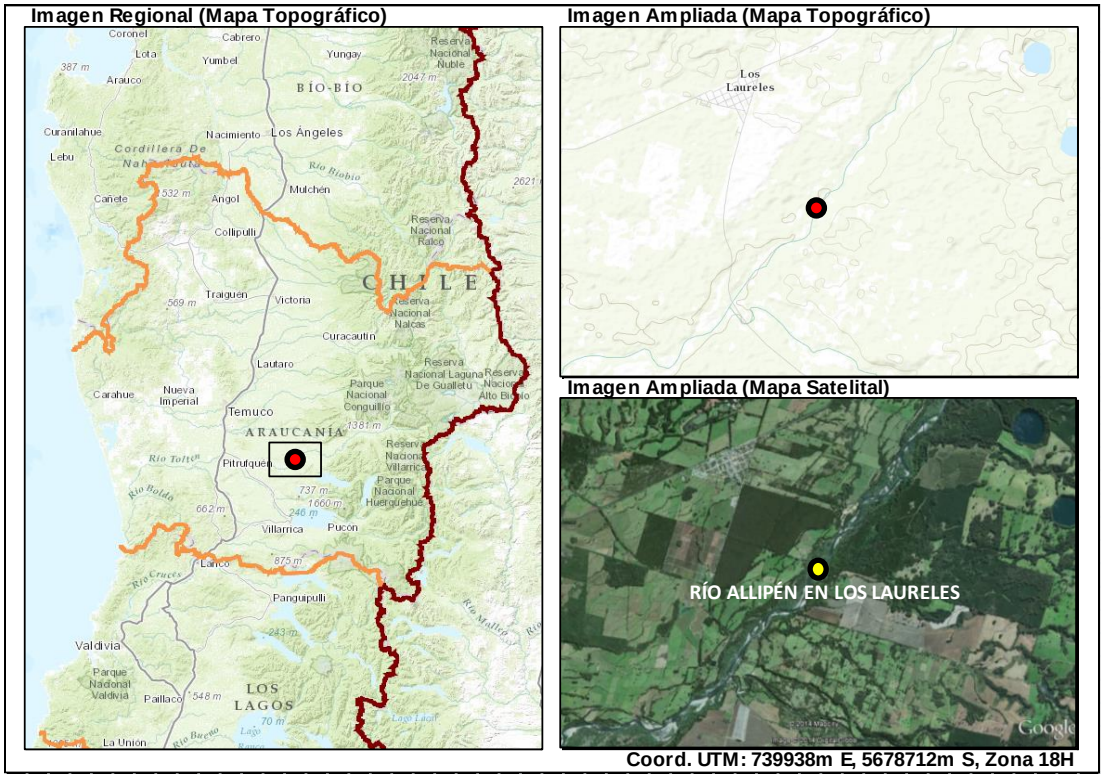


Figura 4.90 – Ubicación geográfica, Estación Río Allipén en Los Laureles
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.145 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.145 – Antecedentes, Estación Río Allipén en Los Laureles
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	10/1989	02/2013
	Muestreo Integrado	03/1985	07/1989
		08/1992	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	03/1946	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.146.

Tabla 4.146 – Área de Drenaje, Estación Río Allipén en Los Laureles
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	1 717.95 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.91, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.59).

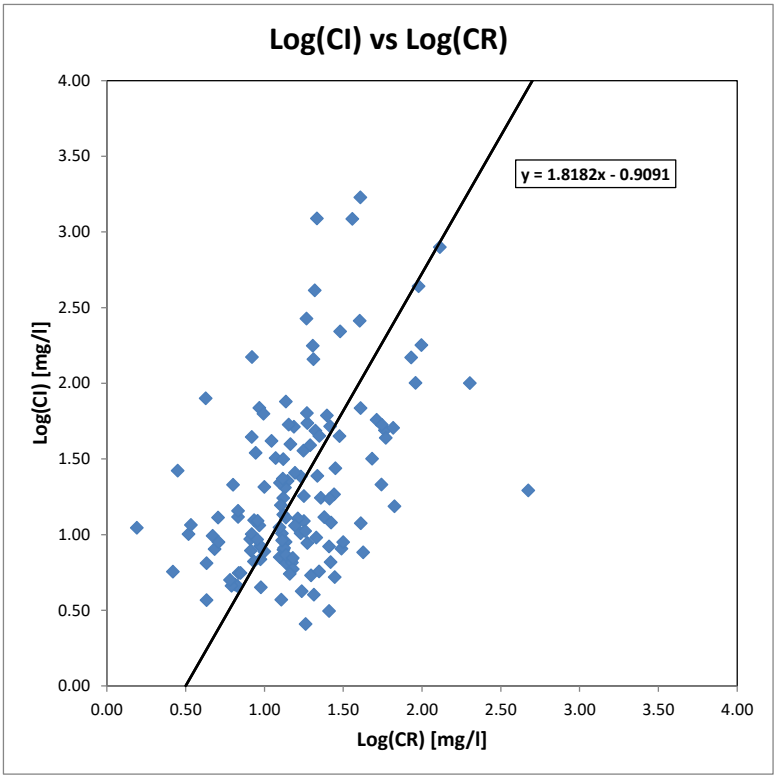


Figura 4.91 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Allipén en Los Laureles

$$CI = 0.12 \cdot CR^{1.82} \qquad \text{Ec. (4.59)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.147 a continuación.

Tabla 4.147 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Allipén en Los Laureles

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1362.4 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.29 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.92, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.60).

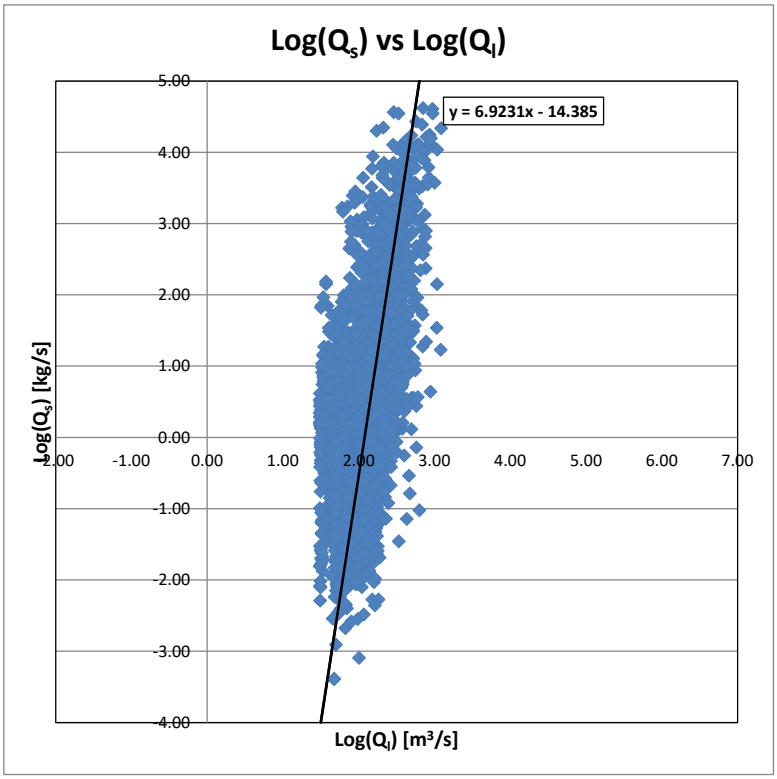


Figura 4.92 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Allipén en Los Laureles

$$Q_s = 4.12 \cdot 10^{-15} \cdot Q_l^{6.92} \qquad \text{Ec. (4.60)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.148 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.149.

Tabla 4.148 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Allipén en Los Laureles

$\bar{Q}_{s,prom}$	266 342 569.21 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	142.23 m^3/s

Tabla 4.149 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Allipén en Los Laureles

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1362.43	20614443	0.003	20614443	564.78	564.78	1362.43	0.04	0.04
0.01	1236.00	10503960	0.006	15559202	923.70	1488.48	1299.22	0.08	0.11
0.05	1087.00	4316391	0.04	7410176	3214.69	4703.17	1161.50	0.50	0.62
0.10	876.00	968835.8	0.05	2642613	1375.70	6078.87	981.50	0.51	1.13
0.30	737.00	292930.2	0.20	630883.0	1258.97	7337.85	806.50	1.61	2.74
0.50	644.00	115132.5	0.20	204031.3	407.16	7745.01	690.50	1.38	4.12
0.80	567.00	47679.41	0.30	81405.93	243.68	7988.68	605.50	1.81	5.93
1.00	527.00	28732.08	0.20	38205.75	76.24	8064.93	547.00	1.09	7.02
3.00	377.00	2826.63	2.00	15779.35	315.57	8380.50	452.00	9.04	16.06
5.00	312.00	762.57	2.00	1794.60	35.89	8416.39	344.50	6.89	22.95
8.00	267.00	259.41	3.00	510.99	15.34	8431.73	289.50	8.69	31.64
10.00	244.00	139.04	2.00	199.22	3.98	8435.71	255.50	5.11	36.75
20.00	184.00	19.70	10.00	79.37	7.94	8443.65	214.00	21.40	58.15
30.00	157.00	6.57	10.00	13.14	1.31	8444.96	170.50	17.05	75.20
40.00	136.00	2.43	10.00	4.50	0.45	8445.41	146.50	14.65	89.85
50.00	117.00	0.86	10.00	1.64	0.16	8445.58	126.50	12.65	102.50
60.00	101.00	0.31	10.00	0.58	0.06	8445.64	109.00	10.90	113.40
70.00	85.80	0.10	10.00	0.20	0.02	8445.66	93.40	9.34	122.74
80.00	73.40	0.03	10.00	0.07	0.01	8445.66	79.60	7.96	130.70
90.00	63.20	0.01	10.00	0.02	0.002	8445.67	68.30	6.83	137.53
100.0	31.00	0.0001	10.00	0.01	0.001	**8445.67**	47.10	4.71	**142.23**

4.2.30. Estación Río Cautín en Rari-Ruca

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.93 se muestra su ubicación geográfica.

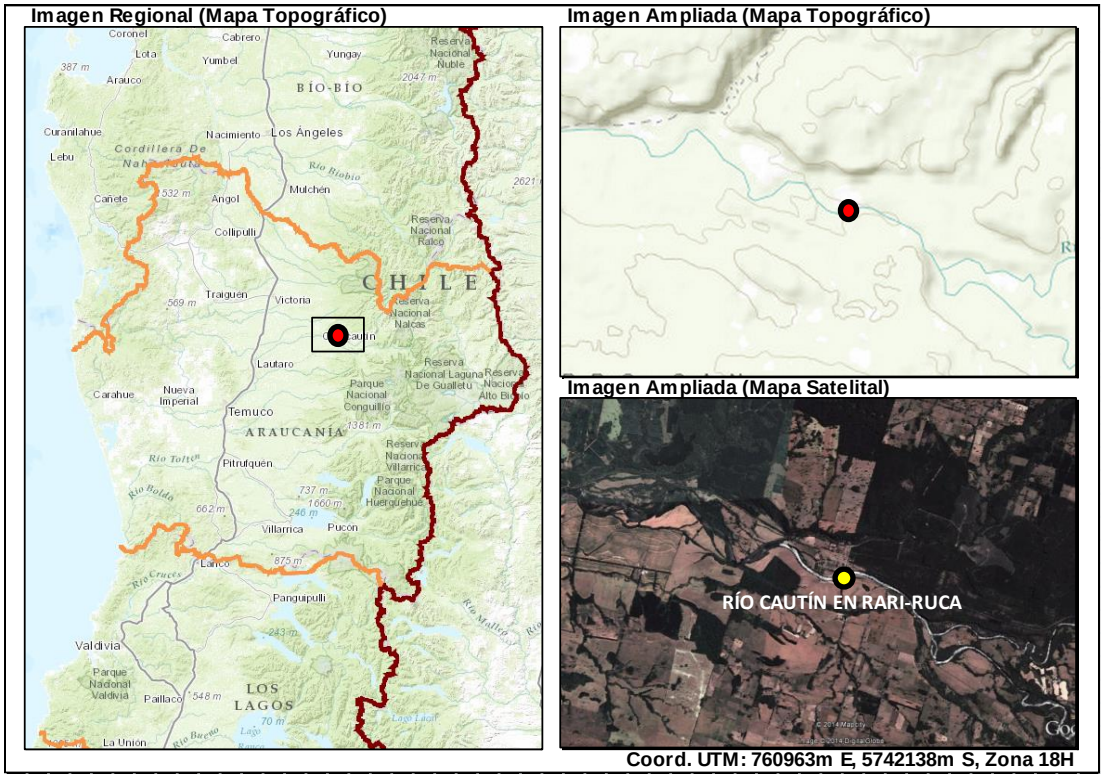


Figura 4.93 – Ubicación geográfica, Estación Río Cautín en Rari-Ruca
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.150 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.150 – Antecedentes, Estación Río Cautín en Rari-Ruca
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	10/1989	02/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	07/1989
		09/1992	12/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	03/1929	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.151.

Tabla 4.151 – Área de Drenaje, Estación Río Cautín en Rari-Ruca
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	1 252.44 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.94, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.61).

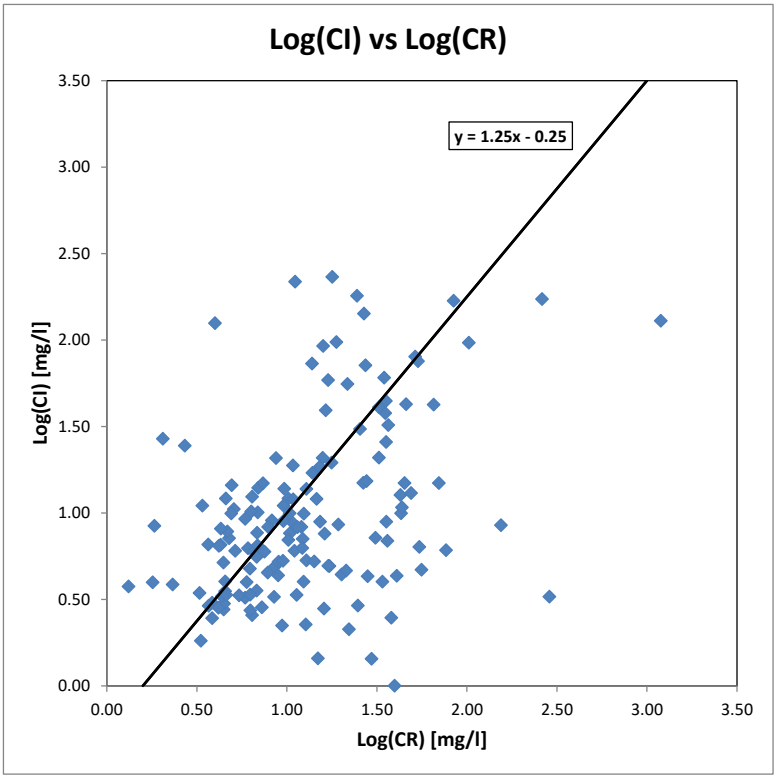


Figura 4.94 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

$$CI = 0.56 \cdot CR^{1.25} \qquad \text{Ec. (4.61)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.152 a continuación.

Tabla 4.152 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	971.8 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.30 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.95, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.62).

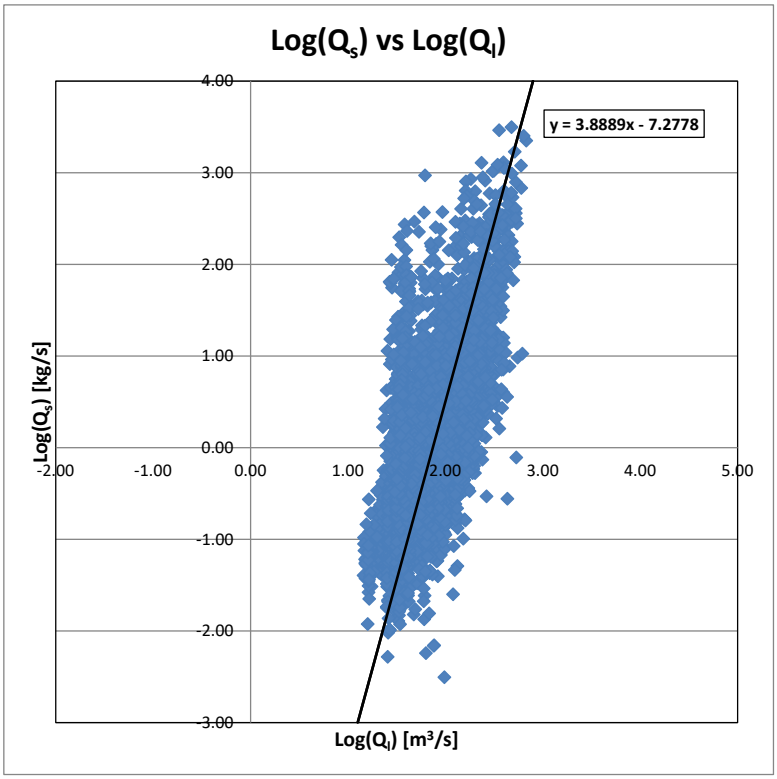


Figura 4.95 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

$$Q_s = 5.27 \cdot 10^{-8} \cdot {Q_l}^{3.89} \qquad \text{Ec. (4.62)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.153 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.154.

Tabla 4.153 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

$\bar{Q}_{s,prom}$	1 582 687.53	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	105.23	m^3/s

Tabla 4.154 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	971.75	21903.09	0.003	21903.09	0.60	0.60	971.75	0.03	0.03
0.01	801.00	10330.86	0.01	16116.97	1.20	1.80	886.38	0.07	0.09
0.05	682.00	5527.19	0.04	7929.02	3.23	5.02	741.50	0.30	0.39
0.10	599.00	3336.84	0.05	4432.01	2.25	7.28	640.50	0.33	0.72
0.30	539.00	2213.48	0.20	2775.16	5.55	12.83	569.00	1.14	1.86
0.50	500.00	1652.82	0.20	1933.15	3.87	16.69	519.50	1.04	2.90
0.80	465.00	1246.40	0.30	1449.61	4.32	21.02	482.50	1.44	4.34
1.00	446.00	1059.74	0.20	1153.07	2.31	23.32	455.50	0.91	5.25
3.00	318.00	284.37	2.00	672.06	13.44	36.77	382.00	7.64	12.89
5.00	266.00	142.01	2.00	213.19	4.26	41.03	292.00	5.84	18.73
8.00	222.00	70.30	3.00	106.15	3.18	44.21	244.00	7.32	26.05
10.00	201.00	47.76	2.00	59.03	1.18	45.40	211.50	4.23	30.28
20.00	142.00	12.37	10.00	30.06	3.01	48.40	171.50	17.15	47.43
30.00	117.00	5.82	10.00	9.09	0.91	49.31	129.50	12.95	60.38
40.00	99.70	3.13	10.00	4.47	0.45	49.76	108.35	10.84	71.21
50.00	83.80	1.59	10.00	2.36	0.24	49.99	91.75	9.18	80.39
60.00	67.10	0.67	10.00	1.13	0.11	50.11	75.45	7.55	87.94
70.00	53.50	0.28	10.00	0.47	0.05	50.15	60.30	6.03	93.97
80.00	43.40	0.12	10.00	0.20	0.02	50.17	48.45	4.85	98.81
90.00	35.20	0.05	10.00	0.09	0.01	50.18	39.30	3.93	102.74
100.0	14.60	0.002	9.99	0.03	0.003	**50.19**	24.90	2.49	**105.23**

4.2.31. Estación Río Cholchol en Cholchol

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.96 se muestra su ubicación geográfica.

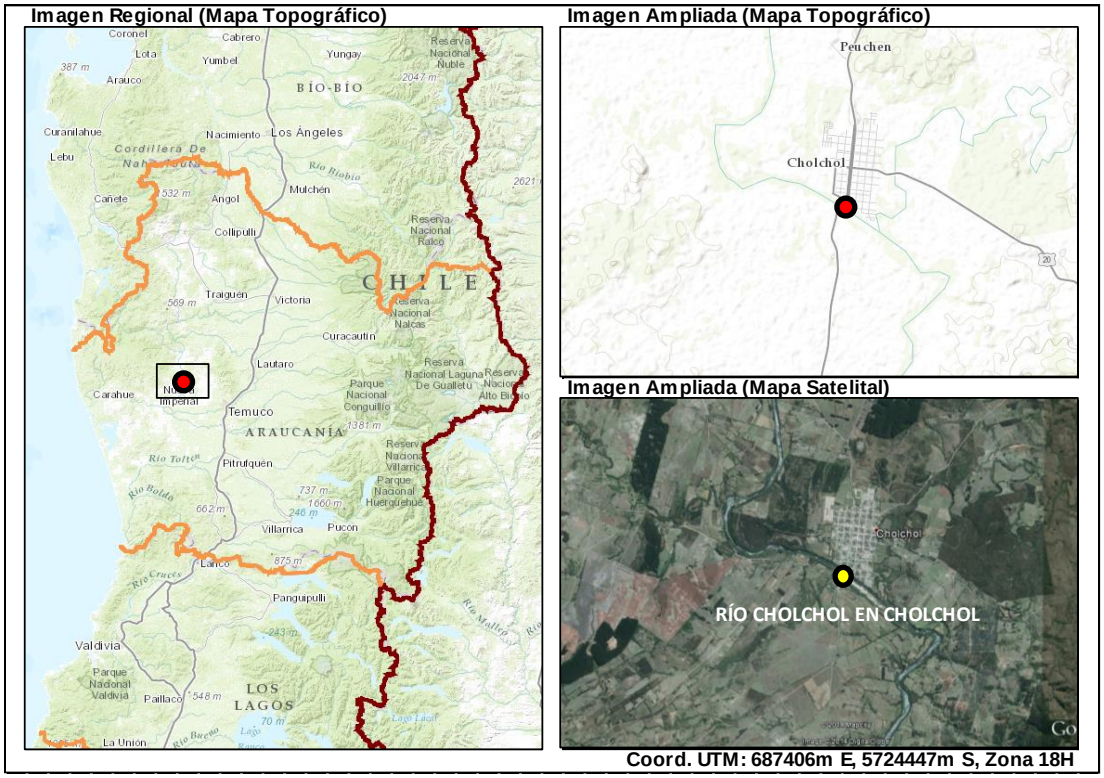


Figura 4.96 – Ubicación geográfica, Estación Río Cholchol en Cholchol
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.155 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.155 – Antecedentes, Estación Río Cholchol en Cholchol
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	10/1989	05/2013
	Muestreo Integrado	03/1985	07/1989
		08/1992	02/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	01/1974	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.156.

Tabla 4.156 – Área de Drenaje, Estación Río Cholchol en Cholchol
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	4 880.40 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.97, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.63).

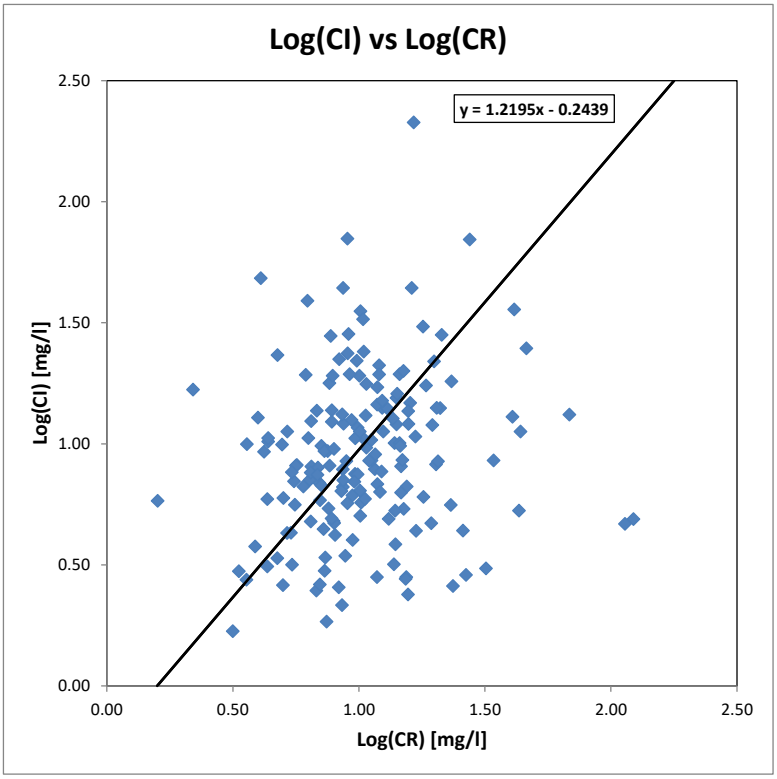


Figura 4.97 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cholchol en Cholchol

$$CI = 0.57 \cdot CR^{1.22} \qquad \text{Ec. (4.63)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.157 a continuación.

Tabla 4.157 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cholchol en Cholchol

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	2262.7 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	2029.3 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.31 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.98, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.64).

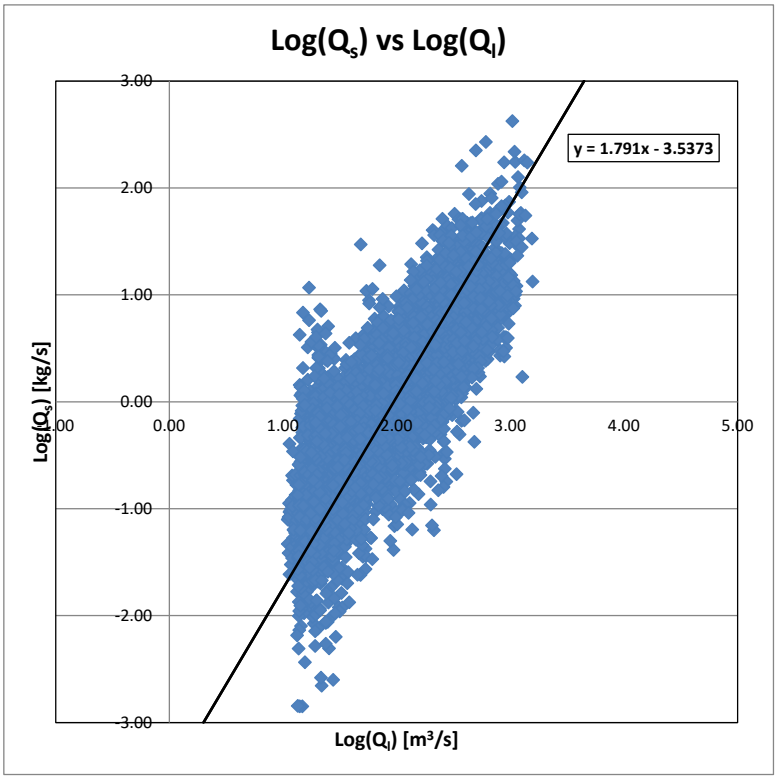


Figura 4.98 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cholchol en Cholchol

$$Q_s = 2.90 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{1.79} \qquad \text{Ec. (4.64)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.158 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.159.

Tabla 4.158 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cholchol en Cholchol

$\bar{Q}_{s,prom}$	119 641.14	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	130.00	m^3/s

Tabla 4.159 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cholchol en Cholchol

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	2262.69	295.69	0.003	295.69	0.01	0.01	2262.69	0.06	0.06
0.01	2029.31	243.31	0.003	269.50	0.01	0.02	2146.00	0.06	0.12
0.06	1404.00	125.79	0.05	184.55	0.09	0.11	1716.65	0.87	0.99
0.11	1304.00	110.20	0.05	117.99	0.06	0.17	1354.00	0.67	1.66
0.30	1116.00	83.38	0.20	96.79	0.19	0.36	1210.00	2.39	4.05
0.50	997.00	68.13	0.20	75.76	0.15	0.51	1056.50	2.08	6.13
0.80	894.00	56.05	0.30	62.09	0.19	0.70	945.50	2.86	9.00
1.00	843.00	50.45	0.20	53.25	0.11	0.80	868.50	1.71	10.71
3.00	585.00	26.22	2.00	38.34	0.77	1.57	714.00	14.28	24.99
5.00	460.00	17.05	2.00	21.64	0.43	2.00	522.50	10.45	35.45
8.00	358.00	10.88	3.00	13.97	0.42	2.42	409.00	12.27	47.72
10.00	314.00	8.60	2.00	9.74	0.19	2.61	336.00	6.72	54.44
20.01	195.00	3.67	10.00	6.13	0.61	3.23	254.50	25.46	79.90
30.00	136.00	1.92	10.00	2.79	0.28	3.51	165.50	16.54	96.44
40.00	94.00	0.99	10.00	1.46	0.15	3.65	115.00	11.50	107.94
50.00	60.50	0.45	10.00	0.72	0.07	3.73	77.25	7.72	115.67
60.00	39.00	0.21	10.00	0.33	0.03	3.76	49.75	4.98	120.64
70.01	27.80	0.11	10.00	0.16	0.02	3.77	33.40	3.34	123.98
80.00	22.20	0.07	10.00	0.09	0.01	3.78	25.00	2.50	126.48
90.00	18.50	0.05	10.00	0.06	0.01	3.79	20.35	2.04	128.52
99.99	11.10	0.02	9.99	0.04	0.004	**3.79**	14.80	1.48	**130.00**

4.2.32. Estación Río Dónguil en Gorbea

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.99 se muestra su ubicación geográfica.

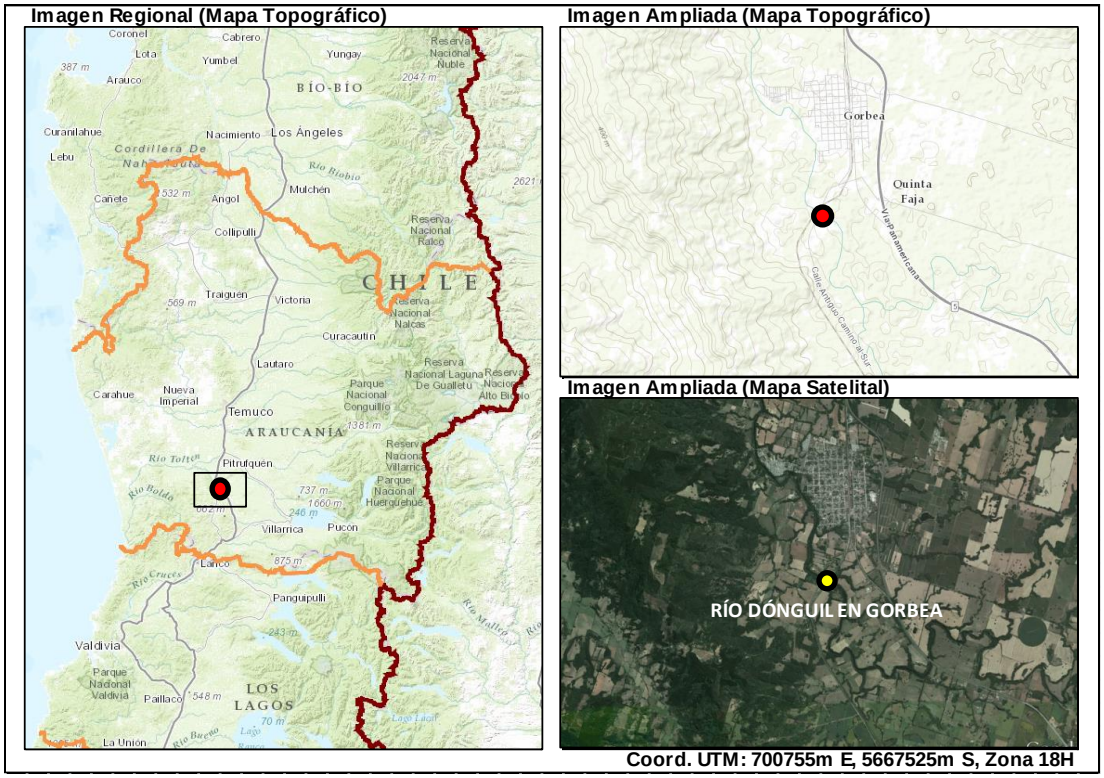


Figura 4.99 – Ubicación geográfica, Estación Río Dónguil en Gorbea
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.160 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.160 – Antecedentes, Estación Río Dónguil en Gorbea
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	10/1989	05/2013
	Muestreo Integrado	03/1985	07/1989
		09/1992	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1965	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.161.

Tabla 4.161 – Área de Drenaje, Estación Río Dónguil en Gorbea
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	741.34 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.100, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.65).

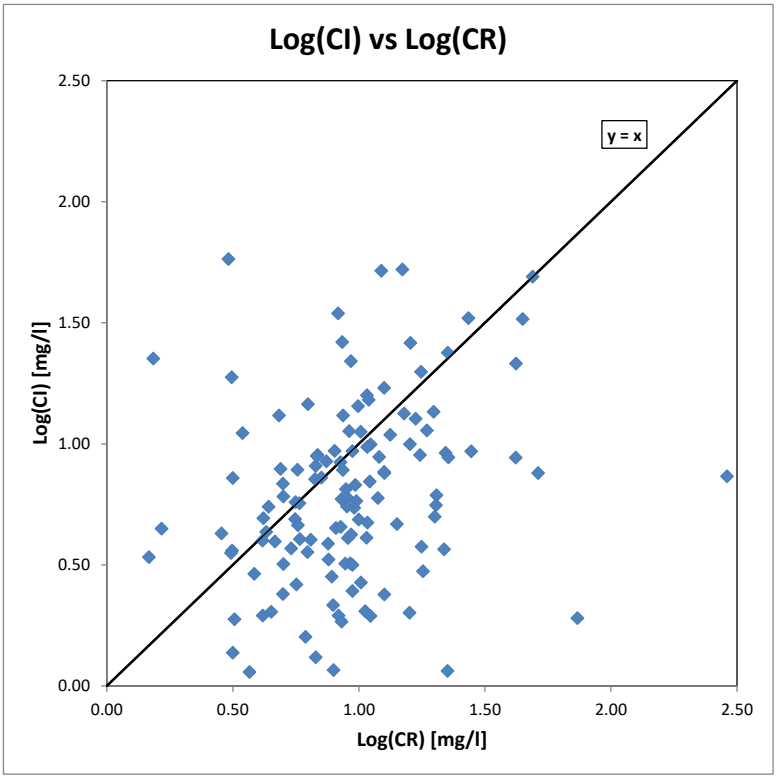


Figura 4.100 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Dónguil en Gorbea

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.65)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.162 a continuación.

Tabla 4.162 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Dónguil en Gorbea

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	436.8 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	394.6 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.32 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.101, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.66).

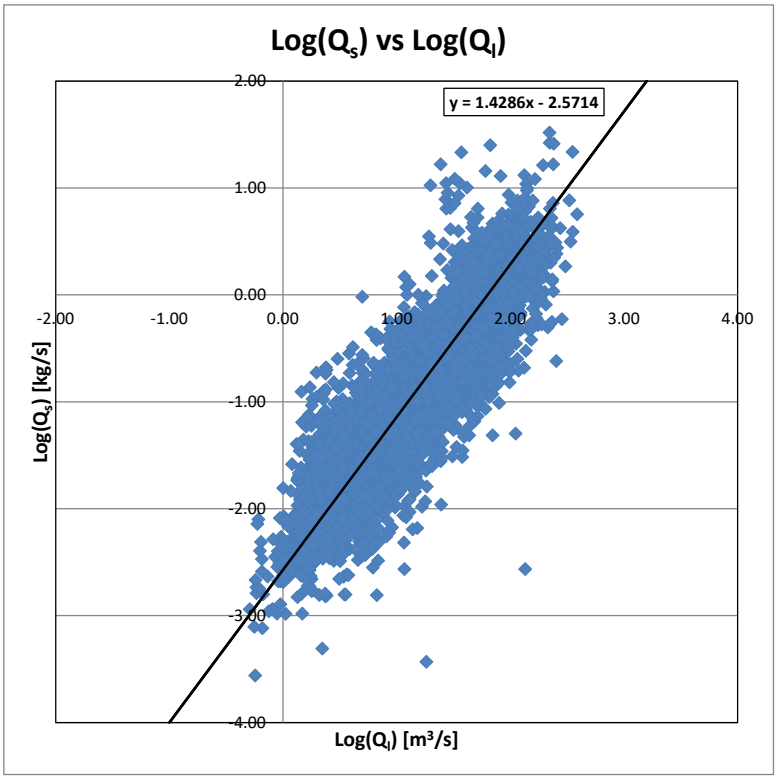


Figura 4.101 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Dónguil en Gorbea

$$Q_s = 2.68 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{1.43} \qquad \text{Ec. (4.66)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.163 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.164.

Tabla 4.163 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Dónguil en Gorbea

$\bar{Q}_{s,prom}$	16 231.70	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	31.95	m^3/s

Tabla 4.164 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Dónguil en Gorbea

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	436.79	15.87	0.003	15.87	0.0004	0.0004	436.79	0.01	0.01
0.01	394.65	13.73	0.003	14.80	0.0004	0.001	415.72	0.01	0.02
0.05	286.00	8.66	0.05	11.20	0.01	0.01	340.32	0.17	0.19
0.10	251.00	7.19	0.05	7.93	0.004	0.01	268.50	0.13	0.32
0.30	213.00	5.69	0.20	6.44	0.01	0.02	232.00	0.46	0.78
0.51	194.00	4.98	0.20	5.33	0.01	0.03	203.50	0.42	1.20
0.80	177.00	4.37	0.29	4.67	0.01	0.05	185.50	0.55	1.74
1.00	168.00	4.05	0.20	4.21	0.01	0.06	172.50	0.35	2.10
3.00	126.00	2.69	2.00	3.37	0.07	0.12	147.00	2.94	5.03
5.00	104.00	2.04	2.00	2.36	0.05	0.17	115.00	2.30	7.33
8.00	86.60	1.57	3.00	1.81	0.05	0.22	95.30	2.86	10.19
10.00	79.10	1.38	2.00	1.48	0.03	0.25	82.85	1.66	11.85
20.00	54.00	0.80	10.00	1.09	0.11	0.36	66.55	6.66	18.50
30.00	39.30	0.51	10.00	0.65	0.07	0.43	46.65	4.67	23.17
40.00	27.10	0.30	10.00	0.40	0.04	0.47	33.20	3.32	26.49
50.00	16.90	0.15	10.00	0.23	0.02	0.49	22.00	2.20	28.69
60.00	10.70	0.08	10.00	0.12	0.01	0.50	13.80	1.38	30.07
70.00	6.53	0.04	10.00	0.06	0.01	0.51	8.62	0.86	30.93
80.00	4.21	0.02	10.00	0.03	0.003	0.51	5.37	0.54	31.47
90.01	2.70	0.01	10.00	0.02	0.002	0.51	3.46	0.35	31.81
99.99	0.10	0.0001	9.99	0.01	0.001	**0.51**	1.40	0.14	**31.95**

4.2.33. Estación Río Lumaco en Lumaco

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.102 se muestra su ubicación geográfica.

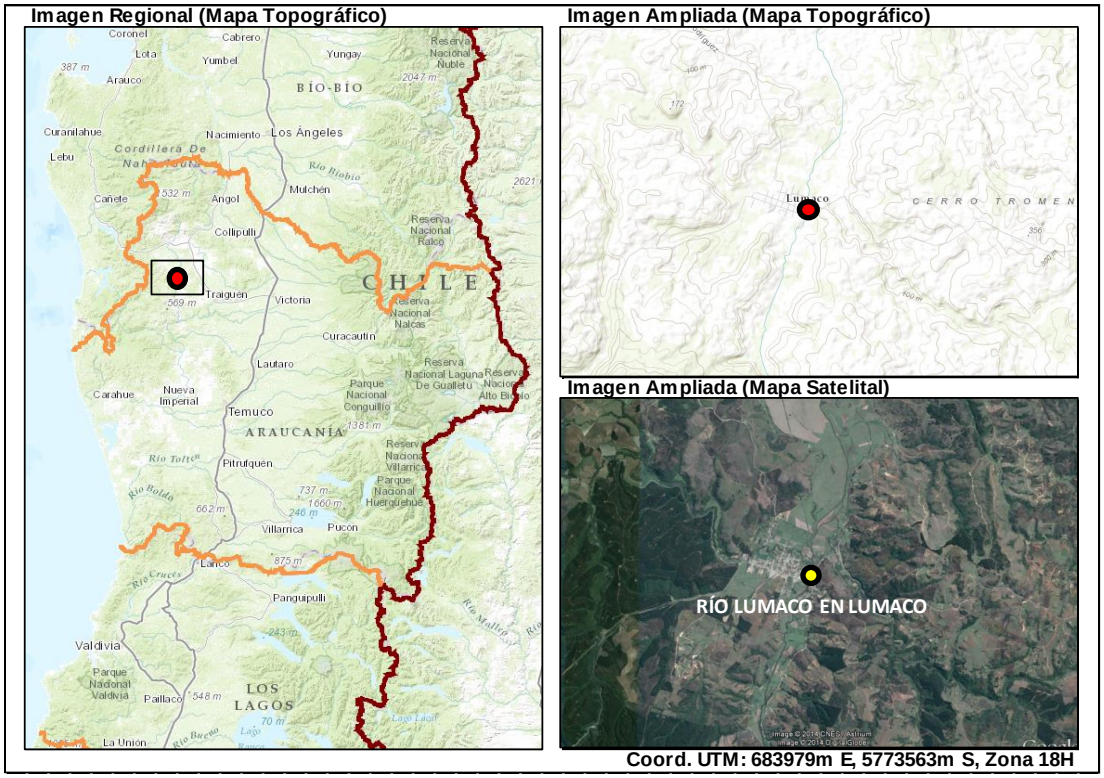


Figura 4.102 – Ubicación geográfica, Estación Río Lumaco en Lumaco
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.165 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.165 – Antecedentes, Estación Río Lumaco en Lumaco
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	03/1985	05/2013
	Muestreo Integrado	03/1985	07/1989
		09/2000	11/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	10/1947	05/1973
		10/1974	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.166.

Tabla 4.166 – Área de Drenaje, Estación Río Lumaco en Lumaco
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	1 036.30 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.103, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.67).

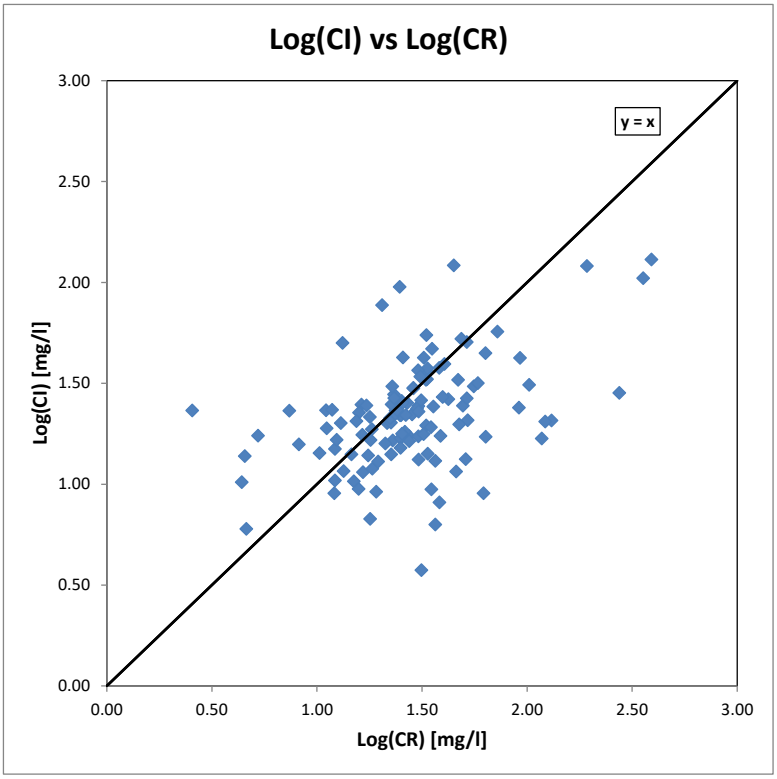


Figura 4.103 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Lumaco en Lumaco

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.67)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.167 a continuación.

Tabla 4.167 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Lumaco en Lumaco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	329.0 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.33 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.104, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.68).

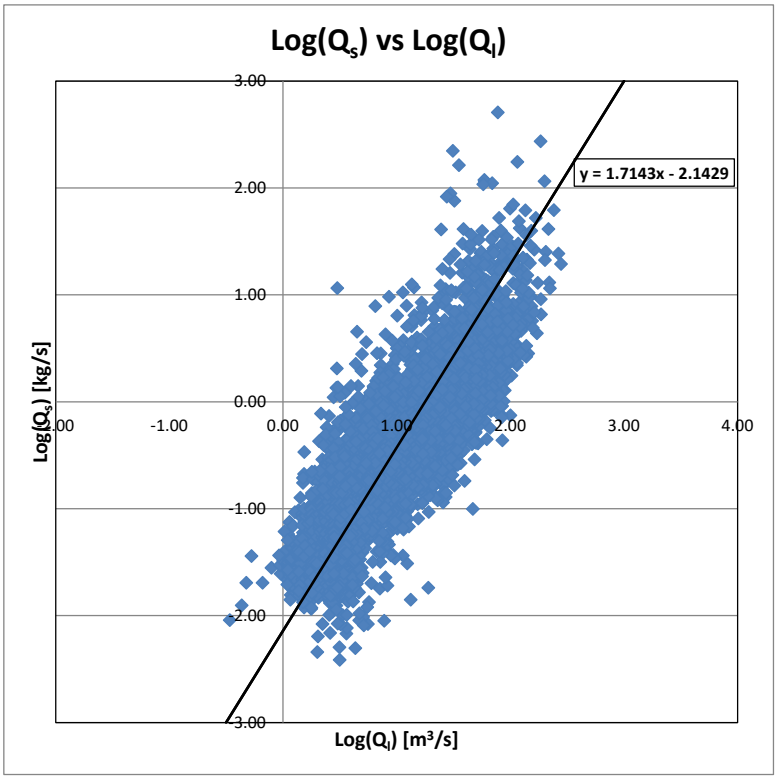


Figura 4.104 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Lumaco en Lumaco

$$Q_s = 0.01 \cdot Q_l^{1.71} \qquad \text{Ec. (4.68)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.168 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.169.

Tabla 4.168 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Lumaco en Lumaco

$\bar{Q}_{s,prom}$	65 911.73 Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	18.21 m^3/s

Tabla 4.169 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Lumaco en Lumaco

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	328.96	148.68	0.003	148.68	0.004	0.004	328.96	0.01	0.01
0.01	273.00	108.00	0.01	128.34	0.01	0.02	300.98	0.03	0.04
0.05	237.00	84.75	0.04	96.37	0.04	0.06	255.00	0.10	0.14
0.10	215.00	71.71	0.05	78.23	0.04	0.09	226.00	0.11	0.25
0.30	170.00	47.95	0.20	59.83	0.12	0.22	192.50	0.39	0.64
0.50	145.00	36.50	0.20	42.23	0.08	0.30	157.50	0.31	0.95
0.80	128.00	29.48	0.30	32.99	0.10	0.40	136.50	0.41	1.36
1.00	119.00	26.01	0.20	27.75	0.06	0.45	123.50	0.25	1.61
3.00	81.20	13.51	2.00	19.76	0.40	0.85	100.10	2.00	3.61
5.00	64.80	9.18	2.00	11.34	0.23	1.08	73.00	1.46	5.07
8.00	51.40	6.17	3.00	7.67	0.23	1.31	58.10	1.74	6.81
10.00	45.50	5.01	2.00	5.59	0.11	1.42	48.45	0.97	7.78
20.00	27.70	2.14	10.00	3.57	0.36	1.77	36.60	3.66	11.44
30.00	18.00	1.02	10.00	1.58	0.16	1.93	22.85	2.29	13.73
40.00	11.80	0.50	10.00	0.76	0.08	2.01	14.90	1.49	15.22
50.00	8.00	0.25	10.00	0.37	0.04	2.05	9.90	0.99	16.21
60.00	5.57	0.14	10.00	0.20	0.02	2.07	6.79	0.68	16.89
70.00	4.21	0.08	10.00	0.11	0.01	2.08	4.89	0.49	17.38
80.00	3.40	0.06	10.00	0.07	0.01	2.08	3.81	0.38	17.76
90.00	2.64	0.04	10.00	0.05	0.005	2.09	3.02	0.30	18.06
100.0	0.34	0.001	9.99	0.02	0.002	**2.09**	1.49	0.15	**18.21**

4.2.34. Estación Río Quepe en Quepe

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.105 se muestra su ubicación geográfica.

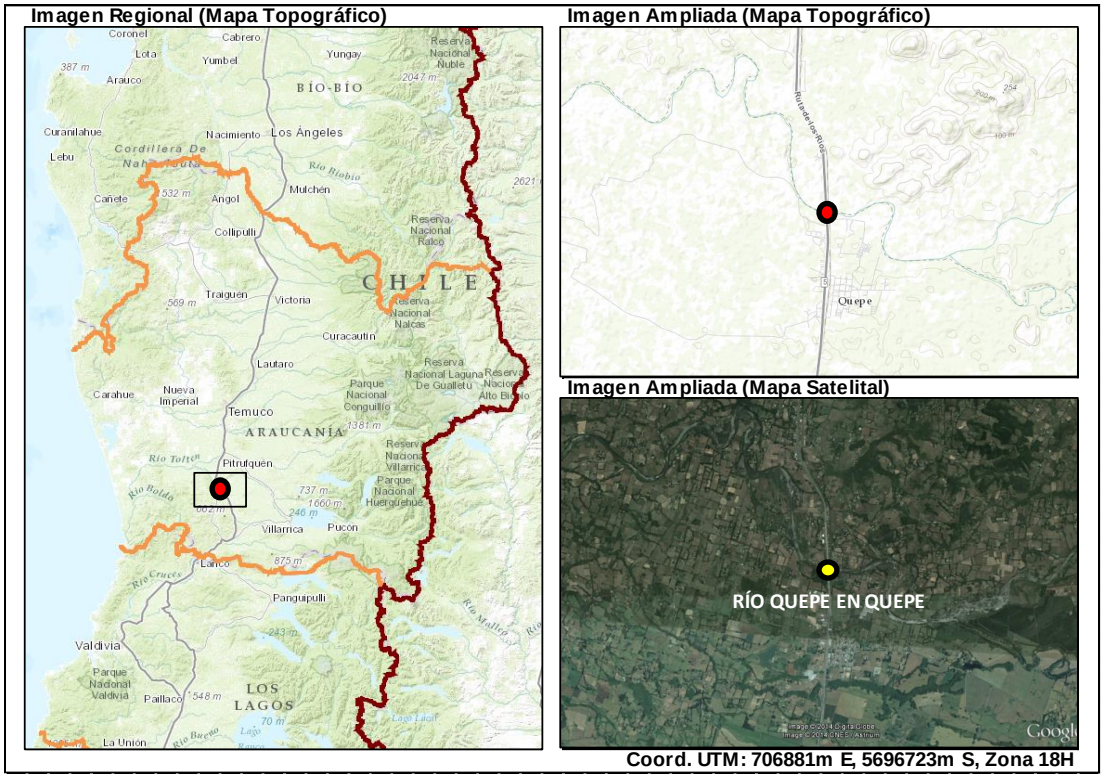


Figura 4.105 – Ubicación geográfica, Estación Río Quepe en Quepe
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.170 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.170 – Antecedentes, Estación Río Quepe en Quepe
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	11/1989	05/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	07/1989
		08/1992	01/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	12/1962	02/1973
		09/1974	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.171.

Tabla 4.171 – Área de Drenaje, Estación Río Quepe en Quepe
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	1 620.76 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.106, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.69).

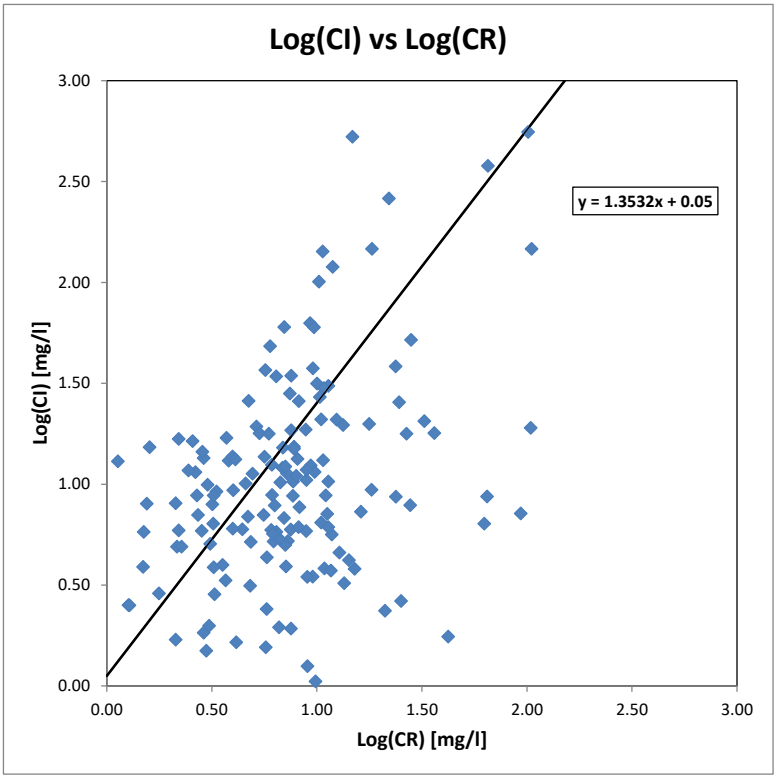


Figura 4.106 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Quepe en Quepe

$$CI = 1.12 \cdot CR^{1.35} \qquad \text{Ec. (4.69)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.172 a continuación.

Tabla 4.172 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Quepe en Quepe

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1388.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.34 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.107, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.70).

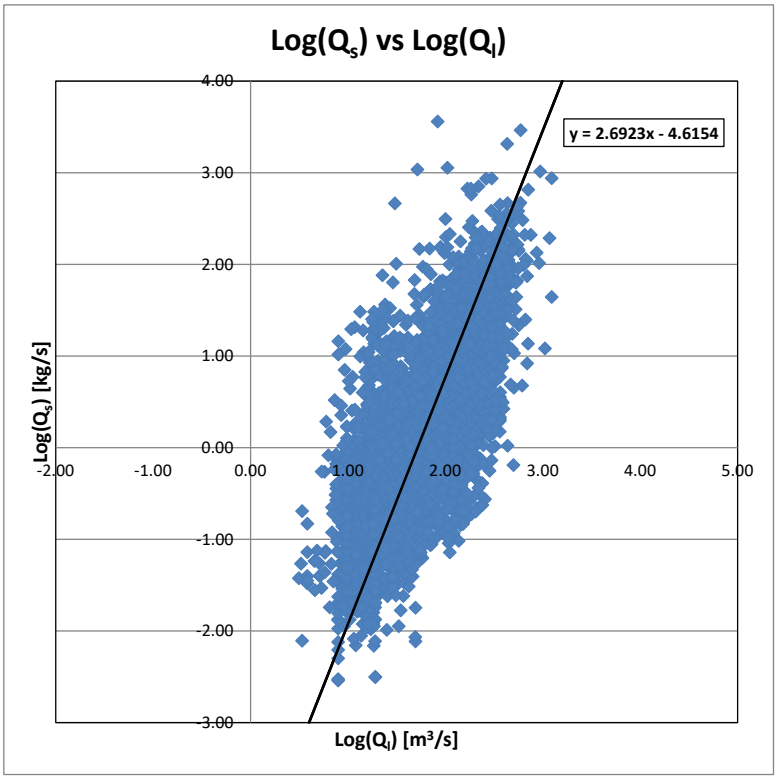


Figura 4.107 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Quepe en Quepe

$$Q_s = 2.42 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{2.69} \qquad \text{Ec. (4.70)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.173 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.174.

Tabla 4.173 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Quepe en Quepe

$\bar{Q}_{s,prom}$	622 221.12	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	88.36	m^3/s

Tabla 4.174 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Quepe en Quepe

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1388.88	7007.97	0.003	7007.97	0.19	0.19	1388.88	0.04	0.04
0.01	1245.00	5220.65	0.003	6114.31	0.19	0.38	1316.94	0.04	0.08
0.05	877.00	2032.53	0.05	3626.59	1.69	2.07	1061.00	0.50	0.57
0.10	748.00	1324.36	0.05	1678.45	0.88	2.95	812.50	0.43	1.00
0.30	555.00	593.01	0.20	958.68	1.90	4.85	651.50	1.29	2.29
0.50	488.00	419.40	0.20	506.21	1.00	5.86	521.50	1.03	3.33
0.80	424.00	287.25	0.30	353.33	1.07	6.93	456.00	1.38	4.71
1.00	396.00	238.99	0.20	263.12	0.52	7.45	410.00	0.81	5.52
3.00	298.00	111.16	2.00	175.07	3.50	10.95	347.00	6.94	12.46
5.00	255.00	73.07	2.00	92.11	1.84	12.80	276.50	5.53	17.99
8.00	215.00	46.16	3.00	59.61	1.79	14.58	235.00	7.04	25.04
10.00	195.00	35.49	2.00	40.82	0.82	15.40	205.00	4.10	29.14
20.00	136.00	13.45	10.00	24.47	2.45	17.85	165.50	16.55	45.69
30.01	104.00	6.53	10.00	9.99	1.00	18.85	120.00	12.00	57.69
40.00	79.50	3.17	10.00	4.85	0.48	19.33	91.75	9.17	66.87
50.00	58.40	1.38	10.00	2.28	0.23	19.56	68.95	6.90	73.76
60.00	42.40	0.58	10.00	0.98	0.10	19.66	50.40	5.04	78.80
70.00	31.60	0.26	10.00	0.42	0.04	19.70	37.00	3.70	82.50
80.00	23.80	0.12	10.00	0.19	0.02	19.72	27.70	2.77	85.27
90.00	17.40	0.05	10.00	0.09	0.01	19.73	20.60	2.06	87.33
99.99	3.16	0.001	9.99	0.03	0.003	**19.73**	10.28	1.03	**88.36**

4.2.35. Estación Río Trancura antes Río Llafenco

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.108 se muestra su ubicación geográfica.

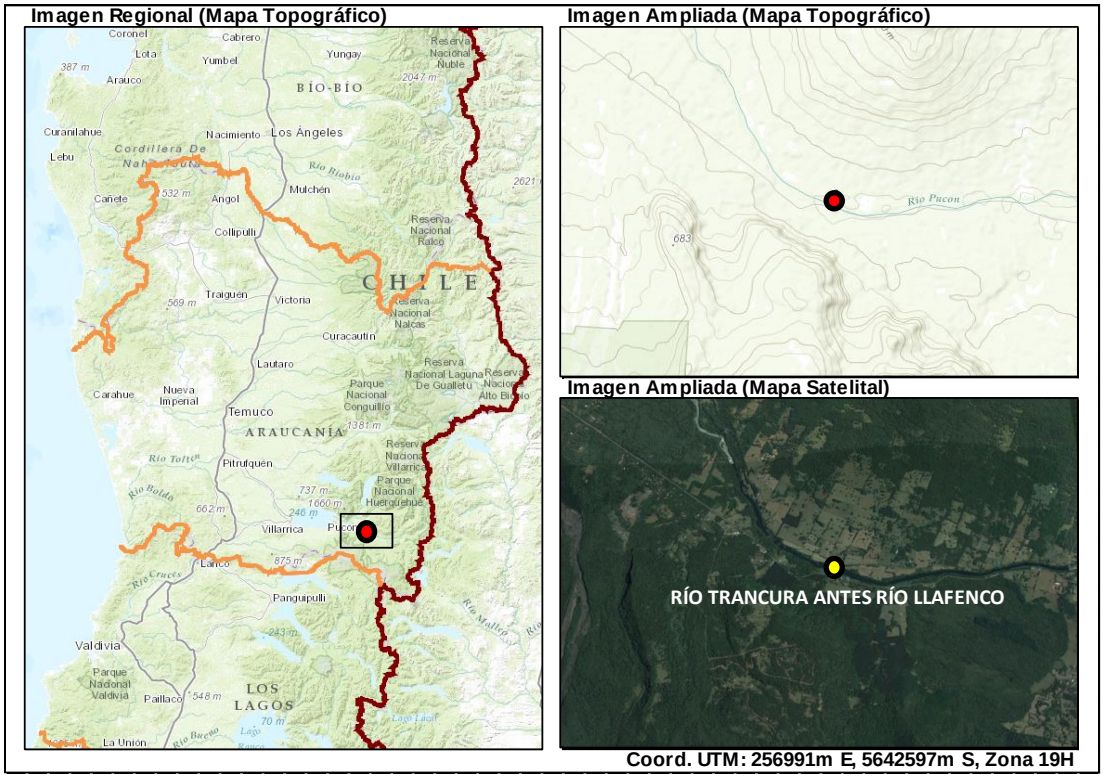


Figura 4.108 – Ubicación geográfica, Estación Río Trancura antes Río Llafenco
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.175 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.175 – Antecedentes, Estación Río Trancura antes Río Llafenco
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	10/1989	06/2013
	Muestreo Integrado	05/1985	07/1989
		08/1992	08/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	10/1970	01/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.176.

Tabla 4.176 – Área de Drenaje, Estación Río Trancura antes Río Llafenco
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	1 418.58 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.109, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.71).

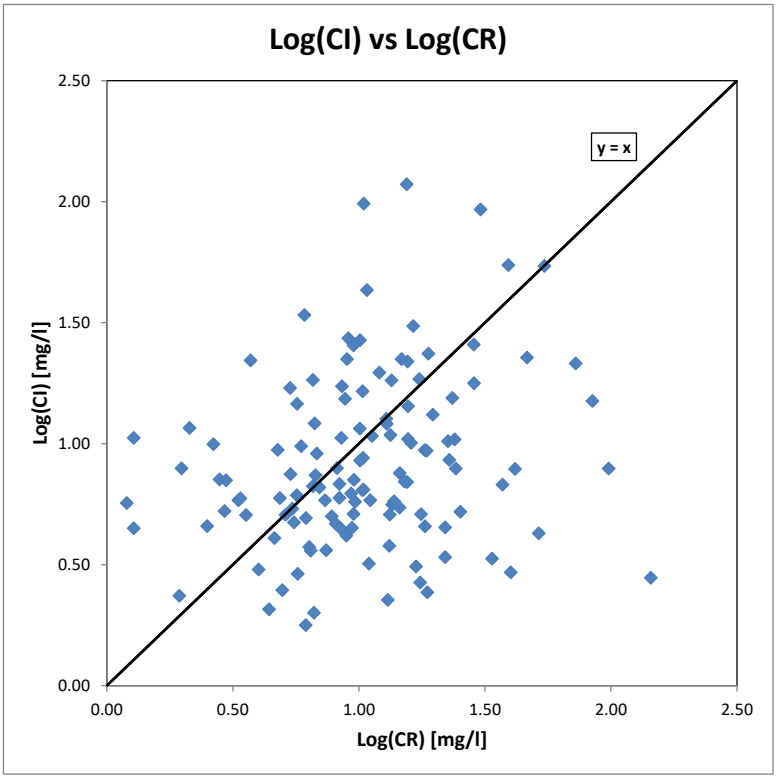


Figura 4.109 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.71)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.177 a continuación.

Tabla 4.177 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1456.7 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1294.0 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.35 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.110, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.72).

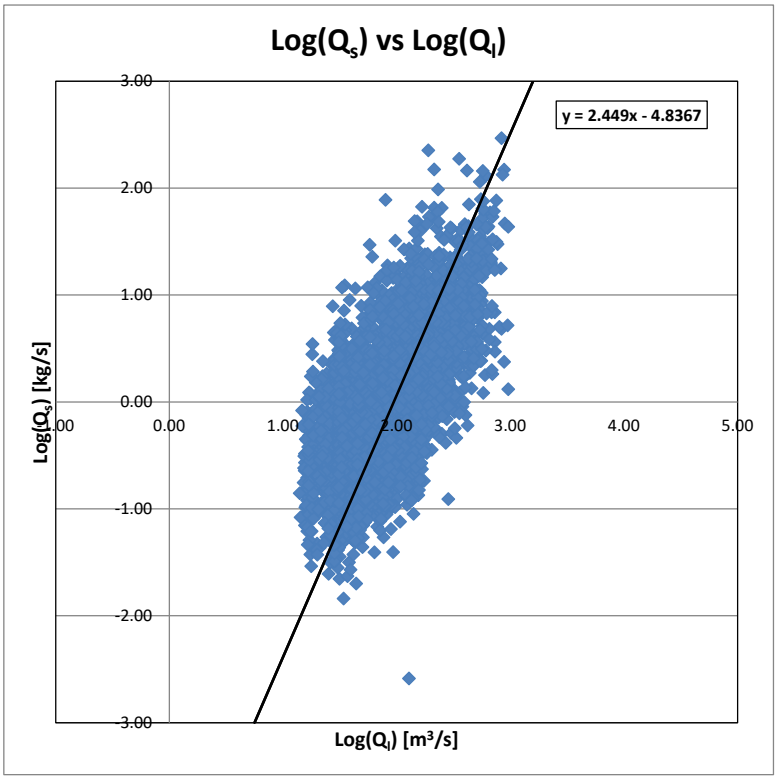


Figura 4.110 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

$$Q_s = 1.46 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{2.45} \qquad \text{Ec. (4.72)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.178 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.179.

Tabla 4.178 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

$\bar{Q}_{s,prom}$	140 783.87	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	114.69	m^3/s

Tabla 4.179 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1456.73	813.60	0.003	813.60	0.02	0.02	1456.73	0.04	0.04
0.01	1294.04	608.78	0.003	711.19	0.02	0.04	1375.38	0.04	0.08
0.05	902.00	251.54	0.05	430.16	0.21	0.25	1098.02	0.53	0.61
0.10	843.00	213.13	0.05	232.33	0.11	0.36	872.50	0.41	1.02
0.30	683.00	127.29	0.20	170.21	0.34	0.70	763.00	1.54	2.56
0.50	604.00	94.20	0.20	110.75	0.22	0.93	643.50	1.30	3.86
0.80	546.00	73.57	0.30	83.88	0.25	1.17	575.00	1.70	5.56
1.00	515.00	63.76	0.20	68.66	0.14	1.31	530.50	1.07	6.63
3.00	352.00	25.11	2.00	44.43	0.89	2.20	433.50	8.67	15.30
5.00	290.00	15.62	2.00	20.36	0.41	2.61	321.00	6.42	21.72
8.00	238.00	9.63	3.00	12.62	0.38	2.99	264.00	7.92	29.64
10.00	216.00	7.59	2.00	8.61	0.17	3.16	227.00	4.54	34.18
20.00	161.00	3.70	10.00	5.64	0.56	3.72	188.50	18.85	53.03
30.00	132.00	2.27	10.00	2.98	0.30	4.02	146.50	14.65	67.68
40.01	110.00	1.45	10.00	1.86	0.19	4.21	121.00	12.10	79.78
50.00	88.10	0.84	9.99	1.15	0.11	4.32	99.05	9.90	89.68
60.00	70.40	0.49	10.00	0.67	0.07	4.39	79.25	7.93	97.61
70.00	55.00	0.27	10.00	0.38	0.04	4.43	62.70	6.27	103.88
80.00	42.40	0.14	10.00	0.20	0.02	4.45	48.70	4.87	108.75
90.01	34.00	0.08	10.00	0.11	0.01	4.46	38.20	3.82	112.57
99.99	8.38	0.003	9.99	0.04	0.004	**4.46**	21.19	2.12	**114.69**

4.2.36. Estación Río Vergara en Tijeral

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de La Araucanía. En la Figura 4.111 se muestra su ubicación geográfica.

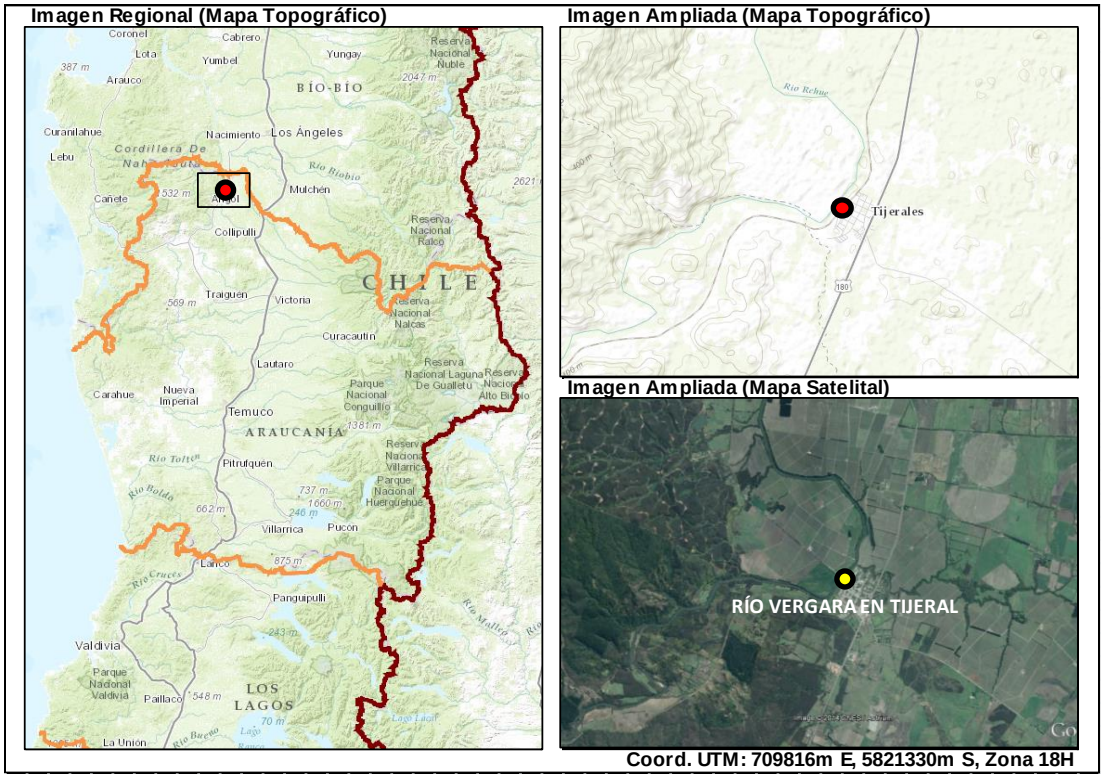


Figura 4.111 – Ubicación geográfica, Estación Río Vergara en Tijeral
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.180 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.180 – Antecedentes, Estación Río Vergara en Tijeral
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	03/1985	03/2013
	Muestreo Integrado	03/1985	07/1989
		08/1992	02/2009
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	01/1964	04/1964
		08/1967	12/2012

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.181.

Tabla 4.181 – Área de Drenaje, Estación Río Vergara en Tijeral
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	2 333.13 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.112, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.73).

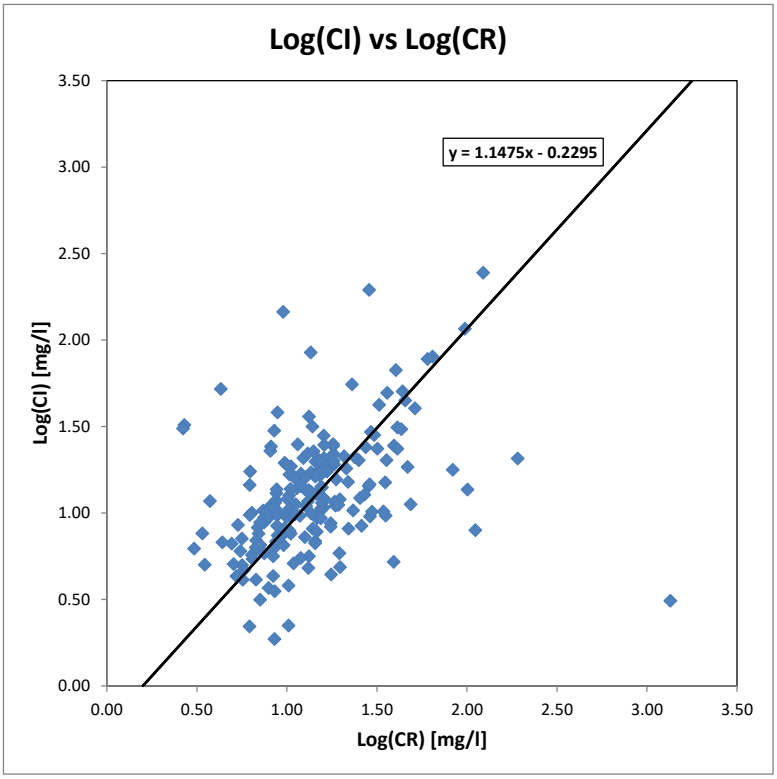


Figura 4.112 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Vergara en Tijeral

$$CI = 0.59 \cdot CR^{1.15} \qquad \text{Ec. (4.73)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.182 a continuación.

Tabla 4.182 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Vergara en Tijeral

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1182.8 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1062.2 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.36 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.113, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.74).

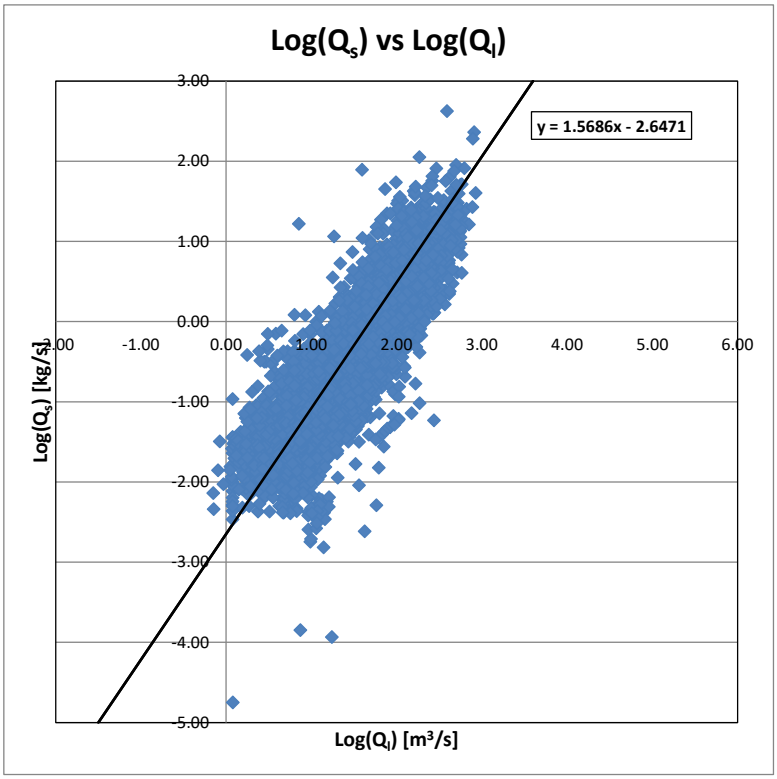


Figura 4.113 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Vergara en Tijeral

$$Q_s = 2.25 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{1.57} \qquad \text{Ec. (4.74)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.183 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.184.

Tabla 4.183 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Vergara en Tijeral

$\bar{Q}_{s,prom}$	66 686.17	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	54.93	m^3/s

Tabla 4.184 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Vergara en Tijeral

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1182.76	148.95	0.003	148.95	0.004	0.004	1182.76	0.03	0.03
0.01	1062.18	125.83	0.003	137.39	0.004	0.01	1122.47	0.03	0.06
0.06	783.00	77.99	0.05	101.91	0.05	0.06	922.59	0.46	0.53
0.11	706.00	66.30	0.05	72.15	0.04	0.09	744.50	0.37	0.89
0.30	549.00	44.69	0.20	55.50	0.11	0.20	627.50	1.24	2.13
0.50	493.00	37.75	0.20	41.22	0.08	0.29	521.00	1.03	3.16
0.80	428.00	30.24	0.30	33.99	0.10	0.39	460.50	1.39	4.56
1.00	400.00	27.20	0.20	28.72	0.06	0.45	414.00	0.82	5.38
3.00	241.00	12.28	2.00	19.74	0.40	0.84	320.50	6.41	11.79
5.00	192.00	8.60	2.00	10.44	0.21	1.05	216.50	4.33	16.12
8.01	155.00	6.15	3.00	7.37	0.22	1.27	173.50	5.21	21.33
10.00	135.00	4.95	2.00	5.55	0.11	1.38	145.00	2.89	24.22
20.00	81.80	2.26	10.00	3.60	0.36	1.74	108.40	10.84	35.07
30.00	55.50	1.23	10.00	1.74	0.17	1.92	68.65	6.87	41.93
40.00	38.20	0.68	10.00	0.96	0.10	2.01	46.85	4.69	46.62
50.00	24.90	0.35	10.00	0.52	0.05	2.06	31.55	3.16	49.77
60.00	15.60	0.17	10.00	0.26	0.03	2.09	20.25	2.03	51.80
70.00	10.50	0.09	10.00	0.13	0.01	2.10	13.05	1.31	53.10
80.00	7.33	0.05	10.00	0.07	0.01	2.11	8.92	0.89	53.99
90.01	5.35	0.03	10.00	0.04	0.004	2.11	6.34	0.63	54.63
99.99	0.71	0.001	9.99	0.02	0.002	**2.11**	3.03	0.30	**54.93**

4.2.37. Estación Río Cruces en Rucaco

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Los Ríos. En la Figura 4.114 se muestra su ubicación geográfica.

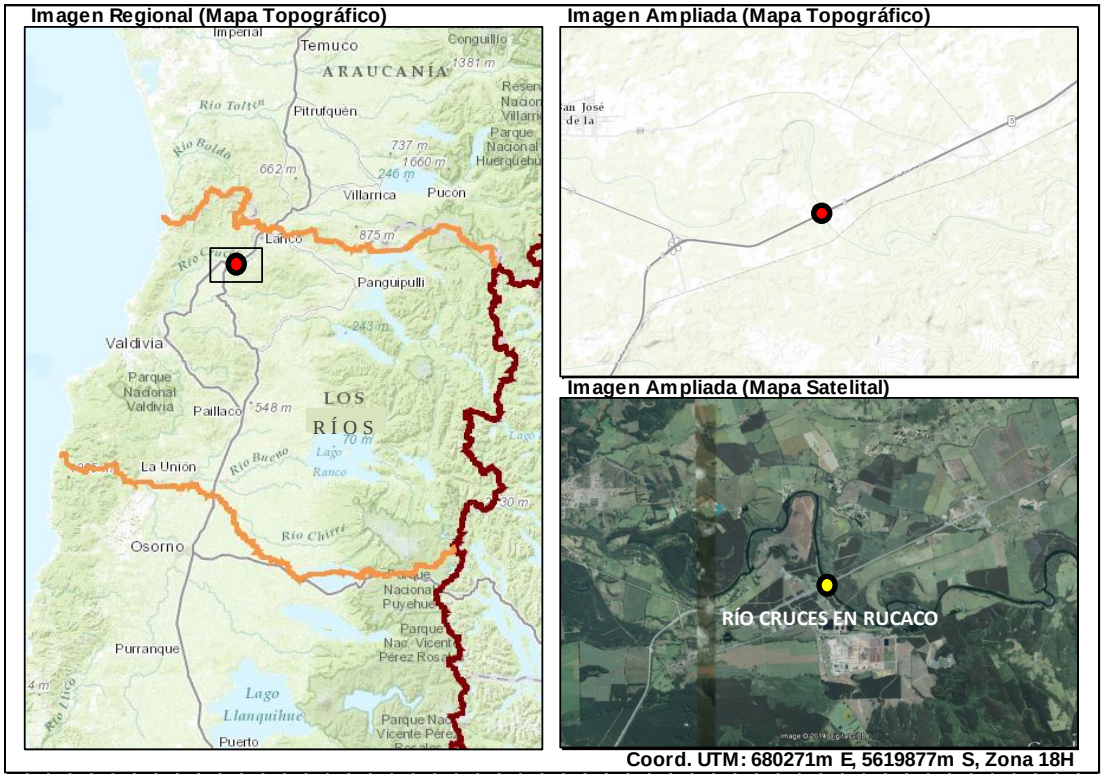


Figura 4.114 – Ubicación geográfica, Estación Río Cruces en Rucaco
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.185 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.185 – Antecedentes, Estación Río Cruces en Rucaco
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

	Medición	Desde	Hasta
DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	Muestreo Rutinario	03/1985	12/2012
	Muestreo Integrado	05/1985	07/1989
		08/1992	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1969	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.186.

Tabla 4.186 – Área de Drenaje, Estación Río Cruces en Rucaco
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	1 828.49 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.115, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.75).

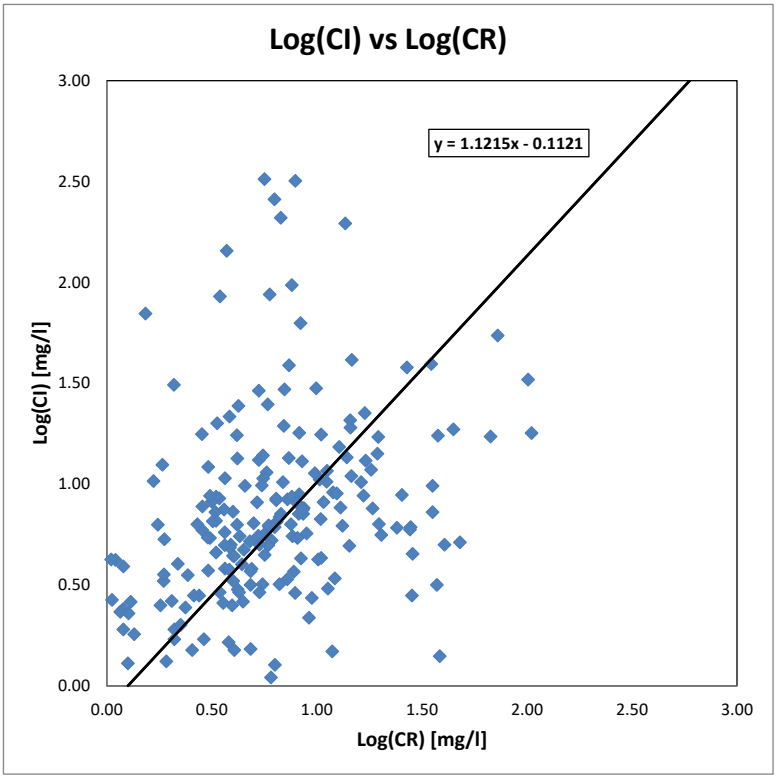


Figura 4.115 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Cruces en Rucaco

$$CI = 0.77 \cdot CR^{1.12} \qquad \text{Ec. (4.75)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.187 a continuación.

Tabla 4.187 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cruces en Rucaco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1087.3 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1028.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.37 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.116, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.76).

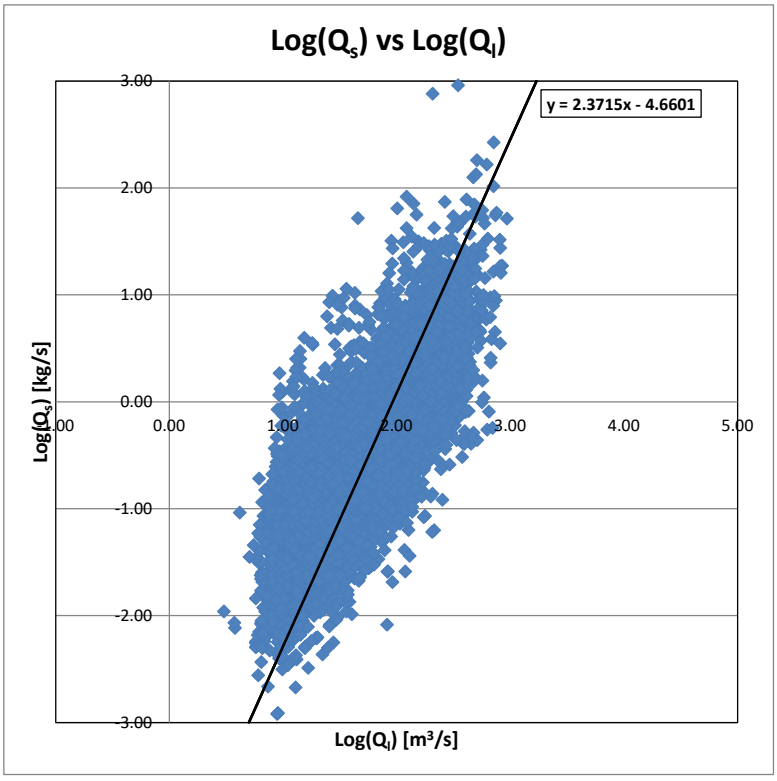


Figura 4.116 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Cruces en Rucaco

$$Q_s = 2.19 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{2.37} \qquad \text{Ec. (4.76)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.188 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.189.

Tabla 4.188 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cruces en Rucaco

$\bar{Q}_{s,prom}$	106 502.70	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	88.08	m^3/s

Tabla 4.189 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Cruces en Rucaco

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1087.30	347.22	0.003	347.22	0.01	0.01	1087.30	0.03	0.03
0.01	1028.89	304.60	0.003	325.91	0.01	0.02	1058.10	0.03	0.06
0.05	823.00	179.38	0.05	241.99	0.11	0.13	925.95	0.42	0.48
0.10	779.00	157.46	0.05	168.42	0.09	0.22	801.00	0.41	0.89
0.30	661.00	106.66	0.20	132.06	0.26	0.48	720.00	1.43	2.33
0.50	573.00	76.01	0.20	91.34	0.18	0.66	617.00	1.23	3.55
0.80	503.00	55.80	0.30	65.91	0.20	0.86	538.00	1.62	5.18
1.00	474.00	48.47	0.20	52.14	0.10	0.96	488.50	0.97	6.15
3.00	337.00	21.59	2.00	35.03	0.70	1.66	405.50	8.12	14.26
5.00	282.00	14.15	2.00	17.87	0.36	2.02	309.50	6.20	20.46
8.00	233.00	9.00	3.00	11.57	0.35	2.37	257.50	7.72	28.18
10.00	212.00	7.19	2.00	8.09	0.16	2.53	222.50	4.45	32.63
20.01	140.00	2.69	10.00	4.94	0.49	3.02	176.00	17.60	50.23
30.00	102.00	1.27	10.00	1.98	0.20	3.22	121.00	12.10	62.33
40.00	72.20	0.56	10.00	0.91	0.09	3.31	87.10	8.71	71.04
50.00	47.70	0.21	10.00	0.38	0.04	3.35	59.95	5.99	77.03
60.00	32.50	0.08	10.00	0.15	0.01	3.37	40.10	4.01	81.05
70.01	22.90	0.04	10.00	0.06	0.01	3.37	27.70	2.77	83.82
80.00	17.00	0.02	10.00	0.03	0.003	3.38	19.95	1.99	85.81
90.00	12.70	0.01	10.00	0.01	0.001	3.38	14.85	1.49	87.30
99.99	3.04	0.0003	9.99	0.005	0.0005	**3.38**	7.87	0.79	**88.08**

4.2.38. Estación Río Rahue en Forrahue

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Los Lagos. En la Figura 4.117 se muestra su ubicación geográfica.

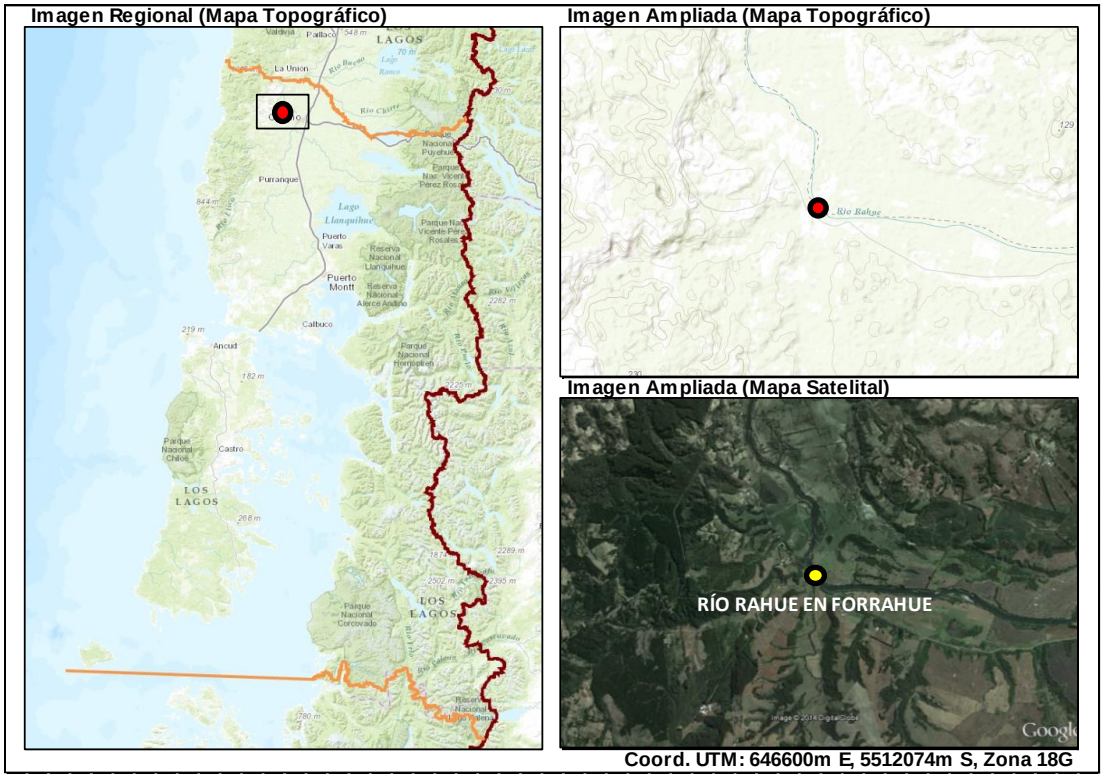


Figura 4.117 – Ubicación geográfica, Estación Río Rahue en Forrahue
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.190 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.190 – Antecedentes, Estación Río Rahue en Forrahue
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	10/1999	05/2013
	Muestreo Integrado	11/1999	12/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	02/1986	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.191.

Tabla 4.191 – Área de Drenaje, Estación Río Rahue en Forrahue
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	5 593.58 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.118, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.77).

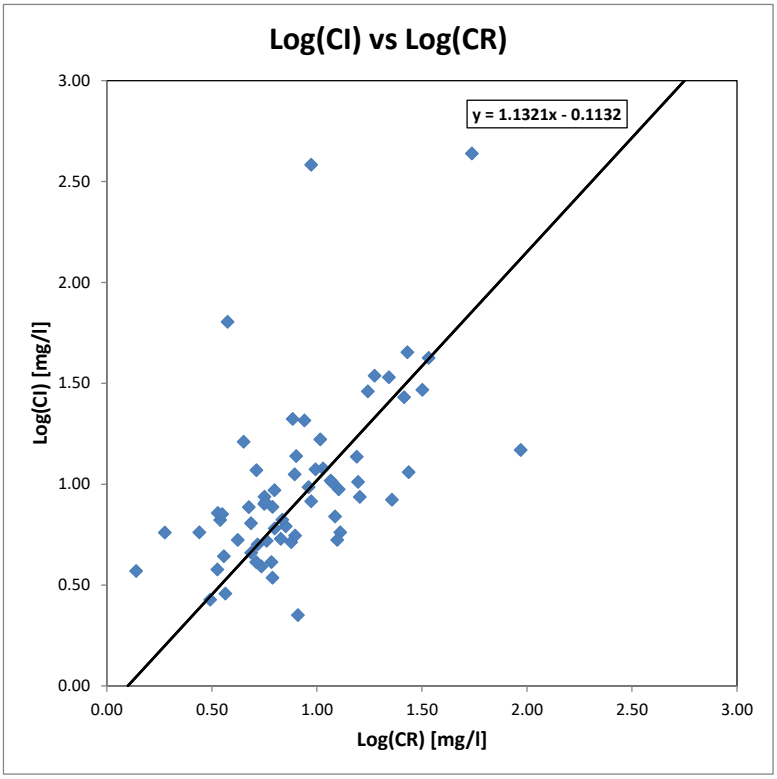


Figura 4.118 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Rahue en Forrahue

$$CI = 0.77 \cdot CR^{1.13} \qquad \text{Ec. (4.77)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.192 a continuación.

Tabla 4.192 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Rahue en Forrahue

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1724.0 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1641.3 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.38 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.119, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.78).

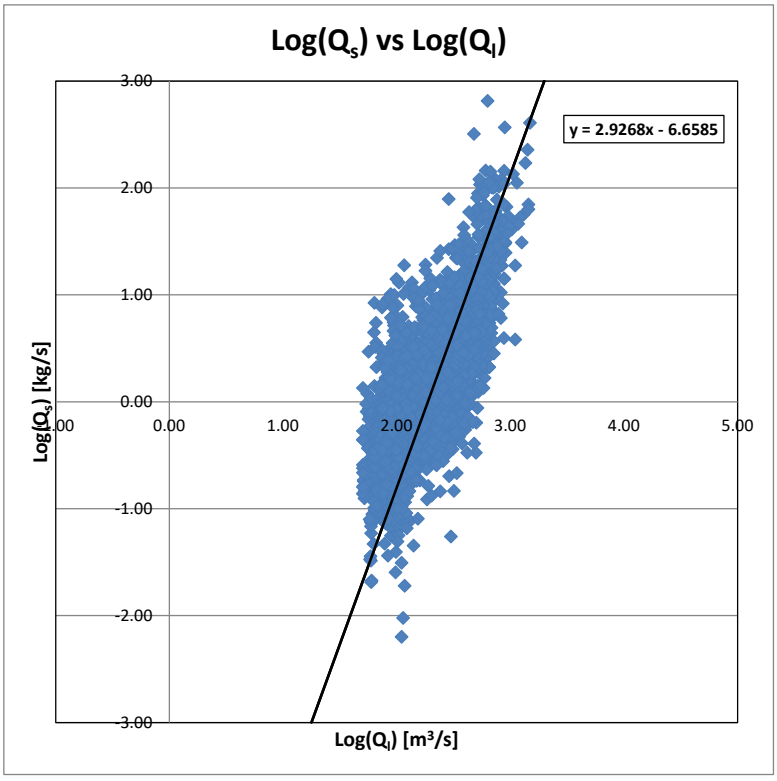


Figura 4.119 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Rahue en Forrahue

$$Q_s = 2.20 \cdot 10^{-7} \cdot {Q_l}^{2.93} \qquad \text{Ec. (4.78)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.193 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.194.

Tabla 4.193 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Rahue en Forrahue

$\bar{Q}_{s,prom}$	238 846.20	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	244.75	m^3/s

Tabla 4.194 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Rahue en Forrahue

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	1724.04	651.97	0.003	651.97	0.02	0.02	1724.04	0.05	0.05
0.01	1641.33	564.59	0.003	608.28	0.02	0.03	1682.68	0.05	0.09
0.05	1449.00	392.03	0.05	478.31	0.23	0.27	1545.16	0.74	0.84
0.11	1339.00	311.14	0.05	351.59	0.19	0.45	1394.00	0.75	1.59
0.30	1087.00	169.02	0.19	240.08	0.46	0.92	1213.00	2.34	3.93
0.50	980.00	124.80	0.20	146.91	0.30	1.22	1033.50	2.11	6.04
0.81	887.00	93.21	0.30	109.01	0.33	1.55	933.50	2.81	8.85
1.01	840.00	79.48	0.20	86.35	0.18	1.72	863.50	1.76	10.61
3.01	681.00	43.01	2.00	61.25	1.22	2.94	760.50	15.19	25.80
5.00	623.00	33.14	2.00	38.08	0.76	3.71	652.00	13.02	38.82
8.01	558.00	24.01	3.01	28.58	0.86	4.56	590.50	17.75	56.57
10.01	526.00	20.20	2.00	22.10	0.44	5.01	542.00	10.82	67.40
20.00	388.00	8.29	10.00	14.24	1.42	6.43	457.00	45.69	113.08
30.00	301.00	3.94	10.00	6.12	0.61	7.04	344.50	34.44	147.52
40.01	229.00	1.77	10.01	2.86	0.29	7.33	265.00	26.52	174.04
50.01	175.00	0.81	10.00	1.29	0.13	7.46	202.00	20.19	194.23
60.00	136.00	0.39	10.00	0.60	0.06	7.52	155.50	15.54	209.78
70.01	111.00	0.21	10.01	0.30	0.03	7.55	123.50	12.36	222.14
80.01	91.30	0.12	10.00	0.17	0.02	7.56	101.15	10.11	232.25
90.00	71.70	0.06	10.00	0.09	0.01	7.57	81.50	8.15	240.40
99.99	15.50	0.001	9.99	0.03	0.003	**7.57**	43.60	4.35	**244.75**

4.2.39. Estación Río Grande en Tierra del Fuego

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Magallanes y de la Antártica. En la Figura 4.120 se muestra su ubicación geográfica.

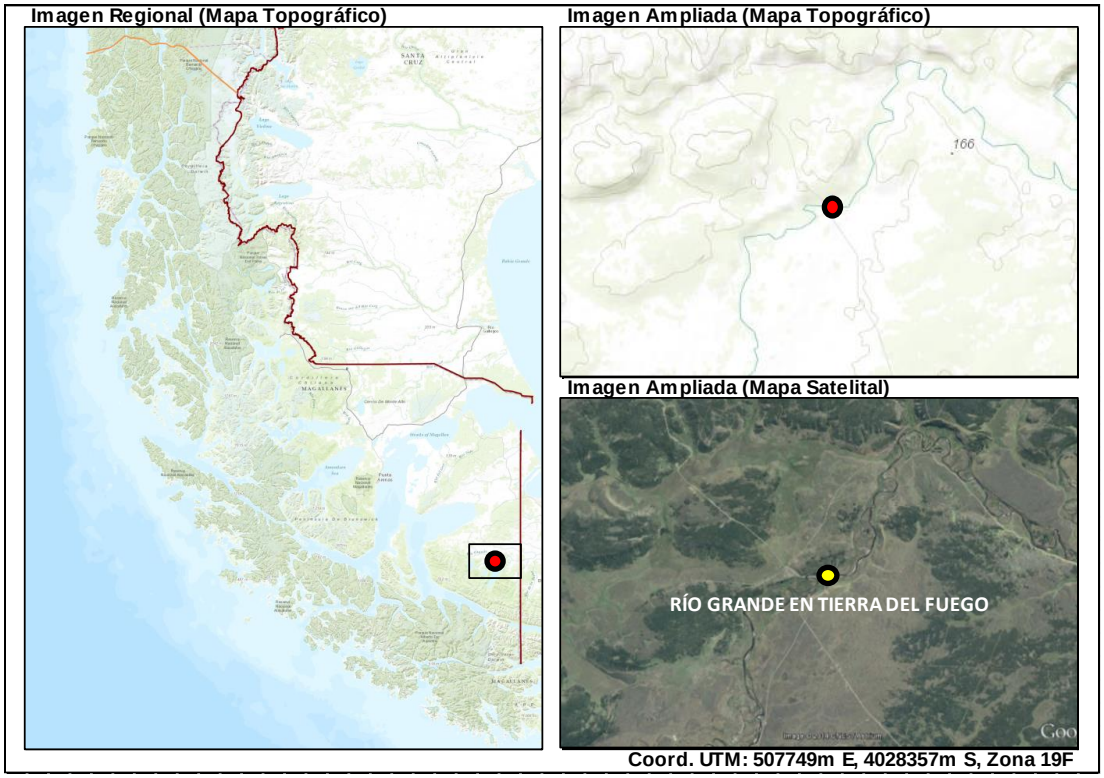


Figura 4.120 – Ubicación geográfica, Estación Río Grande en Tierra del Fuego
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.195 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.195 – Antecedentes, Estación Río Grande en Tierra del Fuego
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	07/1997	11/2009
	Muestreo Integrado	10/2000	11/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1981	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.196.

Tabla 4.196 – Área de Drenaje, Estación Río Grande en Tierra del Fuego
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	2 797.01 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.121, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.79).

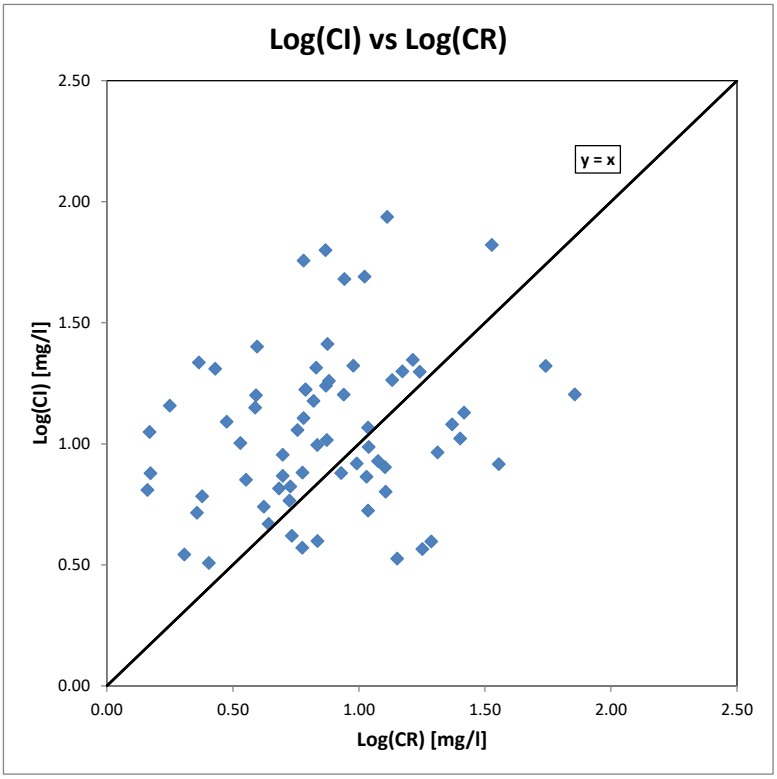


Figura 4.121 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.79)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 y T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.39 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.122, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.80).

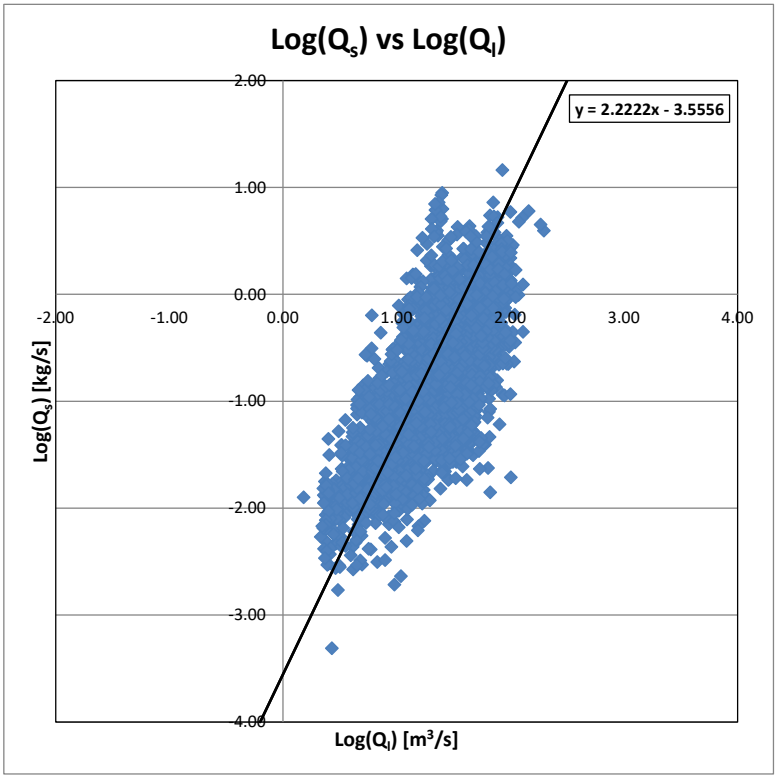


Figura 4.122 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

$$Q_s = 2.78 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{2.22} \qquad \text{Ec. (4.80)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.197 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.198.

Tabla 4.197 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

$\bar{Q}_{s,prom}$	25 126.72	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	28.74	m^3/s

Tabla 4.198 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.009	199.00	35.72	0.009	35.72	0.003	0.003	199.00	0.02	0.02
0.03	159.00	21.69	0.02	28.71	0.01	0.01	179.00	0.03	0.05
0.05	146.00	17.95	0.03	19.82	0.01	0.01	152.50	0.04	0.09
0.11	128.00	13.40	0.05	15.67	0.01	0.02	137.00	0.07	0.17
0.31	108.00	9.18	0.20	11.29	0.02	0.04	118.00	0.24	0.40
0.51	101.00	7.91	0.20	8.55	0.02	0.06	104.50	0.21	0.61
0.81	94.00	6.75	0.30	7.33	0.02	0.08	97.50	0.29	0.90
1.01	90.90	6.26	0.20	6.50	0.01	0.10	92.45	0.18	1.09
3.01	71.50	3.67	2.00	4.97	0.10	0.20	81.20	1.63	2.71
5.00	63.70	2.84	1.99	3.26	0.06	0.26	67.60	1.35	4.06
8.01	56.50	2.18	3.01	2.51	0.08	0.34	60.10	1.81	5.87
10.00	53.50	1.93	1.99	2.05	0.04	0.38	55.00	1.10	6.96
20.00	42.10	1.13	10.00	1.53	0.15	0.53	47.80	4.78	11.74
30.00	34.80	0.74	10.00	0.94	0.09	0.62	38.45	3.85	15.59
40.00	29.20	0.50	10.00	0.62	0.06	0.69	32.00	3.20	18.79
50.00	24.90	0.35	10.00	0.43	0.04	0.73	27.05	2.71	21.49
60.00	20.80	0.24	10.00	0.29	0.03	0.76	22.85	2.29	23.78
70.00	16.80	0.15	10.00	0.19	0.02	0.78	18.80	1.88	25.66
80.00	13.00	0.08	10.00	0.12	0.01	0.79	14.90	1.49	27.15
90.00	8.71	0.03	10.00	0.06	0.01	0.80	10.86	1.09	28.23
99.99	1.53	0.001	9.99	0.02	0.002	**0.80**	5.12	0.51	**28.74**

4.2.40. Estación Río Las Minas en BT. Sendos

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Magallanes y de la Antártica. En la Figura 4.123 se muestra su ubicación geográfica.

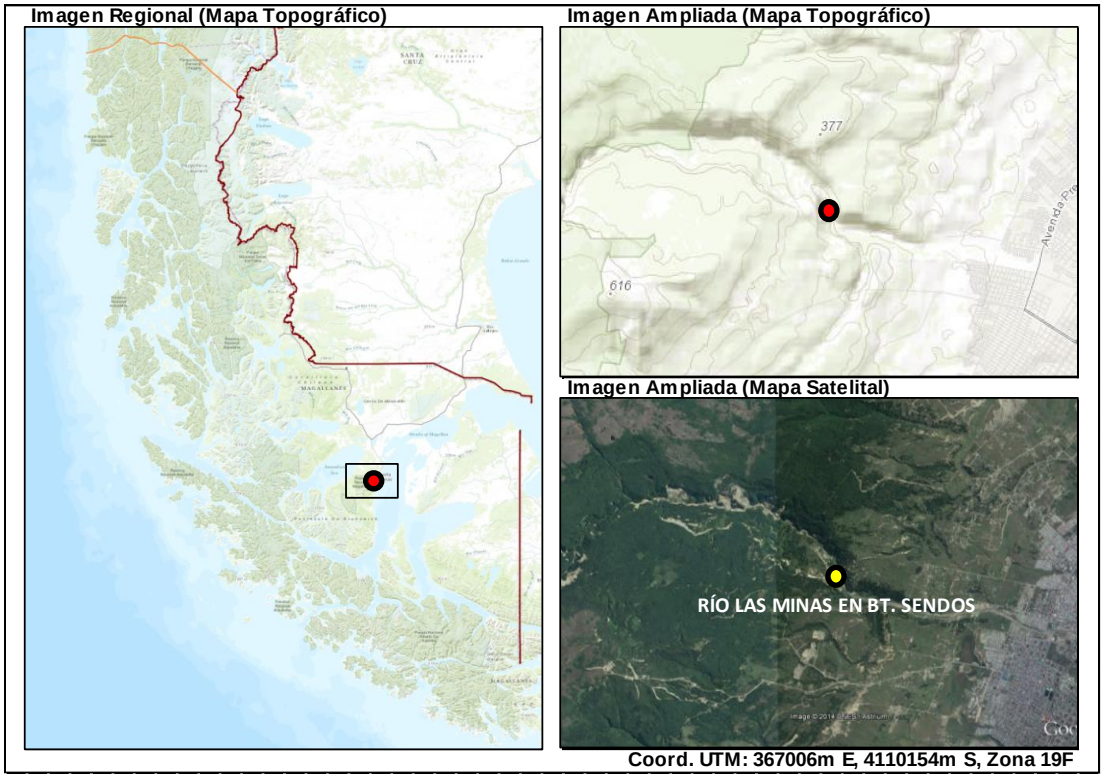


Figura 4.123 – Ubicación geográfica, Estación Río Las Minas en BT. Sendos
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.199 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.199 – Antecedentes, Estación Río Las Minas en BT. Sendos
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	03/1994	09/2013
	Muestreo Integrado	10/2000	10/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	06/1982	11/1984
		06/1987	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.200.

Tabla 4.200 – Área de Drenaje, Estación Río Las Minas en BT. Sendos
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	35.16 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.124, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.81).

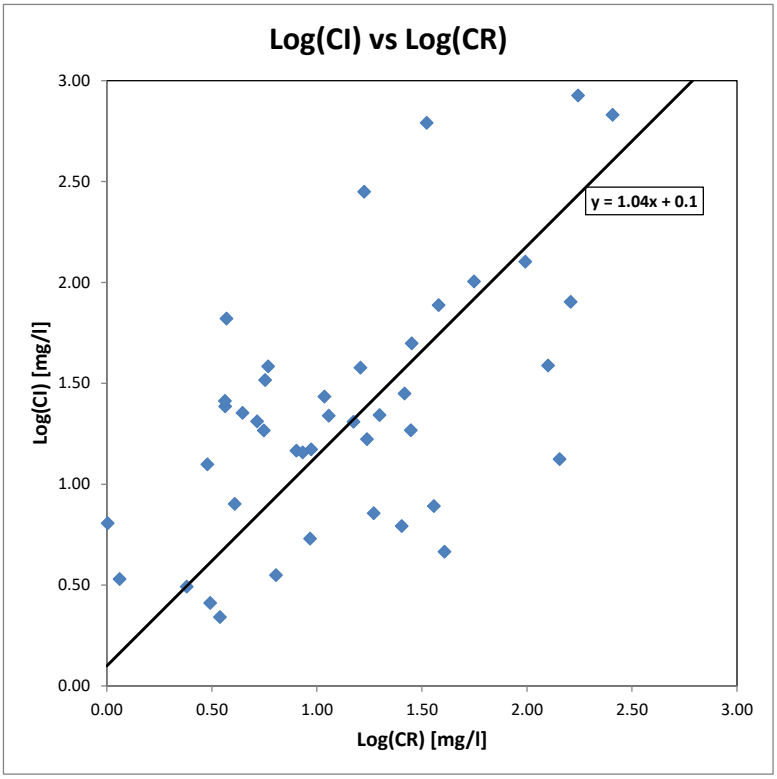


Figura 4.124 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

$$CI = 1.26 \cdot CR^{1.04} \qquad \text{Ec. (4.81)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 y T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.40 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.125, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.82).

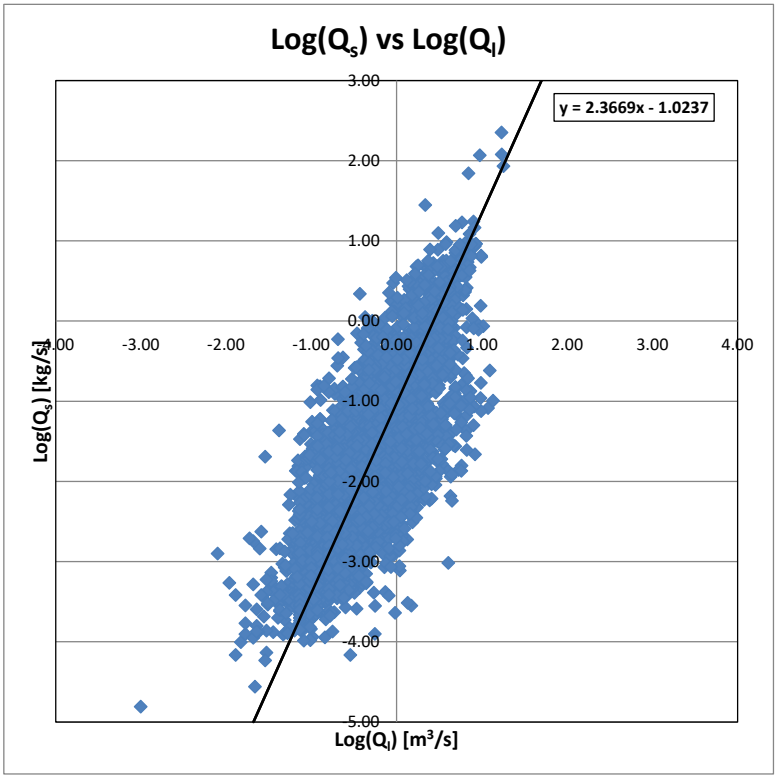


Figura 4.125 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

$$Q_s = 0.09 \cdot {Q_l}^{2.37} \qquad \text{Ec. (4.82)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.201 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.202.

Tabla 4.201 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

$\bar{Q}_{s,prom}$	19 430.69	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	0.93	m^3/s

Tabla 4.202 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.01	43.50	715.22	0.01	715.22	0.08	0.08	43.50	0.005	0.005
0.02	20.40	119.14	0.01	417.18	0.05	0.13	31.95	0.004	0.01
0.06	17.20	79.56	0.03	99.35	0.03	0.16	18.80	0.01	0.01
0.10	15.00	57.54	0.04	68.55	0.03	0.19	16.10	0.01	0.02
0.30	9.79	20.96	0.20	39.25	0.08	0.27	12.40	0.02	0.05
0.50	8.28	14.10	0.20	17.53	0.04	0.30	9.04	0.02	0.06
0.80	7.22	10.19	0.30	12.15	0.04	0.34	7.75	0.02	0.09
1.00	6.63	8.33	0.20	9.26	0.02	0.36	6.93	0.01	0.10
3.01	4.07	2.63	2.01	5.48	0.11	0.47	5.35	0.11	0.21
5.00	3.14	1.42	1.99	2.02	0.04	0.51	3.61	0.07	0.28
8.00	2.45	0.79	3.00	1.11	0.03	0.54	2.80	0.08	0.37
10.01	2.17	0.59	2.01	0.69	0.01	0.56	2.31	0.05	0.41
20.00	1.31	0.18	10.00	0.39	0.04	0.59	1.74	0.17	0.59
30.00	0.87	0.07	10.00	0.12	0.01	0.61	1.09	0.11	0.69
40.01	0.61	0.03	10.01	0.05	0.005	0.61	0.74	0.07	0.77
50.01	0.45	0.01	10.00	0.02	0.002	0.61	0.53	0.05	0.82
60.00	0.34	0.01	10.00	0.01	0.001	0.62	0.39	0.04	0.86
70.01	0.24	0.003	10.01	0.01	0.001	0.62	0.29	0.03	0.89
80.01	0.17	0.001	10.00	0.002	0.0002	0.62	0.20	0.02	0.91
90.00	0.11	0.001	10.00	0.001	0.0001	0.62	0.14	0.01	0.92
99.99	0.001	7.51E-09	9.99	0.0003	0.00003	**0.62**	0.06	0.01	**0.93**

4.2.41. Estación Río Oro en Bahía San Felipe

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Magallanes y de la Antártica. En la Figura 4.126 se muestra su ubicación geográfica.

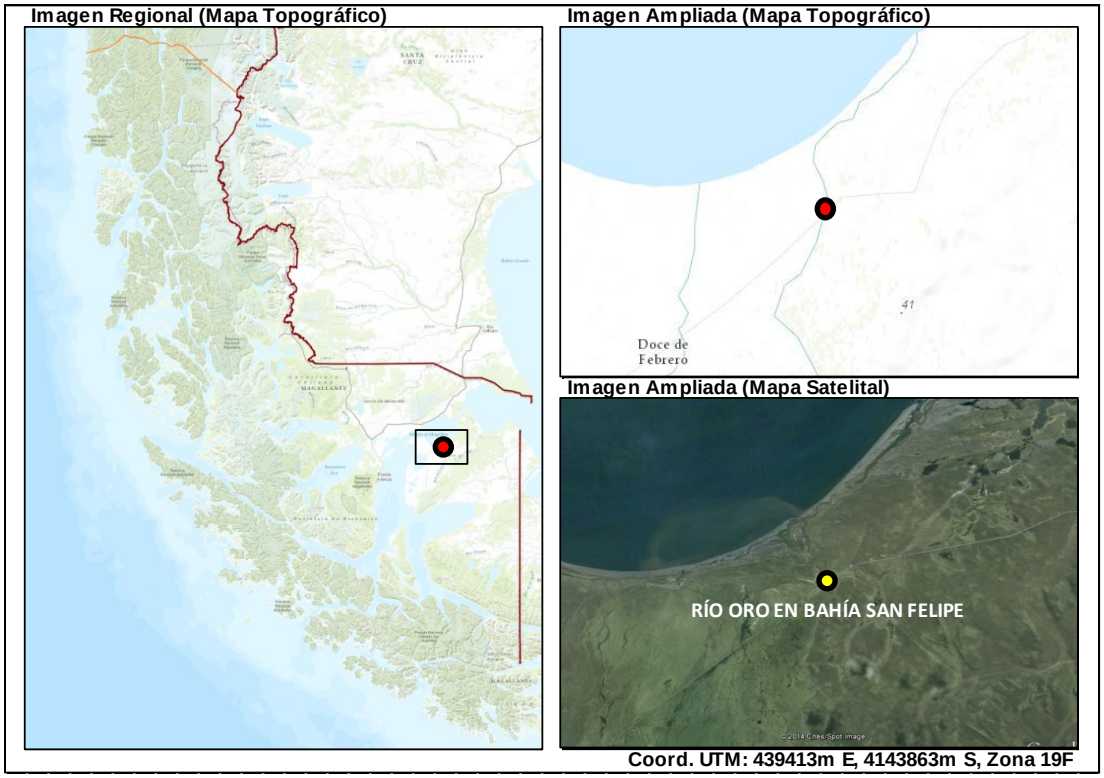


Figura 4.126 – Ubicación geográfica, Estación Río Oro en Bahía San Felipe
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.203 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.203 – Antecedentes, Estación Río Oro en Bahía San Felipe
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	01/1996	10/2013
	Muestreo Integrado	02/1996	11/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	06/1980	09/2012

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.204.

Tabla 4.204 – Área de Drenaje, Estación Río Oro en Bahía San Felipe
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	565.81 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.127, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.83).

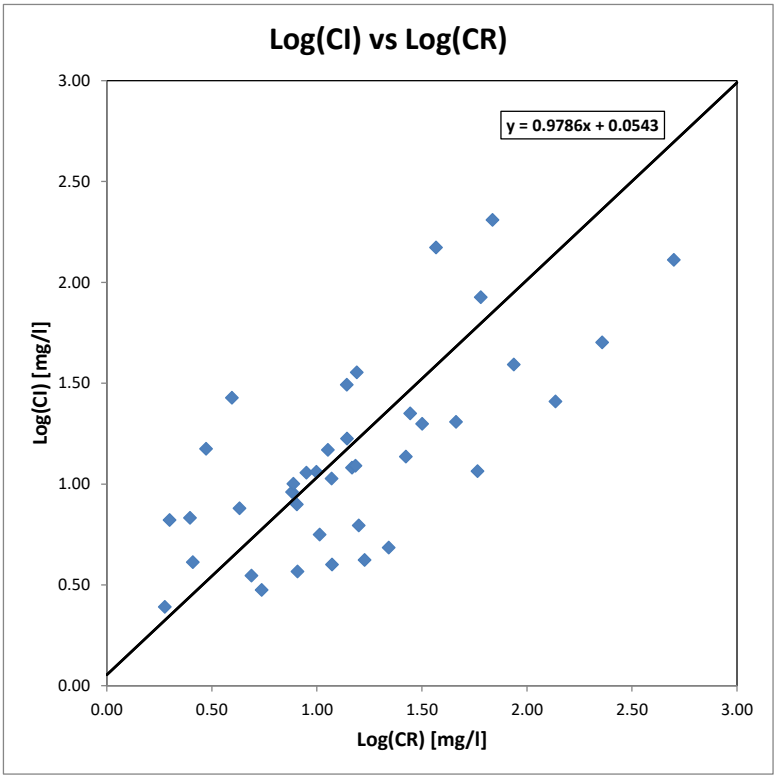


Figura 4.127 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

$$CI = 1.13 \cdot CR^{0.98} \qquad \text{Ec. (4.83)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 50 años. Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.205 a continuación.

Tabla 4.205 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	34.8 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.41 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.128, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.84).

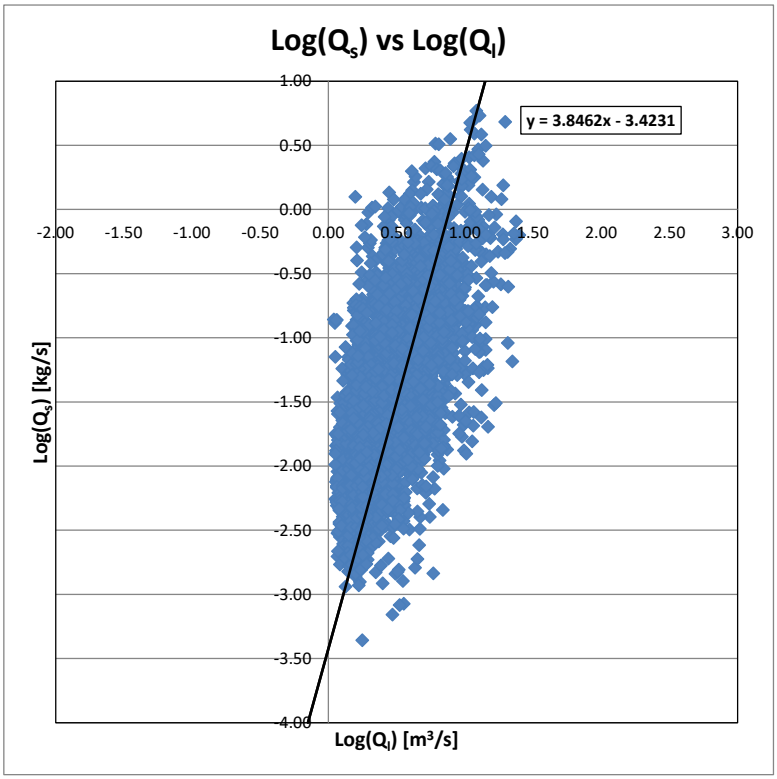


Figura 4.128 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

$$Q_s = 3.77 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{3.85} \qquad \text{Ec. (4.84)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.206 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.207.

Tabla 4.206 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

$\bar{Q}_{s,prom}$	15 083.10	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	3.24	m^3/s

Tabla 4.207 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	34.77	319.82	0.003	319.82	0.01	0.01	34.77	0.001	0.001
0.02	25.60	98.46	0.01	209.14	0.03	0.04	30.19	0.004	0.01
0.05	23.00	65.22	0.04	81.84	0.03	0.07	24.30	0.01	0.01
0.11	20.70	43.49	0.05	54.35	0.03	0.10	21.85	0.01	0.03
0.31	17.00	20.39	0.20	31.94	0.06	0.16	18.85	0.04	0.06
0.50	15.50	14.29	0.19	17.34	0.03	0.20	16.25	0.03	0.09
0.81	14.30	10.48	0.31	12.39	0.04	0.23	14.90	0.05	0.14
1.00	13.80	9.14	0.19	9.81	0.02	0.25	14.05	0.03	0.17
3.01	9.94	2.59	2.00	5.87	0.12	0.37	11.87	0.24	0.41
5.01	8.06	1.16	2.00	1.87	0.04	0.41	9.00	0.18	0.59
8.00	6.63	0.55	3.00	0.85	0.03	0.43	7.35	0.22	0.81
10.01	5.98	0.37	2.00	0.46	0.01	0.44	6.31	0.13	0.93
20.01	4.21	0.10	10.00	0.23	0.02	0.47	5.10	0.51	1.44
30.01	3.37	0.04	10.00	0.07	0.01	0.47	3.79	0.38	1.82
40.01	2.82	0.02	10.00	0.03	0.003	0.47	3.10	0.31	2.13
50.00	2.36	0.01	10.00	0.02	0.002	0.48	2.59	0.26	2.39
60.00	2.05	0.01	10.00	0.01	0.001	0.48	2.21	0.22	2.61
70.00	1.81	0.004	10.00	0.005	0.0005	0.48	1.93	0.19	2.80
80.00	1.62	0.002	10.00	0.003	0.0003	0.48	1.72	0.17	2.97
90.00	1.42	0.001	10.00	0.002	0.0002	0.48	1.52	0.15	3.13
99.99	0.78	0.0001	9.99	0.001	0.0001	**0.48**	1.10	0.11	**3.24**

4.2.42. Estación Río Penitente en Morro Chico

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Magallanes y de la Antártica. En la Figura 4.129 se muestra su ubicación geográfica.

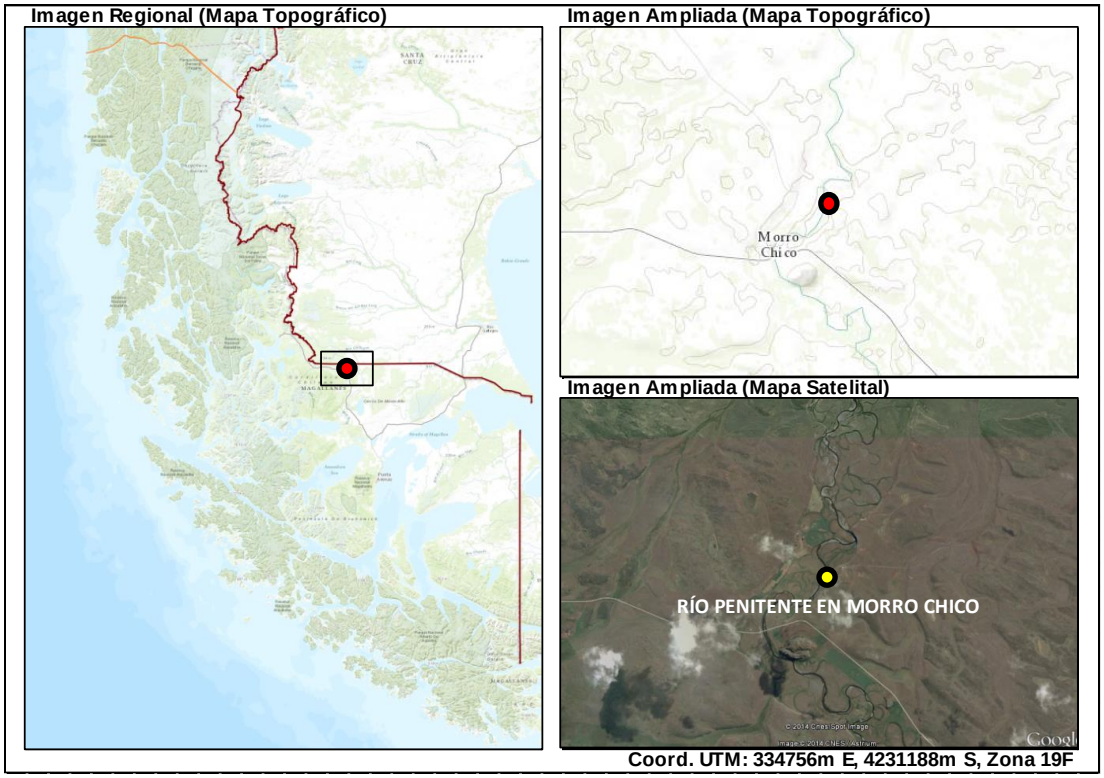


Figura 4.129 – Ubicación geográfica, Estación Río Penitente en Morro Chico
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.208 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.208 – Antecedentes, Estación Río Penitente en Morro Chico
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	05/1994	10/2013
	Muestreo Integrado	03/1994	10/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	06/1980	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.209.

Tabla 4.209 – Área de Drenaje, Estación Río Penitente en Morro Chico
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	1 499.42 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.130, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.85).

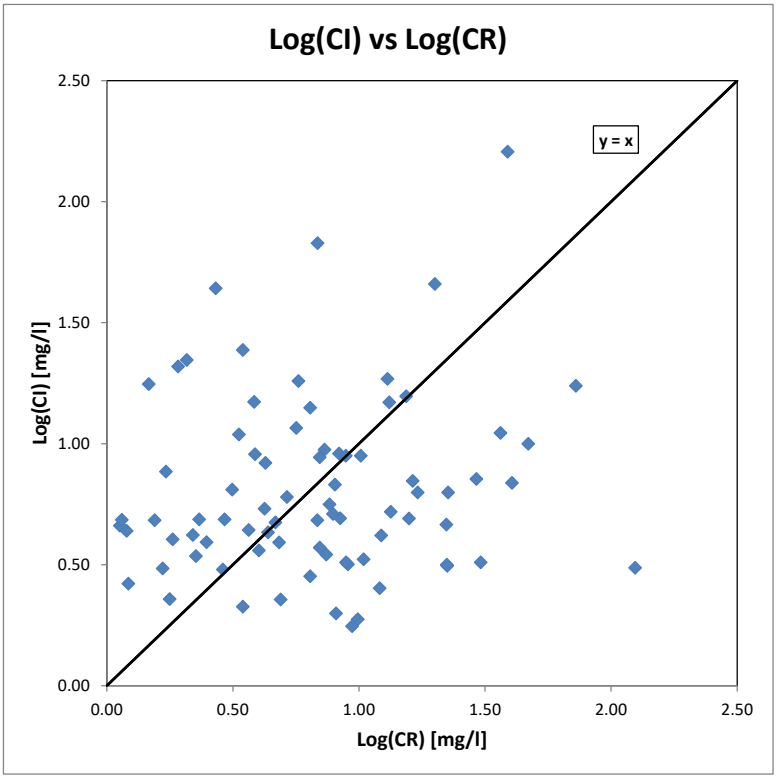


Figura 4.130 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Penitente en Morro Chico

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.85)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.210 a continuación.

Tabla 4.210 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Penitente en Morro Chico

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	198.5 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	177.4 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.42 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.131, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.86).

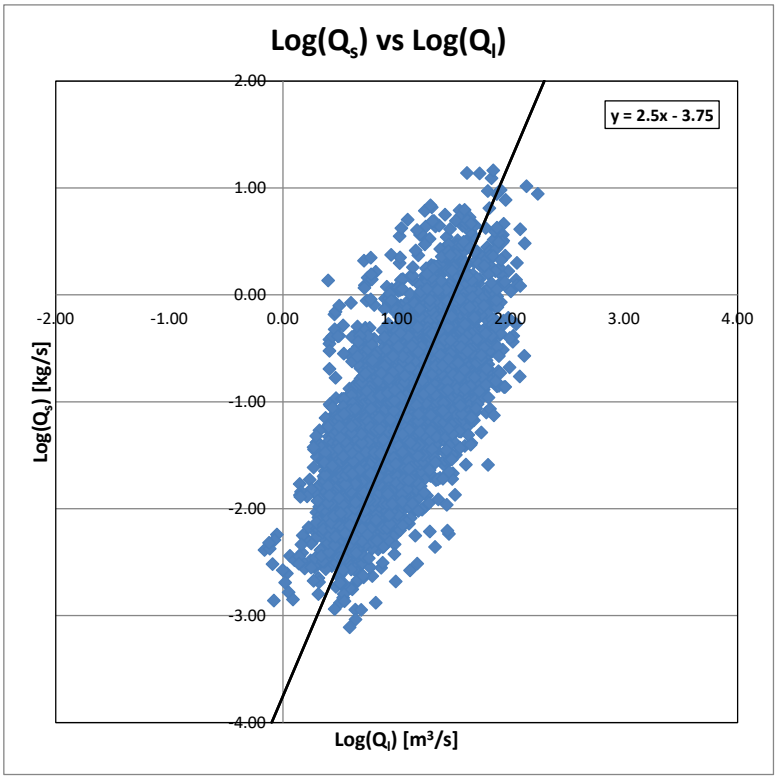


Figura 4.131 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Penitente en Morro Chico

$$Q_s = 1.78 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{2.50} \qquad \text{Ec. (4.86)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.211 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.212.

Tabla 4.211 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Penitente en Morro Chico

$\bar{Q}_{s,prom}$	18 020.35	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	14.25	m^3/s

Tabla 4.212 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Penitente en Morro Chico

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	198.48	98.69	0.003	98.69	0.003	0.003	198.48	0.01	0.01
0.01	177.37	74.51	0.003	86.60	0.002	0.01	187.92	0.01	0.011
0.05	135.00	37.66	0.05	56.08	0.03	0.03	156.19	0.08	0.09
0.11	123.00	29.84	0.05	33.75	0.02	0.05	129.00	0.07	0.16
0.30	96.50	16.27	0.20	23.05	0.05	0.10	109.75	0.22	0.37
0.50	86.50	12.37	0.20	14.32	0.03	0.12	91.50	0.18	0.55
0.81	78.50	9.71	0.30	11.04	0.03	0.16	82.50	0.25	0.80
1.00	75.60	8.84	0.20	9.27	0.02	0.18	77.05	0.15	0.95
3.01	55.60	4.10	2.00	6.47	0.13	0.31	65.60	1.31	2.27
5.00	46.00	2.55	2.00	3.33	0.07	0.37	50.80	1.01	3.28
8.00	36.60	1.44	3.00	2.00	0.06	0.43	41.30	1.24	4.52
10.00	32.10	1.04	2.00	1.24	0.02	0.46	34.35	0.69	5.21
20.00	20.30	0.33	10.00	0.68	0.07	0.52	26.20	2.62	7.83
30.00	14.50	0.14	10.00	0.24	0.02	0.55	17.40	1.74	9.57
40.00	11.30	0.08	10.00	0.11	0.01	0.56	12.90	1.29	10.86
50.00	8.81	0.04	10.00	0.06	0.01	0.57	10.06	1.01	11.86
60.00	6.80	0.02	10.00	0.03	0.003	0.57	7.81	0.78	12.64
70.00	5.26	0.01	10.00	0.02	0.002	0.57	6.03	0.60	13.25
80.00	4.04	0.01	10.00	0.01	0.001	0.57	4.65	0.46	13.71
90.00	3.18	0.003	10.00	0.005	0.0005	0.57	3.61	0.36	14.07
99.99	0.35	0.00001	9.99	0.002	0.0002	**0.57**	1.77	0.18	**14.25**

4.2.43. Estación Río Pérez en Desembocadura

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Magallanes y de la Antártica. En la Figura 4.132 se muestra su ubicación geográfica.

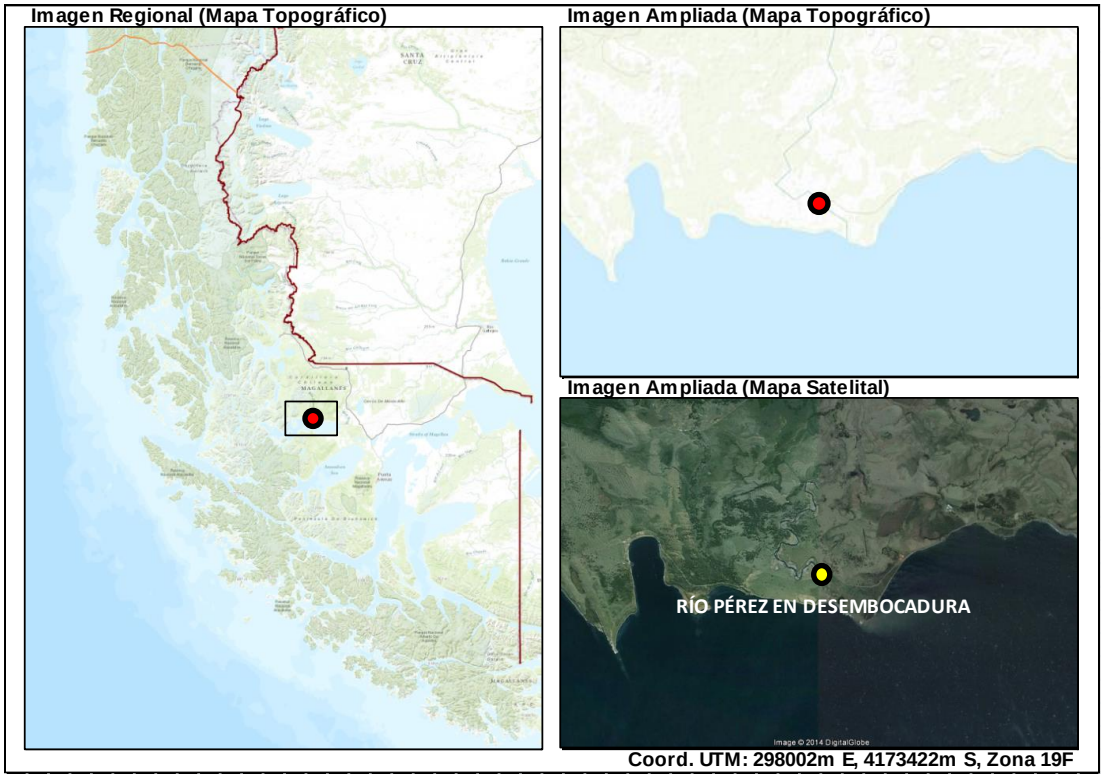


Figura 4.132 – Ubicación geográfica, Estación Río Pérez en Desembocadura
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.213 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.213 – Antecedentes, Estación Río Pérez en Desembocadura
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	04/1996	06/2001
	Muestreo Integrado	01/1996	10/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1991	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.214.

Tabla 4.214 – Área de Drenaje, Estación Río Pérez en Desembocadura
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	323.57 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.133, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.87).

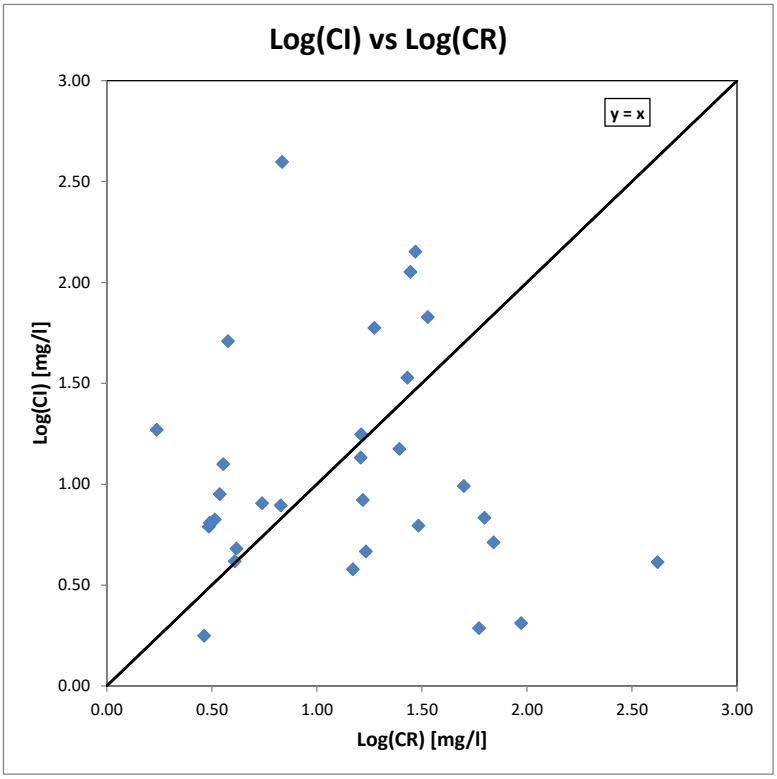


Figura 4.133 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Pérez en Desembocadura

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.87)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 50 años. Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.215 a continuación.

Tabla 4.215 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Pérez en Desembocadura

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	167.9 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.43 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.134, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.88).

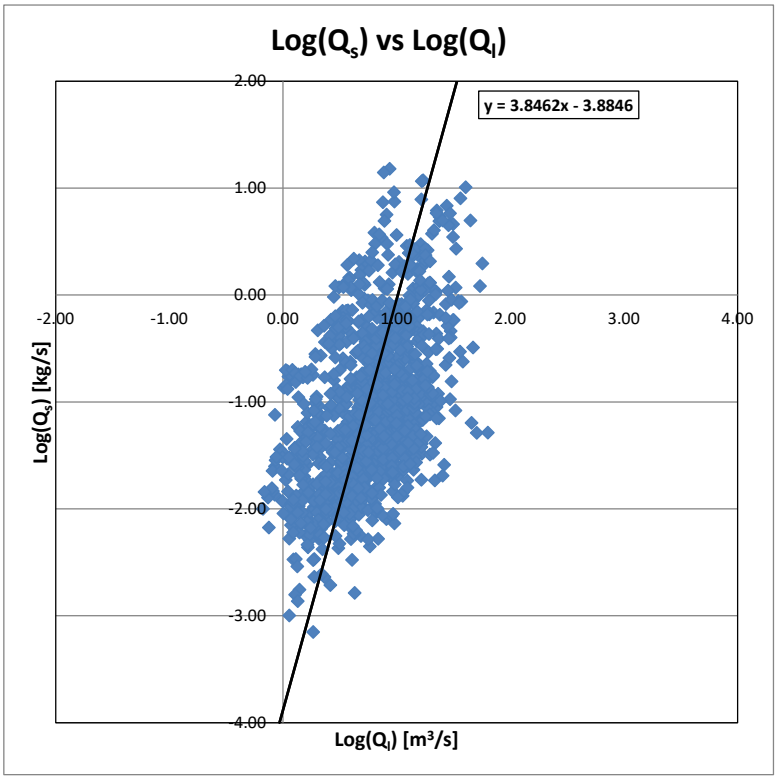


Figura 4.134 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Pérez en Desembocadura

$$Q_s = 1.30 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{3.85} \qquad \text{Ec. (4.88)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.216 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.217.

Tabla 4.216 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Pérez en Desembocadura

$\bar{Q}_{s,prom}$	578 545.92	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	8.19	m^3/s

Tabla 4.217 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Pérez en Desembocadura

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	167.85	47089.04	0.003	47089.04	1.29	1.29	167.85	0.005	0.005
0.03	102.00	6932.31	0.02	27010.68	6.75	8.04	134.93	0.03	0.04
0.06	80.30	2762.59	0.03	4847.45	1.34	9.38	91.15	0.03	0.06
0.11	64.80	1210.82	0.06	1986.71	1.10	10.48	72.55	0.04	0.10
0.30	54.80	635.47	0.19	923.15	1.79	12.28	59.80	0.12	0.22
0.51	48.50	397.28	0.21	516.38	1.07	13.35	51.65	0.11	0.33
0.80	42.10	230.52	0.29	313.90	0.91	14.26	45.30	0.13	0.46
1.01	39.30	176.91	0.21	203.72	0.42	14.69	40.70	0.08	0.54
3.01	25.60	34.02	2.00	105.47	2.11	16.79	32.45	0.65	1.19
5.00	20.90	15.59	2.00	24.81	0.50	17.29	23.25	0.46	1.66
8.01	17.60	8.05	3.01	11.82	0.36	17.64	19.25	0.58	2.23
10.01	16.10	5.72	2.00	6.88	0.14	17.78	16.85	0.34	2.57
20.00	11.60	1.62	9.99	3.67	0.37	18.15	13.85	1.38	3.96
30.01	9.15	0.65	10.01	1.14	0.11	18.26	10.38	1.04	4.99
40.01	7.48	0.30	9.99	0.48	0.05	18.31	8.32	0.83	5.82
50.00	6.07	0.13	9.99	0.22	0.02	18.33	6.78	0.68	6.50
60.01	4.93	0.06	10.01	0.10	0.01	18.34	5.50	0.55	7.05
70.00	3.88	0.02	9.99	0.04	0.004	18.34	4.41	0.44	7.49
80.01	2.95	0.01	10.01	0.02	0.002	18.34	3.42	0.34	7.83
90.01	1.94	0.002	9.99	0.01	0.001	18.35	2.45	0.24	8.08
99.99	0.37	0.000003	9.98	0.001	0.0001	**18.35**	1.16	0.12	**8.19**

4.2.44. Estación Río San Juan en Desembocadura

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Magallanes y de la Antártica. En la Figura 4.135 se muestra su ubicación geográfica.



Figura 4.135 – Ubicación geográfica, Estación Río San Juan en Desembocadura
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.218 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.218 – Antecedentes, Estación Río San Juan en Desembocadura
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	02/1994	09/2012
	Muestreo Integrado	10/2000	11/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	05/1970	06/1974
		01/1976	09/1976
		11/1980	02/2013

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.219.

Tabla 4.219 – Área de Drenaje, Estación Río San Juan en Desembocadura
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	861.20 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.136, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.89).

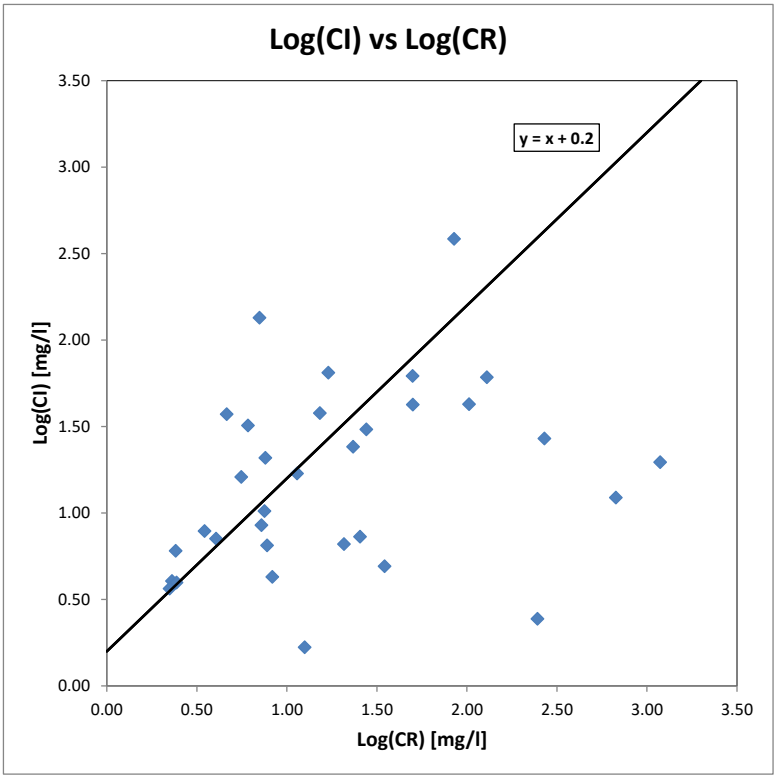


Figura 4.136 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río San Juan en Desembocadura

$$CI = 1.58 \cdot CR \qquad \text{Ec. (4.89)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación. Analizando los resultados obtenidos de ambos

test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 50 años. Los resultados obtenidos para el período de retorno 100 años se muestran en la Tabla 4.220 a continuación.

Tabla 4.220 – Caudal obtenido para T100, Estación Río San Juan en Desembocadura

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	286.3 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.44 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.137, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.90).

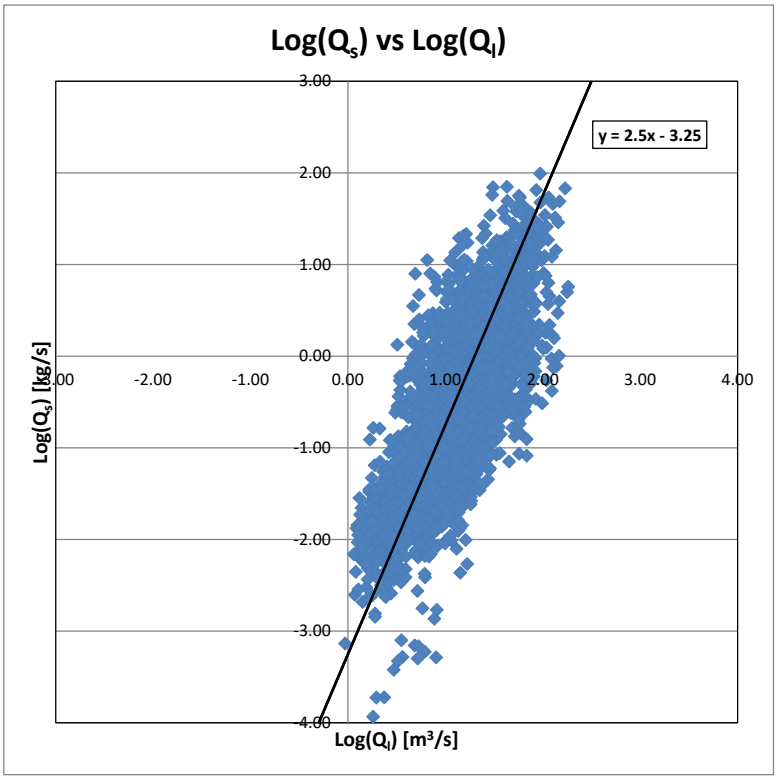


Figura 4.137 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río San Juan en Desembocadura

$$Q_s = 5.62 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{2.50} \quad \text{Ec. (4.90)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.221 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.222.

Tabla 4.221 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río San Juan en Desembocadura

$\bar{Q}_{s,prom}$	89 292.06	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	18.49	m^3/s

Tabla 4.222 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación San Juan en Desembocadura

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	286.28	779.80	0.003	779.80	0.02	0.02	286.28	0.01	0.01
0.02	203.00	330.17	0.01	554.99	0.08	0.10	244.64	0.03	0.04
0.06	176.00	231.09	0.04	280.63	0.11	0.21	189.50	0.08	0.12
0.11	148.00	149.85	0.05	190.47	0.09	0.30	162.00	0.08	0.20
0.30	118.00	85.06	0.20	117.45	0.23	0.53	133.00	0.26	0.46
0.51	106.00	65.05	0.20	75.05	0.15	0.69	112.00	0.23	0.69
0.81	91.00	44.42	0.30	54.74	0.16	0.85	98.50	0.30	0.98
1.00	85.20	37.68	0.20	41.05	0.08	0.93	88.10	0.17	1.15
3.01	61.30	16.54	2.00	27.11	0.54	1.47	73.25	1.47	2.62
5.00	52.00	10.96	2.00	13.75	0.27	1.75	56.65	1.13	3.75
8.01	42.70	6.70	3.01	8.83	0.27	2.01	47.35	1.42	5.18
10.00	38.40	5.14	2.00	5.92	0.12	2.13	40.55	0.81	5.99
20.00	26.40	2.01	10.00	3.58	0.36	2.49	32.40	3.24	9.23
30.01	20.20	1.03	10.00	1.52	0.15	2.64	23.30	2.33	11.56
40.00	16.20	0.59	9.99	0.81	0.08	2.72	18.20	1.82	13.38
50.00	13.40	0.37	10.00	0.48	0.05	2.77	14.80	1.48	14.86
60.01	10.80	0.22	10.00	0.29	0.03	2.80	12.10	1.21	16.07
70.00	8.46	0.12	9.99	0.17	0.02	2.82	9.63	0.96	17.03
80.00	6.30	0.06	10.00	0.09	0.01	2.83	7.38	0.74	17.77
90.01	3.96	0.02	10.00	0.04	0.004	2.83	5.13	0.51	18.28
99.99	0.28	0.00002	9.99	0.01	0.001	**2.83**	2.12	0.21	**18.49**

4.2.45. Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

Ubicación de la estación

La estación se encuentra ubicada en la Región de Magallanes y de la Antártica. En la Figura 4.138 se muestra su ubicación geográfica.

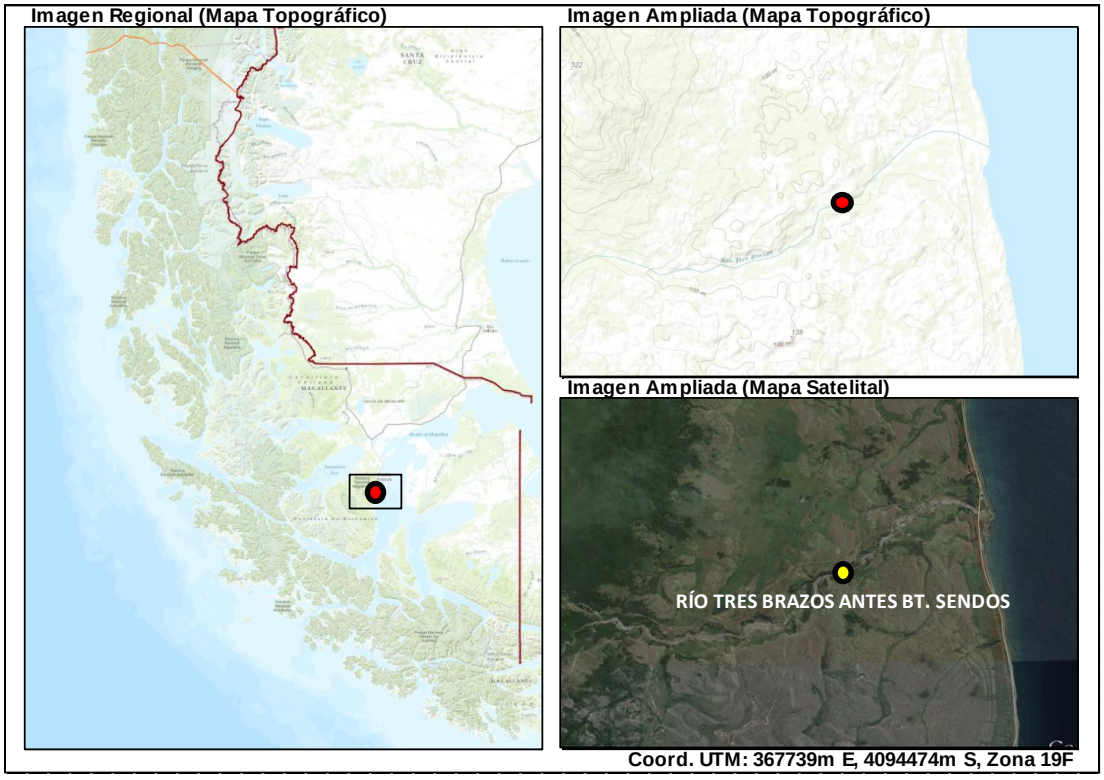


Figura 4.138 – Ubicación geográfica, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos
Fuente: Mapa de red Hidrométrica DGA [13], Google Earth [14]

Antecedentes de la estación

Se cuenta con la estadística sedimentométrica de Muestreo Rutinario y Muestreo Integrado, y con la estadística fluviométrica de Caudales Medios Diarios. En la Tabla 4.223 se muestra el detalle de los antecedentes recopilados para la estación.

Tabla 4.223 – Antecedentes, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos
Fuente: Estadística hidrológica en línea DGA [12]

DATOS SEDIMENTOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Muestreo Rutinario	02/1994	06/2003
	Muestreo Integrado	01/1994	10/2008
DATOS FLUVIOMÉTRICOS	**Medición**	**Desde**	**Hasta**
	Caudales Medios Diarios	06/1982	03/2012

Área de Drenaje

El Área de Drenaje de la cuenca hidrográfica formada usando como punto de descarga la ubicación de la estación se muestra en la Tabla 4.224.

Tabla 4.224 – Área de Drenaje, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos
Fuente: Global Mapper [15], WMS [16]

$A_{drenaje}$	97.46 km^2

Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario

En la Figura 4.139, se muestra la correlación entre ambas concentraciones. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.91).

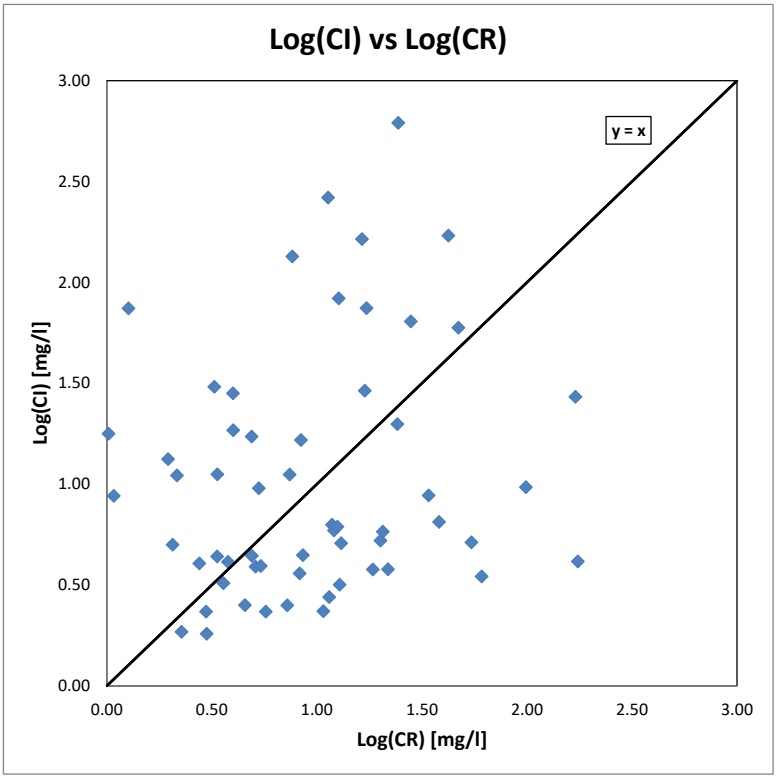


Figura 4.139 – Correlación Muestreo Integrado vs Muestreo Rutinario, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

$$CI = CR \qquad \text{Ec. (4.91)}$$

Donde CI y CR están en [mg/l].

Análisis Caudales Máximos Diarios Anuales

En el Anexo A se muestra en detalle el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales realizado para la estación.

Los resultados obtenidos para el período de retorno 50 y 100 años se muestran en la Tabla 4.225 a continuación.

Tabla 4.225 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	64.0 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	55.2 m^3/s

Curva de Duración de Caudales Medios Diarios

Usando la metodología indicada en el subcapítulo 3.5, se obtiene la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios que se presenta en la Figura B.45 (ver Anexo B).

Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido

En la Figura 4.140, se muestra la correlación entre ambos caudales. La expresión obtenida para ésta es la de la Ec. (4.92).

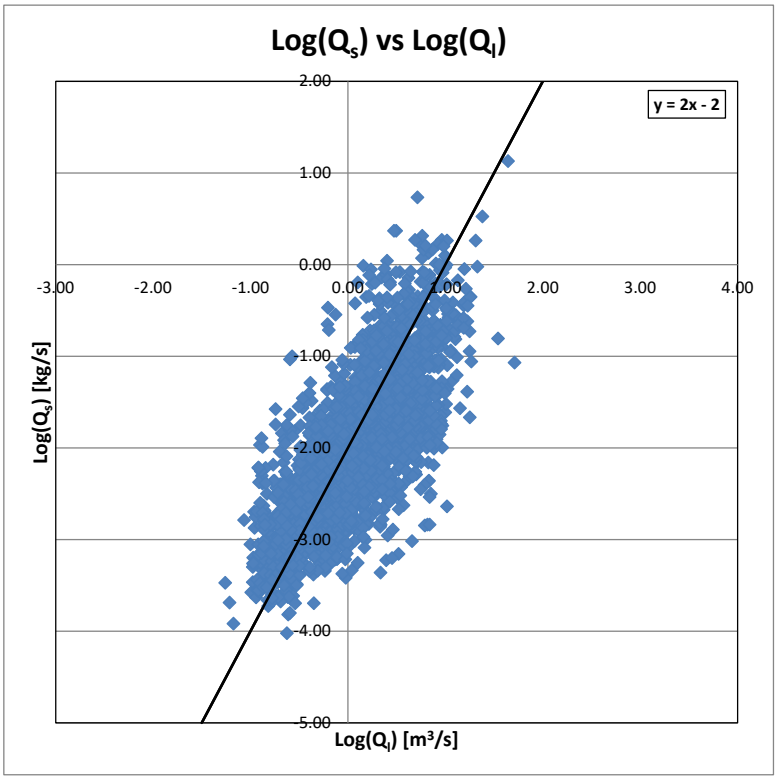


Figura 4.140 – Correlación Caudal Sólido vs Caudal Líquido, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

$$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.00} \qquad \text{Ec. (4.92)}$$

Donde Q_s está en [kg/s] y Q_l en [m^3/s].

Obtención Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio

Usando la metodología indicada en los subcapítulos 3.7 y 3.8, se obtiene el valor del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y el Caudal Líquido Promedio. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.226 y el detalle de la obtención de éstos en la Tabla 4.227.

Tabla 4.226 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

$\bar{Q}_{s,prom}$	3 897.43	Ton/año
$\bar{Q}_{l,prom}$	2.06	m^3/s

Tabla 4.227 – Obtención del Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

				Cálculo del $\bar{Q}_{s,prom}$			Cálculo del $\bar{Q}_{l,prom}$		
P_{exc} [%]	Q_l [m^3/s]	Q_s [kg/s]	ΔP_{exc} [%]	$\bar{Q}_s$ [kg/s]	$\bar{Q}_s \Delta P_{exc}$ [kg/s]	$\Sigma(\bar{Q}_s \Delta P_{exc})$ [kg/s]	$\bar{Q}_l$ [m^3/s]	$\bar{Q}_l \Delta P_{exc}$ [m^3/s]	$\Sigma(\bar{Q}_l \Delta P_{exc})$ [m^3/s]
0.003	64.04	41.02	0.003	41.02	0.001	0.001	64.04	0.002	0.002
0.01	55.17	30.43	0.003	35.73	0.001	0.002	59.61	0.002	0.003
0.05	34.80	12.11	0.05	21.27	0.01	0.01	44.98	0.02	0.02
0.10	24.10	5.81	0.05	8.96	0.005	0.02	29.45	0.02	0.04
0.30	18.20	3.31	0.20	4.56	0.01	0.03	21.15	0.04	0.08
0.50	16.50	2.72	0.20	3.02	0.01	0.03	17.35	0.03	0.12
0.80	13.40	1.80	0.30	2.26	0.01	0.04	14.95	0.05	0.16
1.00	12.40	1.54	0.20	1.67	0.003	0.04	12.90	0.03	0.19
3.00	8.35	0.70	2.00	1.12	0.02	0.06	10.38	0.21	0.39
5.00	6.69	0.45	2.00	0.57	0.01	0.08	7.52	0.15	0.54
8.00	5.47	0.30	3.00	0.37	0.01	0.09	6.08	0.18	0.73
10.00	4.93	0.24	2.00	0.27	0.01	0.09	5.20	0.10	0.83
20.01	3.15	0.10	10.00	0.17	0.02	0.11	4.04	0.40	1.24
30.01	2.13	0.05	10.00	0.07	0.01	0.12	2.64	0.26	1.50
40.00	1.55	0.02	9.99	0.03	0.003	0.12	1.84	0.18	1.68
50.01	1.11	0.01	10.00	0.02	0.002	0.12	1.33	0.13	1.82
60.01	0.79	0.01	10.00	0.01	0.001	0.12	0.95	0.09	1.91
70.00	0.53	0.003	9.99	0.005	0.0005	0.12	0.66	0.07	1.98
80.00	0.36	0.001	10.00	0.002	0.0002	0.12	0.45	0.04	2.02
90.01	0.23	0.001	10.00	0.001	0.0001	0.12	0.29	0.03	2.05
99.99	0.05	0.00002	9.98	0.0003	0.00003	**0.12**	0.14	0.01	**2.06**

4.3. Resumen de resultados del análisis de estaciones

En la Tabla 4.228 se presenta el resumen de los resultados del análisis de estaciones del subcapítulo 4.1.

Tabla 4.228 – Resumen de resultados del análisis de estaciones

N°	Estación	$A_{drenaje}$ [km^2]	$Q_s\,[kg/s] = A_1 \cdot (Q_l\,[m^3/s])^{A_2}$	$\overline{Q}_{s,prom}$ [Ton/año]	$\overline{Q}_{l,prom}$ [m^3/s]
1	Río Loa antes Represa Lequena	2 010.00	- Para $Q_l < 0.95\ [m^3/s]$ $Q_s = 0.16 \cdot {Q_l}^{5.79}$ - Para $Q_l > 0.9506\ [m^3/s]$ $Q_s = 0.13 \cdot {Q_l}^{1.92}$	1 282.34	0.56
2	Río Salado en Sifón Ayquina	770.00	$Q_s = 0.04 \cdot {Q_l}^{2.96}$	8 840.57	0.51
3	Río Huasco en Algodones	7 187.00	$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.22}$	96 249.05	6.26
4	Río Jorquera en Vertedero	4 150.00	$Q_s = 0.62 \cdot {Q_l}^{2.47}$	28 869.74	0.68
5	Río Cogotí entrada Embalse Cogotí	735.00	- Para $Q_l < 0.68\ [m^3/s]$ $Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{1.33}$ - Para $Q_l > 0.68\ [m^3/s]$ $Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.58}$	173 449.85	2.33
6	Río Choapa en Cuncumén	1 176.00	$Q_s = 1.93 \cdot 10^{-4} \cdot {Q_l}^{3.21}$	198 175.46	9.65
7	Río Grande en Puntilla San Juan	3 512.00	- Para $Q_l < 4.01\ [m^3/s]$ $Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{1.26}$ - Para $Q_l > 4.01\ [m^3/s]$ $Q_s = 1.00 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{2.76}$	522 152.50	9.36
8	Río Hurtado en Angostura de Pangue	1 772.00	- Para $Q_l < 1.85\ [m^3/s]$ $Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{1.36}$ - Para $Q_l > 1.85\ [m^3/s]$ $Q_s = 3.54 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{2.83}$	236 772.62	3.27
9	Río Turbio en Varillar	4 148.00	$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.79}$	351 820.84	7.86
10	Río Aconcagua en Chacabuquito	2 400.00	$Q_s = 2.90 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{3.16}$	515 449.38	33.09
11	Río Blanco en Río Blanco	382.00	$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.42}$	112 914.70	7.86
12	Río Putaendo en Resguardo Los Patos	927.00	$Q_s = 1.14 \cdot 10^{-3} \cdot {Q_l}^{3.02}$	380 956.75	8.27
13	Río Colorado antes Junta Río Maipo	1 713.00	$Q_s = 1.05 \cdot 10^{-5} \cdot {Q_l}^{3.97}$	2 009 286.97	30.40
14	Río Maipo en El Manzano	4 968.00	$Q_s = 1.97 \cdot 10^{-7} \cdot {Q_l}^{4.12}$	23 359 734.81	108.55
15	Río Mapocho en Los Almendros	620.00	$Q_s = 0.01 \cdot {Q_l}^{2.61}$	239 934.74	6.52

Tabla 4.228 – Resumen de resultados del análisis de estaciones (Continuación)

N°	Estación	$A_{drenaje}$ [km^2]	$Q_s\,[kg/s] = A_1 \cdot (Q_l\,[m^3/s])^{A_2}$	$\overline{Q}_{s,prom}$ [Ton/año]	$\overline{Q}_{l,prom}$ [m^3/s]
16	Río Mapocho Rinconada de Maipú	4068.00	$Q_s = 2.78 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{4.44}$	648 691 583.44	28.61
17	Río Tinguiririca bajo Los Briones	1 441.00	$Q_s = 6.16 \cdot 10^{-5} \cdot Q_l^{3.16}$	3 022 922 10	50.44
18	Río Loncomilla en Las Brisas	10 046.00	$Q_s = 6.21 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{1.72}$	842 075.81	276.43
19	Río Purapel en Sauzal	680.31	$Q_s = 0.02 \cdot Q_l^{1.83}$	76 958.26	4.86
20	Río Teno después de Junta con Claro	1 188.00	$Q_s = 6.81 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{3.33}$	1 708 972.18	56.91
21	Río Biobío en Desembocadura	21 255.67	$Q_s = 1.51 \cdot 10^{-5} \cdot Q_l^{2.09}$	1 988 318.65	1 002.15
22	Río Chillán en Camino a Confluencia	811.13	- Para $Q_l < 6.28\,[m^3/s]$ $Q_s = 0.01 \cdot Q_l^{1.05}$ - Para $Q_l > 6.28\,[m^3/s]$ $Q_s = 4.82 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{2.44}$	289 312.20	21.23
23	Río Diguillín en Longitudinal	726.12	- Para $Q_l < 42.89\,[m^3/s]$ $Q_s = 0.01 \cdot Q_l^{0.94}$ - Para $Q_l > 42.89\,[m^3/s]$ $Q_s = 8.42 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{2.72}$	154 533.63	49.76
24	Río Itata en Balsa Nueva Aldea	4 491.12	$Q_s = 1.33 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{2.25}$	1 435 518.93	137.73
25	Río Itata en Cholguán	854.29	$Q_s = 3.27 \cdot 10^{-5} \cdot Q_l^{2.42}$	45 038.03	45.07
26	Río Itata en Coelemu	10 353.13	- Para $Q_l < 141.82\,[m^3/s]$ $Q_s = 3.51 \cdot 10^{-3} \cdot Q_l^{1.19}$ - Para $Q_l > 141.82\,[m^3/s]$ $Q_s = 1.20 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{2.80}$	7 963 239.15	353.29
27	Río Laja en Puente Perales	3 598.59	$Q_s = 9.35 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{2.90}$	3 191 891.46	153.41
28	Río Ñuble en San Fabián	1 709.00	$Q_s = 2.30 \cdot 10^{-6} \cdot Q_l^{2.84}$	380 358.30	111.03
29	Río Allipén en Los Laureles	1 717.95	$Q_s = 4.12 \cdot 10^{-15} \cdot Q_l^{6.92}$	266 342 569.21	142.23
30	Río Cautín en Rari-Ruca	1 252.44	$Q_s = 5.27 \cdot 10^{-8} \cdot Q_l^{3.89}$	1 582 687.53	105.23
31	Río Cholchol en Cholchol	4 880.40	$Q_s = 2.90 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{1.79}$	119 641.14	130.00
32	Río Dónguil en Gorbea	741.34	$Q_s = 2.68 \cdot 10^{-3} \cdot Q_l^{1.43}$	16 231.70	31.95
33	Río Lumaco en Lumaco	1 036.30	$Q_s = 0.01 \cdot Q_l^{1.71}$	65 911.73	18.21
34	Río Quepe en Quepe	1 620.76	$Q_s = 2.42 \cdot 10^{-5} \cdot Q_l^{2.69}$	622 221.12	88.36

Tabla 4.228 – Resumen de resultados del análisis de estaciones (Continuación)

N°	Estación	$A_{drenaje}$ [km^2]	$Q_s\,[kg/s] = A_1 \cdot (Q_l\,[m^3/s])^{A_2}$	$\overline{Q}_{s,prom}$ [Ton/año]	$\overline{Q}_{l,prom}$ [m^3/s]
35	Río Trancura antes Río Llafenco	1 418.58	$Q_s = 1.46 \cdot 10^{-5} \cdot Q_l^{2.45}$	140 783.87	114.69
36	Río Vergara en Tijeral	2 333.13	$Q_s = 2.25 \cdot 10^{-3} \cdot Q_l^{1.57}$	66 686.17	54.93
37	Río Cruces en Rucaco	1 828.49	$Q_s = 2.19 \cdot 10^{-5} \cdot Q_l^{2.37}$	106 502.70	88.08
38	Río Rahue en Forrahue	5 593.58	$Q_s = 2.20 \cdot 10^{-7} \cdot Q_l^{2.93}$	238 846.20	244.75
39	Río Grande en Tierra del Fuego	2 797.01	$Q_s = 2.78 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{2.22}$	25 126.72	28.74
40	Río Las Minas en BT. Sendos	35.16	$Q_s = 0.09 \cdot Q_l^{2.37}$	19 430.69	0.93
41	Río Oro en Bahía San Felipe	565.81	$Q_s = 3.77 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{3.85}$	15 083.10	3.24
42	Río Penitente en Morro Chico	1 499.42	$Q_s = 1.78 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{2.50}$	18 020.35	14.25
43	Río Pérez en Desembocadura	323.57	$Q_s = 1.30 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{3.85}$	578 545.92	8.19
44	Río San Juan en Desembocadura	861.20	$Q_s = 5.62 \cdot 10^{-4} \cdot Q_l^{2.50}$	82 292.06	18.49
45	Río Tres Brazos antes BT. Sendos	97.46	$Q_s = 0.01 \cdot Q_l^{2.00}$	3 897.43	2.06

Capítulo 5. ANÁLISIS COMPARATIVO CON EXPRESIONES EMPÍRICAS

Una vez obtenidos los valores de Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio para cada estación analizada (ver Capítulo 4), se realiza un análisis y comparación de éstos con algunas fórmulas empíricas que se utilizan normalmente en cuencas donde no existen estaciones sedimentométricas y/o fluviométricas representativas para obtener estos valores.

En la Figura 5.1 se muestran los valores obtenidos para Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio de todas las estaciones analizadas, las cuales se han dividido en tres zonas, para su posterior análisis. La numeración de las estaciones es la misma que la de la Tabla 4.228.

- Zona Norte: Desde la Región de Antofagasta (II) hasta la Región de Atacama (III).
- Zona Centro: Desde la Región de Coquimbo (IV) hasta la Región del Maule (VII).
- Zona Sur: Desde la Región del Biobío (VIII) hasta la Región de Magallanes y la Antártica (XII).

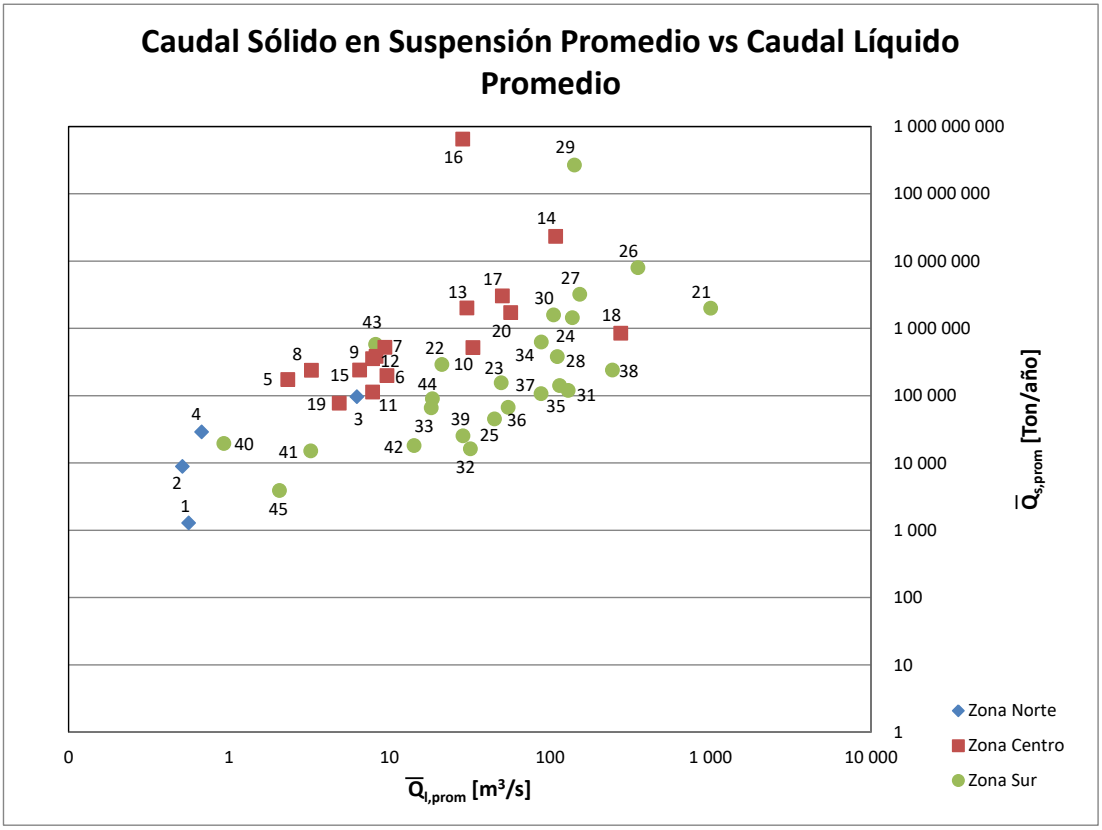


Figura 5.1 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio

Las fórmulas empíricas con las que se realizará un análisis comparativo son las Curvas de Fleming y la del Manual de Presas Pequeñas.

5.1. Análisis comparativo con Curvas de Fleming

En el marco teórico (ver Capítulo 1), se presenta una reseña del Método de las Curvas de Fleming, el cual utiliza los datos obtenidos de 250 cuencas alrededor del mundo para obtener cuatro (4) modelos o curvas, de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca. Utilizando las cuatro (4) curvas de Fleming, se ha obtenido la Figura 5.2, donde se contrastan éstas con los valores obtenidos del análisis de las estaciones de Chile.

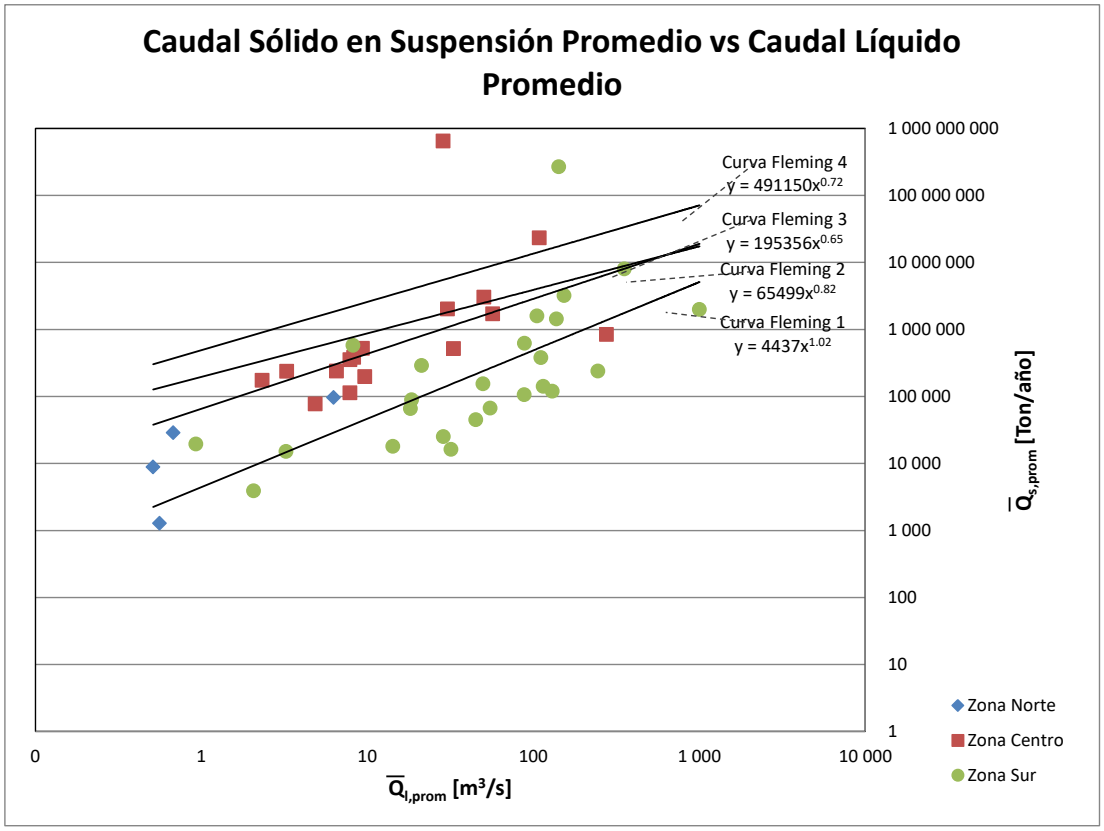


Figura 5.2 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido), y Curvas de Fleming

Analizando la Figura 5.2, se aprecia que las Curvas de Fleming que tienen un mejor ajuste con los datos obtenidos del análisis de las estaciones son las Curvas de Fleming 1, 2 y 3. Es decir, los modelos que más se ajustan a la realidad del país son aquellos donde el tipo de cobertura corresponde a: vegetación variada, de hoja ancha y coníferas (Curva de Fleming 1), floresta coníferas y pastos altos (Curva de Fleming 2), y pastos bajos y arbustos (Curva de Fleming 3).

Esto concuerda con el tipo de vegetación presente dentro del país, pues la Zona Centro del país posee un clima mediterráneo donde la vegetación dominante es de tipo matorral (cobertura de Curva de Fleming 3), pasando a coníferas a medida que se avanza hacia el sur (cobertura de Curva de Fleming 2). La Zona Sur por su parte, posee vegetación variada, principalmente bosques de coníferas como la zona del Bosque o Selva Valdiviana; y pastizales al sur en sectores más australes como la Patagonia Magallánica (Curva de Fleming 1).

La Curva de Fleming 4 es para cobertura vegetal de tipo desierto y arbustos, lo que concuerda con la vegetación del norte del país. Sin embargo, los datos que se poseen de la Zona Norte (Norte Grande, desde Arica hasta Atacama) son sólo seis, y no es posible establecer una correcta relación entre éstos y la Curva de Fleming 4.

Para visualizar lo expuesto en los párrafos anteriores, se muestra en las figuras siguientes la correlación entre los Caudales Sólidos en Suspensión Promedio obtenidos del análisis para la Zona Norte, Centro y Sur con los de la Curva de Fleming correspondiente de acuerdo a su vegetación.

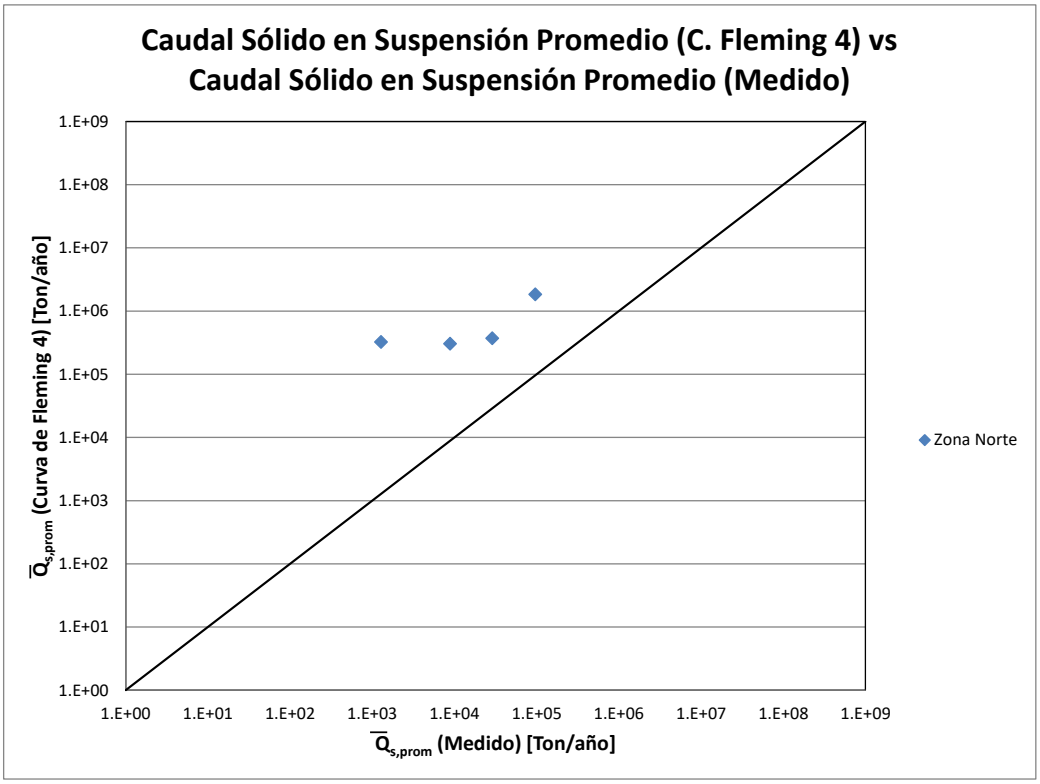


Figura 5.3 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 4) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte)

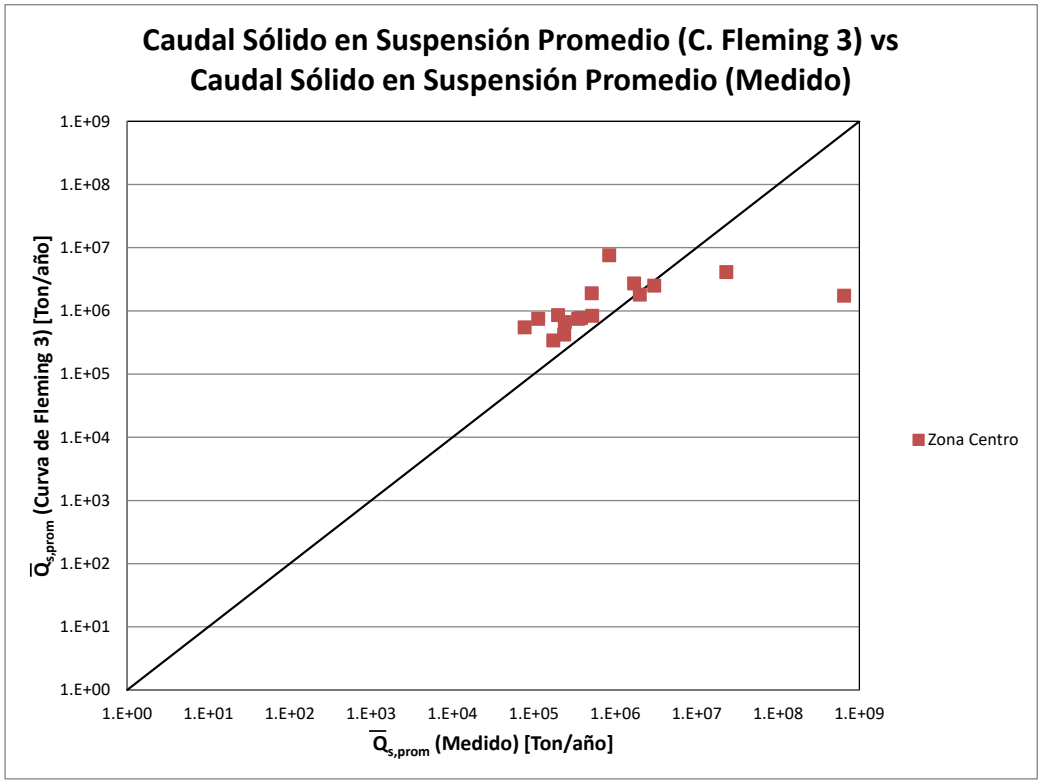


Figura 5.4 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 3) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro)

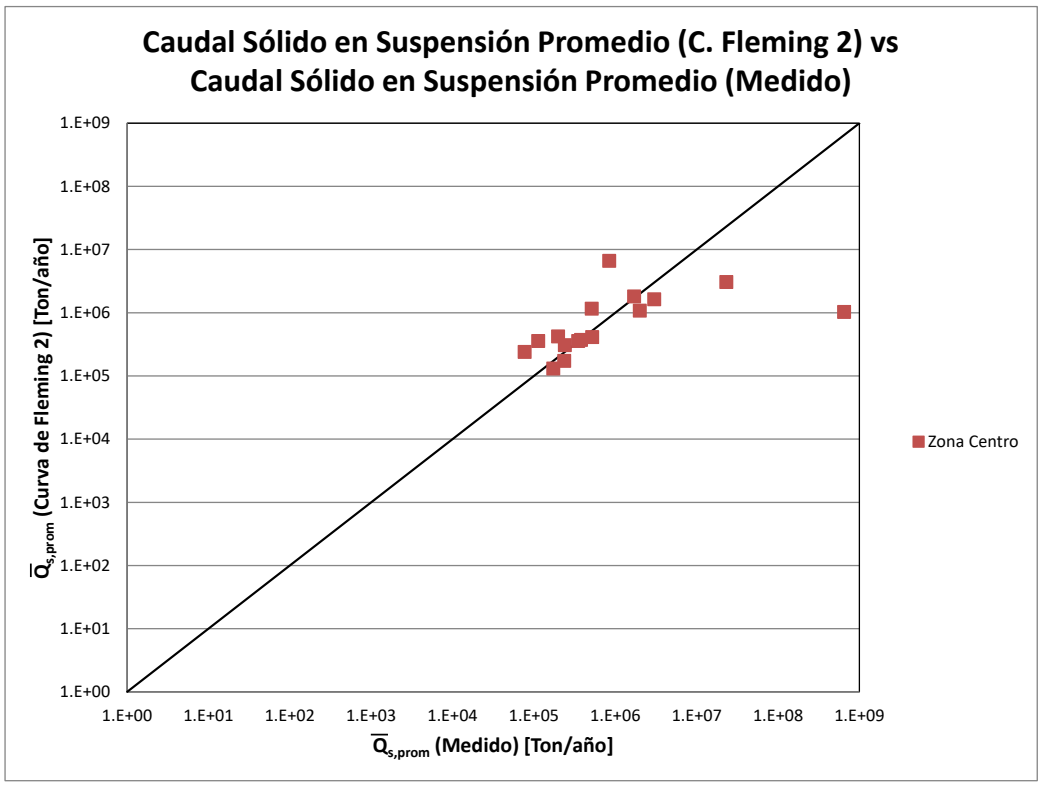


Figura 5.5 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 2) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro)

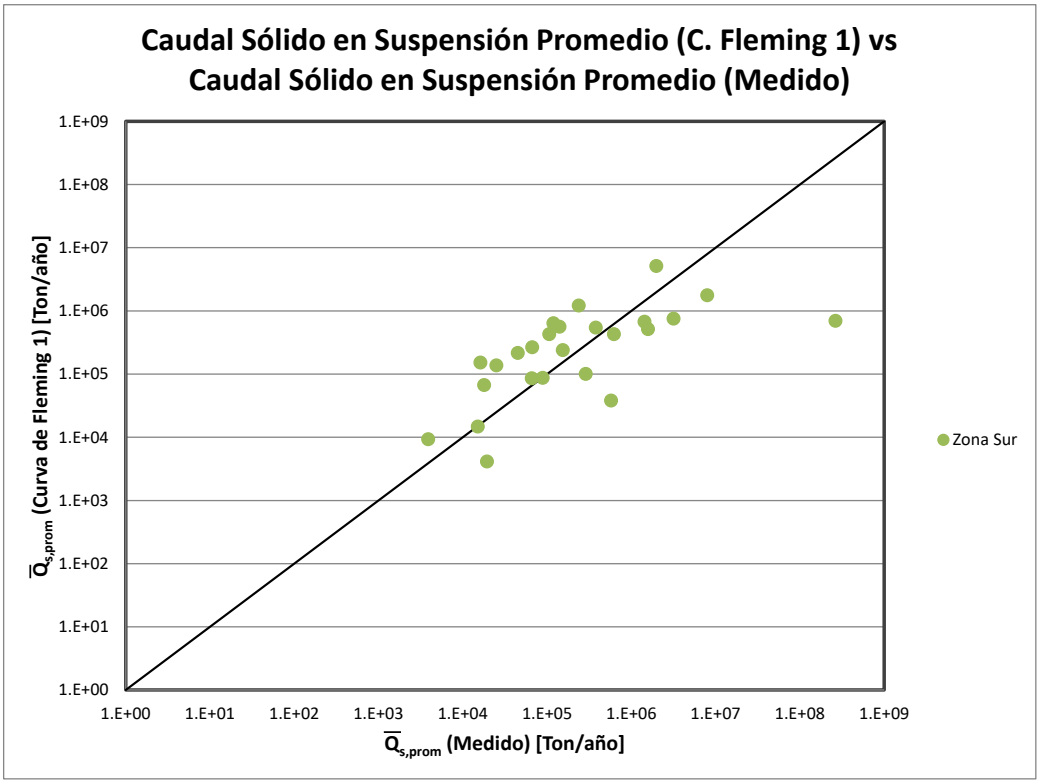


Figura 5.6 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Curva de Fleming 1) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur)

Se determinan los errores de ajuste de los datos (Curvas de Fleming) y los datos medidos (Capítulo 4) de las estaciones analizadas, para así evaluar la factibilidad de la aplicación de las Curvas de Fleming en las cuencas chilenas. Los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 5.1 – Error cuadrático de ajuste, Curvas de Fleming

	Curvas de Fleming			
	Curva 1	Curva 2	Curva 3	Curva 4
Zona	E. Cuadrático [Ton/año]	E. Cuadrático [Ton/año]	E. Cuadrático [Ton/año]	E. Cuadrático [Ton/año]
Norte	-	-	-	915 169
Centro	-	46 286 432	46 234 680	-
Sur	11 554 544	-	-	-

Tabla 5.2 – Error relativo de ajuste, Curvas de Fleming

	Curvas de Fleming			
	Curva 1	Curva 2	Curva 3	Curva 4
Zona	E. Relativo %	E. Relativo %	E. Relativo %	E. Relativo %
Norte	-	-	-	2706.76%
Centro	-	108.54%	108.41%	-
Sur	101.18%	-	-	-

Los errores de ajuste obtenidos son bastante altos, siendo incluso mayores al 100%. Esto puede deberse a valores extremos que se alejen del promedio y/o de la tendencia, haciendo que el error sea mayor. En las figuras anteriores, donde se muestra la correlación entre los datos obtenidos del análisis y los de las Curvas de Fleming, se puede corroborar en primera instancia lo planteado.

Para determinar si realmente hay valores extremos que se alejen del promedio y/o de la tendencia, en la Figura 5.7 se muestran los valores obtenidos para Caudal Sólido en Suspensión Promedio y Caudal Líquido Promedio de todas las estaciones analizadas (ver Figura 5.1), pero ahora con los ejes del gráfico en escala lineal.

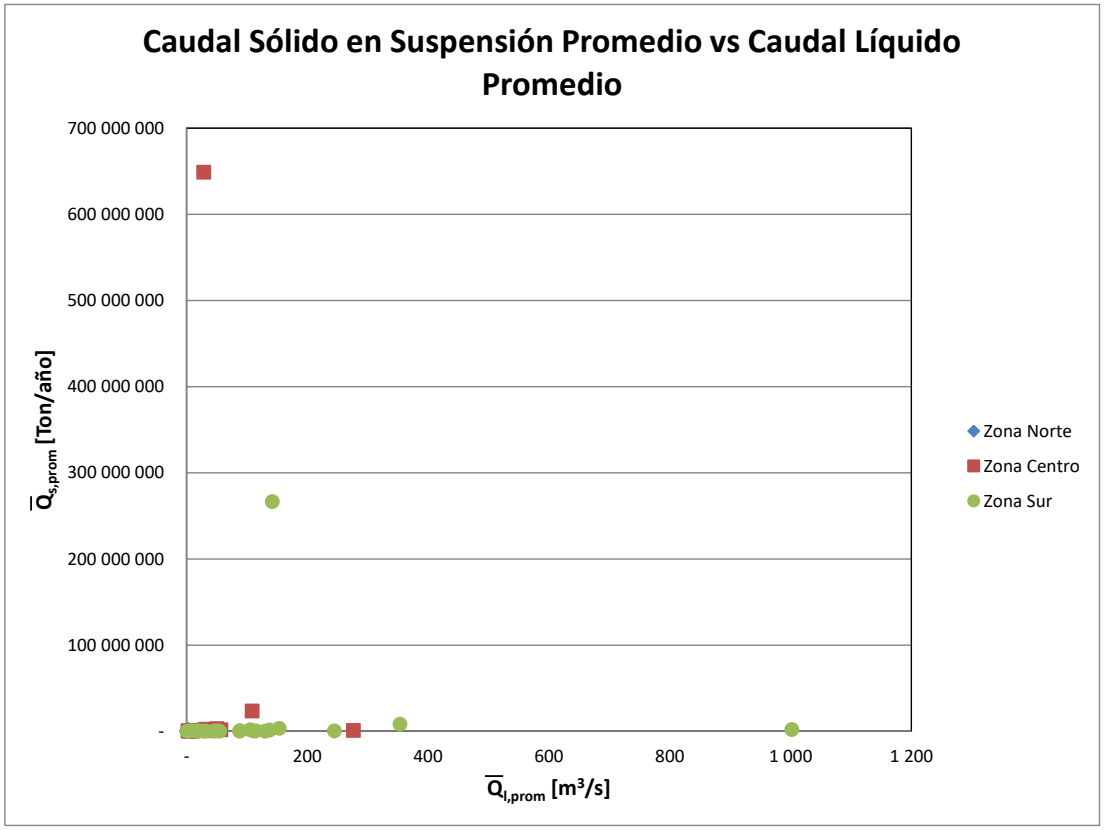


Figura 5.7 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido), con ejes en escala lineal

Para observar con mayor claridad el comportamiento de la mayoría de los datos, en la Figura 5.8 se ha ajustado la escala a un rango menor (con $\bar{Q}_{s,prom}$ bajo 25 000 000 [Ton/año]).

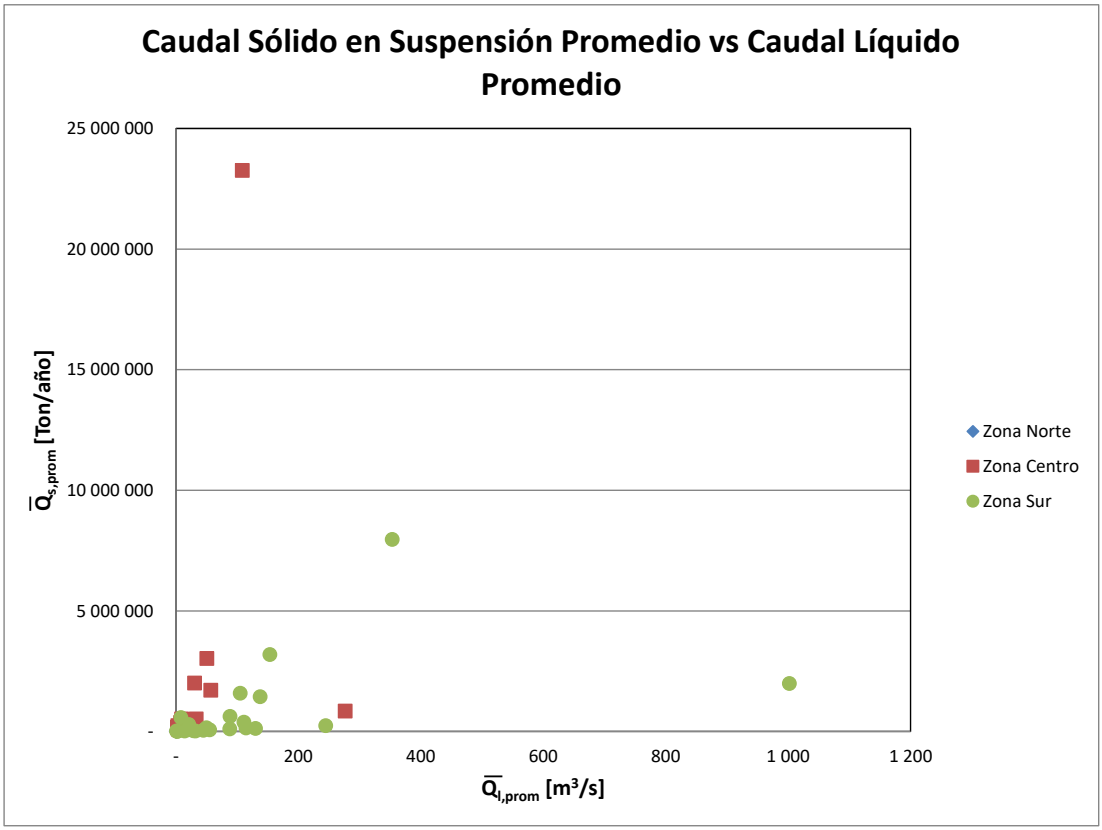


Figura 5.8 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido), con ejes en escala lineal (Vista ampliada)

De los gráficos anteriores se aprecia que efectivamente existen valores de Caudal Sólido en Suspensión Promedio que se alejan de la tendencia general de los datos. Analizando ambos gráficos conjuntamente con los valores de caudal sólido en suspensión promedio de la Tabla 4.228, se determina que son tres (3) las estaciones que se alejan de la tendencia. Estas corresponden a Estación Río Maipo en el Manzano, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú, y Río Allipén en Los Laureles.

Los valores extremos obtenidos para estas estaciones pueden deberse a varios factores (error en la toma de mediciones, error de ajuste de curvas, muestras no representativas, etc), y es difícil obtener la causa real del error.

Se calculan nuevamente los errores de ajuste de los datos (Curvas de Fleming) y los datos medidos (Capítulo 4) de las estaciones analizadas, sin incluir las tres (3) estaciones que se alejan de la tendencia). Los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 5.3 – Error cuadrático de ajuste, Curvas de Fleming (sin incluir las estaciones que se alejan de la tendencia)

	Curvas de Fleming			
	Curva 1	Curva 2	Curva 3	Curva 4
Zona	E. Cuadrático [Ton/año]	E. Cuadrático [Ton/año]	E. Cuadrático [Ton/año]	E. Cuadrático [Ton/año]
Norte	-	-	-	915 169
Centro	-	502 240	588 616	-
Sur	345 665	-	-	-

Tabla 5.4 – Error relativo de ajuste, Curvas de Fleming (sin incluir las estaciones que se alejan de la tendencia)

	Curvas de Fleming			
	Curva 1	Curva 2	Curva 3	Curva 4
Zona	E. Relativo %	E. Relativo %	E. Relativo %	E. Relativo %
Norte	-	-	-	2706.76%
Centro	-	67.66%	79.30%	-
Sur	43.30%	-	-	-

Se observa que los errores disminuyen considerablemente para la comparación entre la Zona Centro y Sur con las Curvas de Fleming 1, 2 y 3; según corresponda. En cambio, el error de la Zona Norte con Curva de Fleming 4 se mantiene pues no se ha eliminado ninguna estación en esa zona.

En lo posterior, las tres (3) estaciones que se alejan de la tendencia no se incluirán en el análisis comparativo ni en la proposición de modelos.

5.2. Análisis comparativo con Manual de Presas Pequeñas

En el marco teórico (ver Capítulo 1), se presenta una reseña del Método del Manual de Presas Pequeñas, el cual relaciona el caudal sólido en promedio con el tamaño del área de drenaje de la cuenca, usando como base una selección de datos recopilados de embalses [11] en el suroeste de Estados Unidos, donde el clima es semiárido.

Utilizando la Ec. (2.4) se ha obtenido la Figura 5.9, donde se contrasta los valores obtenidos con este método con los valores obtenidos del análisis de las estaciones de Chile (sin incluir las tres (3) estaciones que se alejan de la tendencia, ver subcapítulo 5.1).

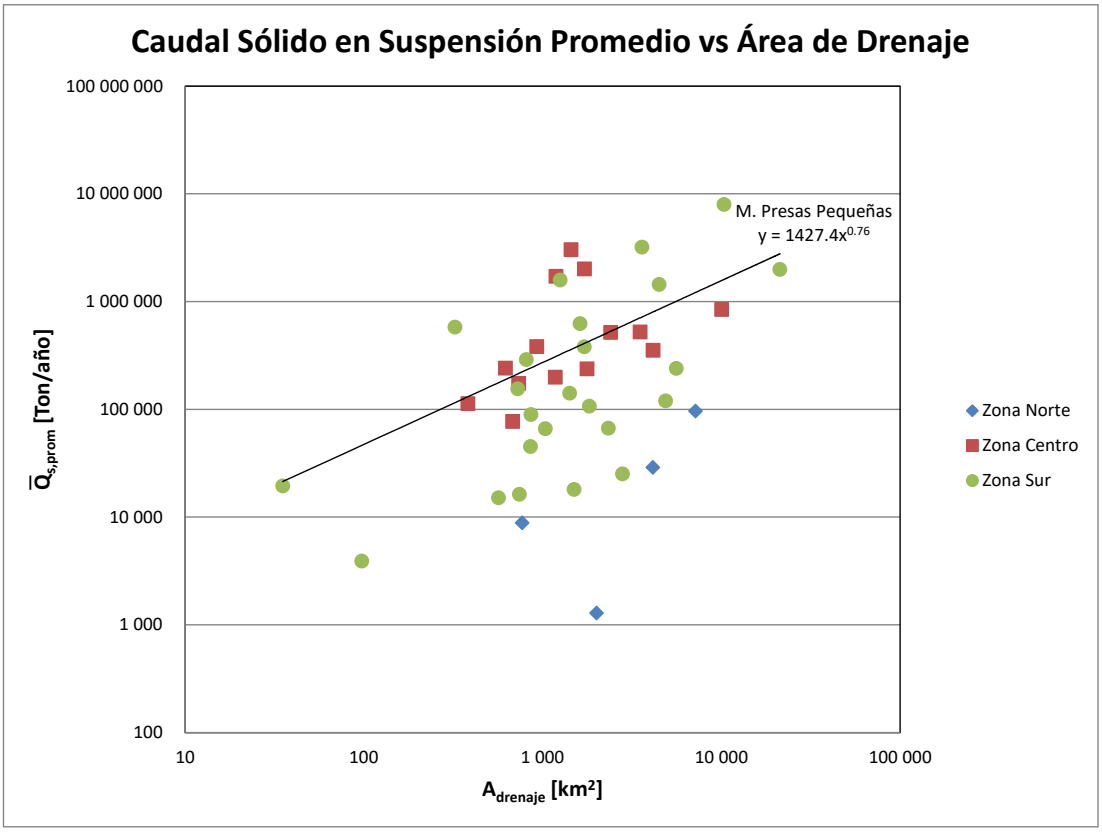


Figura 5.9 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido), y Manual de Presas Pequeñas

Para visualizar mejor la relación entre los datos medidos y el método empírico, se muestra en la Figura 5.10 la correlación entre los Caudales Sólidos en Suspensión Promedio obtenidos del análisis (Zona Norte, Centro y Sur) y los obtenidos con el método del Manual de Presas Pequeñas.

En las tres figuras siguientes a la Figura 5.10, se muestran los datos de la misma pero separado por zonas, para una mejor visualización de la correlación en la Zona Norte, Centro y Sur del país.

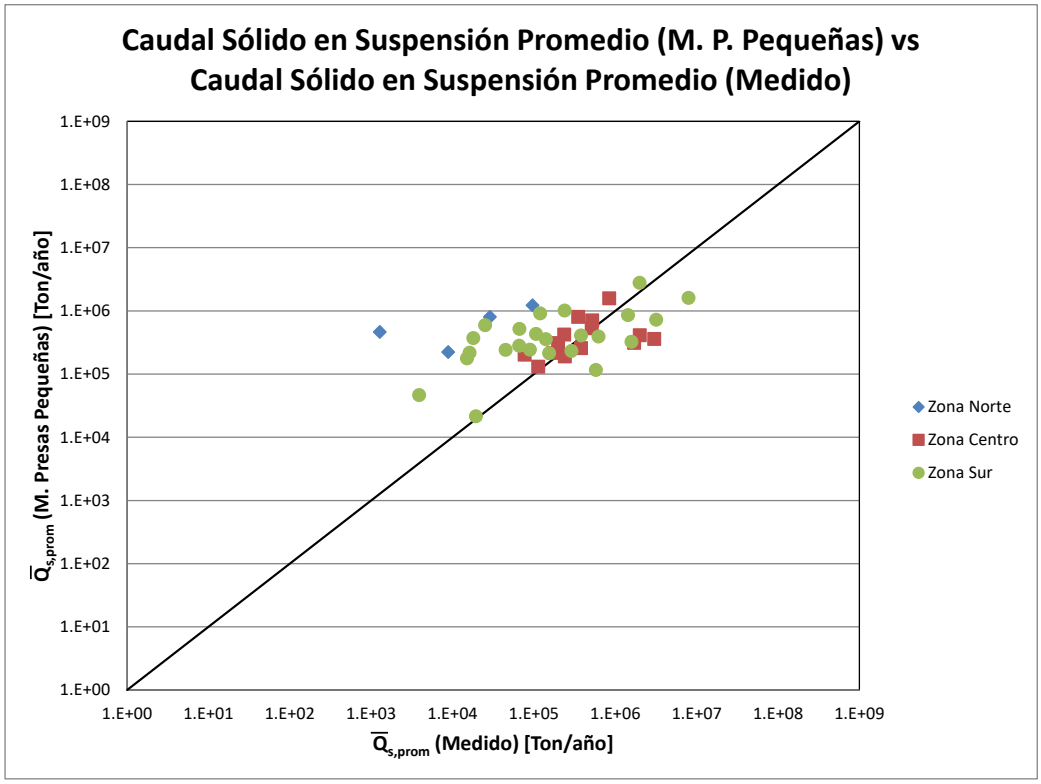


Figura 5.10 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte, Centro y Sur)

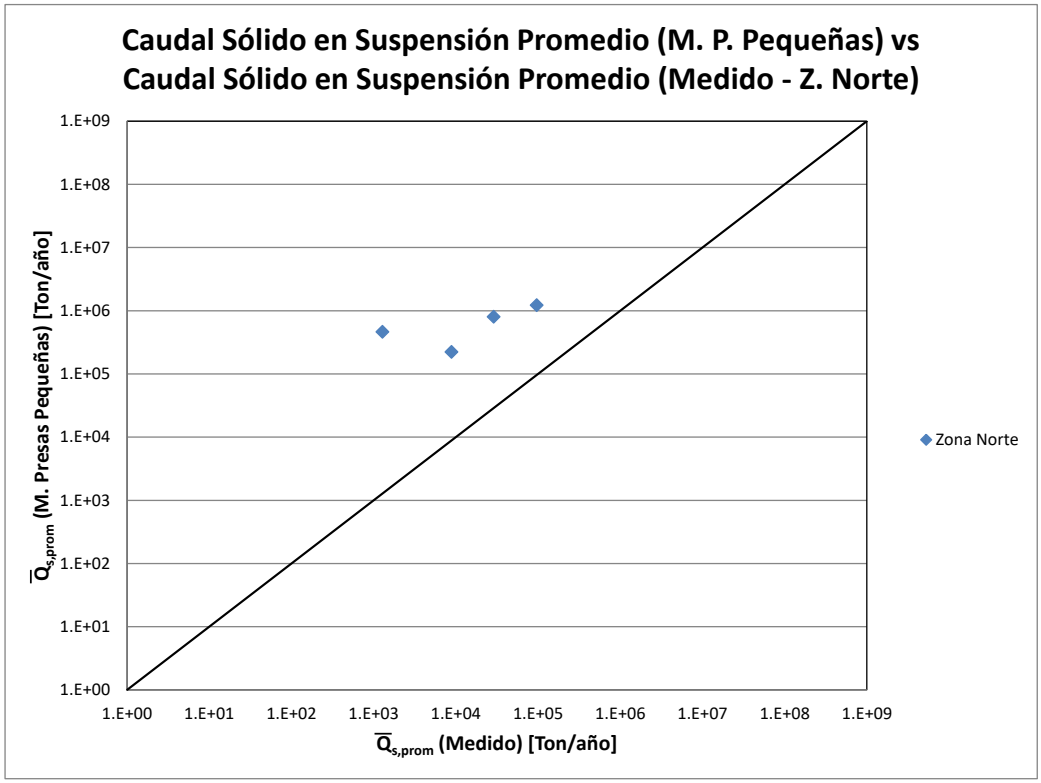


Figura 5.11 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte)

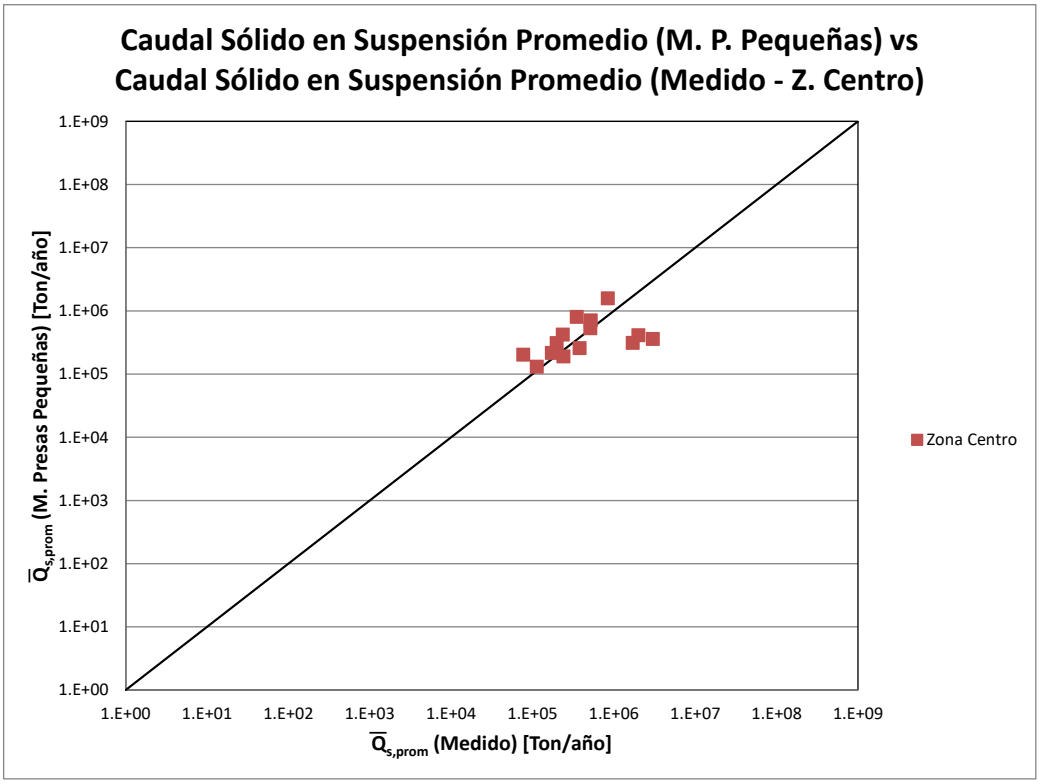


Figura 5.12 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro)

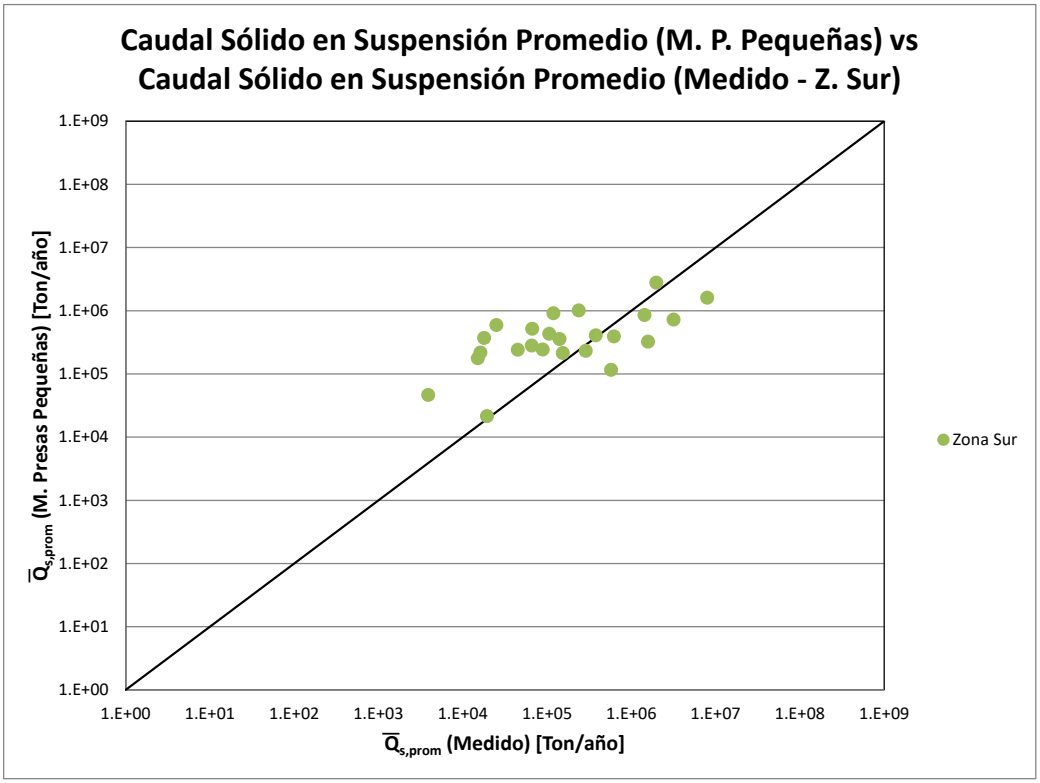


Figura 5.13 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Manual de Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur)

Se determinan los errores de ajuste de los datos empíricos del modelo del Manual de Presas Pequeñas y los datos medidos (Capítulo 4) de las estaciones analizadas, para así evaluar la factibilidad de la aplicación de éste en las cuencas chilenas. Los resultados se muestran en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Manual de Presas Pequeñas

	M. Presas Pequeñas	
	E. Cuadrático [Ton/año]	E. Relativo %
Zona Norte, Centro y Sur	198 298	28.06%
Zona Norte	484 649	1433.43%
Zona Centro	271 549	36.58%
Zona Sur	312 090	39.10%

Los errores de ajuste obtenidos verían entre 28.1% y un 39.1%; esto sin contar el alto error de 1433% de la Zona Norte, debido probablemente a los pocos datos con los que se cuenta. Se observa que para todos los datos de las estaciones (Zona Norte, Centro y Sur) el error es de 28.1%, arrojando un mejor ajuste que en el caso de la Zona Centro y Zona Sur por separado, con un 36.6% y 39.1% respectivamente.

Capítulo 6. PROPOSICIÓN DE MODELOS

Debido a que los modelos empíricos con los que se ha realizado el análisis comparativo, Modelo de Curvas de Fleming y Modelo del Manual de Presas Pequeñas, se ajustan parcialmente a los valores obtenidos para las cuencas chilenas, se proponen modelos similares que se ajusten de mejor manera a los datos medidos.

De acuerdo a lo expresado en el capítulo anterior, no se incluirán en el análisis las estaciones que se alejan de la tendencia y/o promedio de los datos. Estas corresponden a Estación Río Maipo en el Manzano, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú, y Río Allipén en Los Laureles.

6.1. Ajuste de Modelo tipo Curvas de Fleming

Se ajustan los datos obtenidos de las estaciones a una curva de tipo potencial, como es en el modelo de Curvas de Fleming, dejando el caudal sólido en suspensión promedio en función del caudal líquido promedio o medio anual. En la Figura 6.1 se muestra el ajuste de tipo potencial a los datos obtenidos de las estaciones, incluyendo la Zona Norte, Centro y Sur del país. Los ejes de la gráfica se muestran en escala logarítmica.

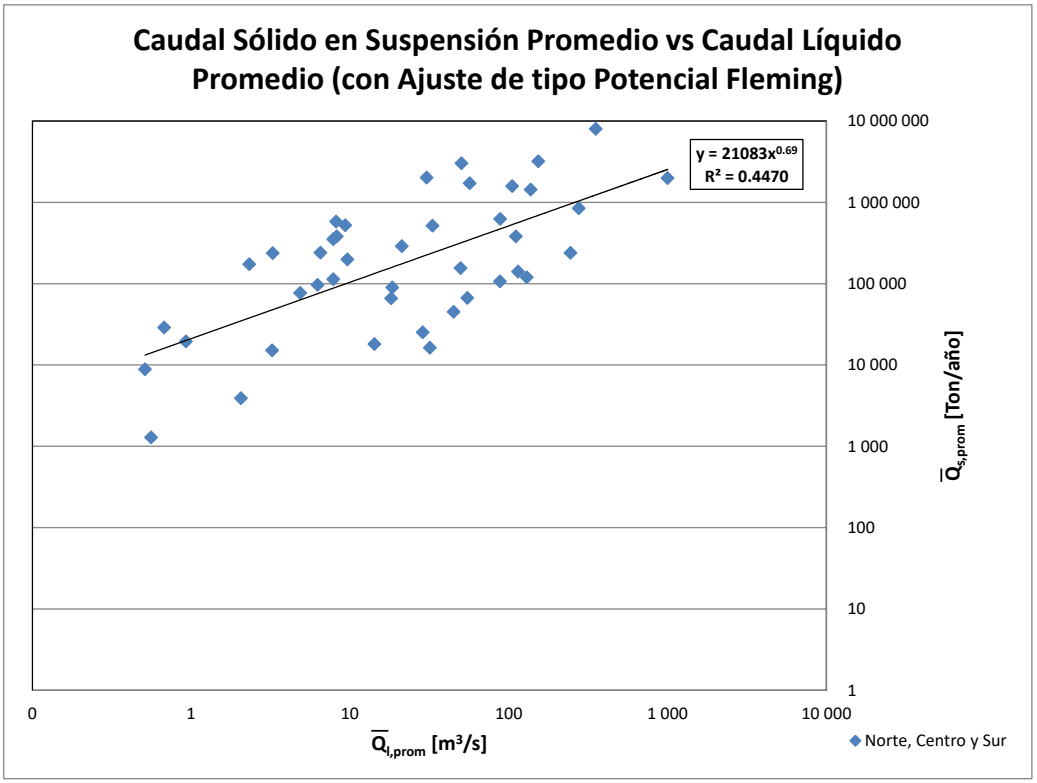


Figura 6.1 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes logarítmicos)

La Figura 6.2 muestra los mismos datos de la Figura 6.1, pero esta vez los ejes del gráfico se muestran en escala lineal.

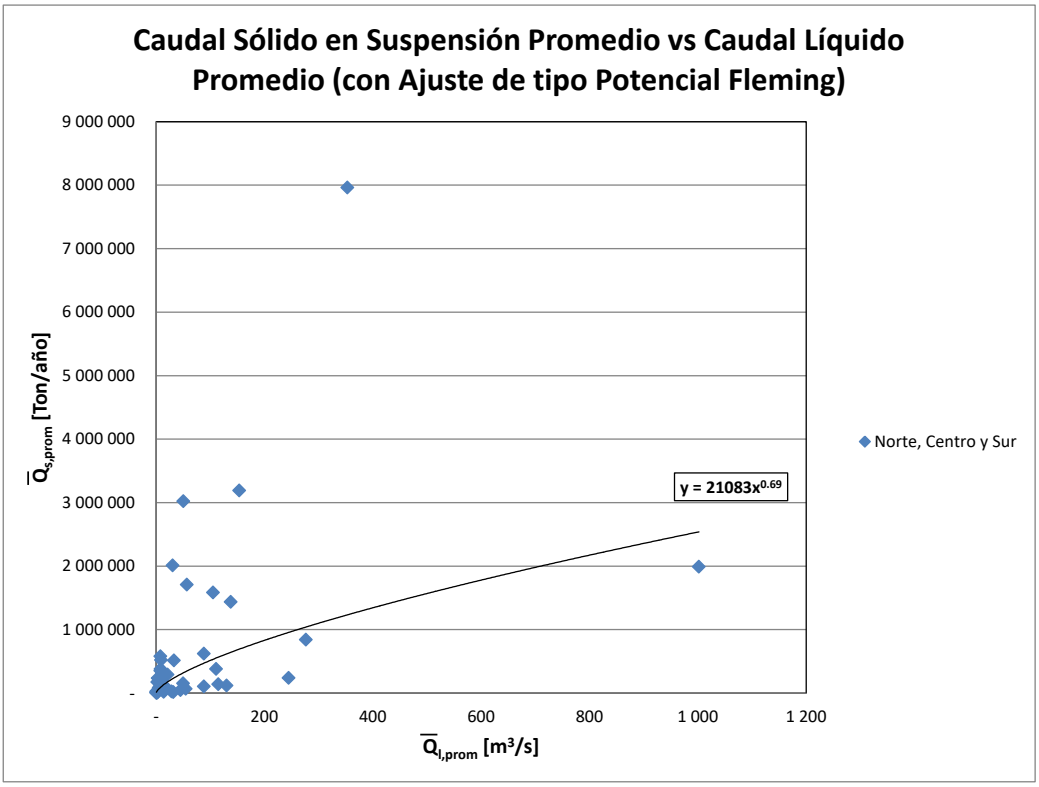


Figura 6.2 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido –Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes lineales)

Se calcula el error cuadrático y relativo para el ajuste de tipo potencial obtenido, lo cual se muestra en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial Fleming (Zona Norte, Centro y Sur)

	Ajuste de tipo Potencial $Q_{s,prom} = 21083\ Q_{l,prom}^{0.69}$	
Zona	**E. Cuadrático [Ton/año]**	**E. Relativo %**
Norte, Centro y Sur	206 351	29.20%

El error obtenido es de 29.2%. En la Figura 6.3 se muestra la correlación entre el Caudal Sólido en Suspensión Promedio obtenido de los datos analizados de las estaciones y el obtenido mediante el ajuste de tipo potencial planteado; corroborándose el bajo error obtenido visualmente.

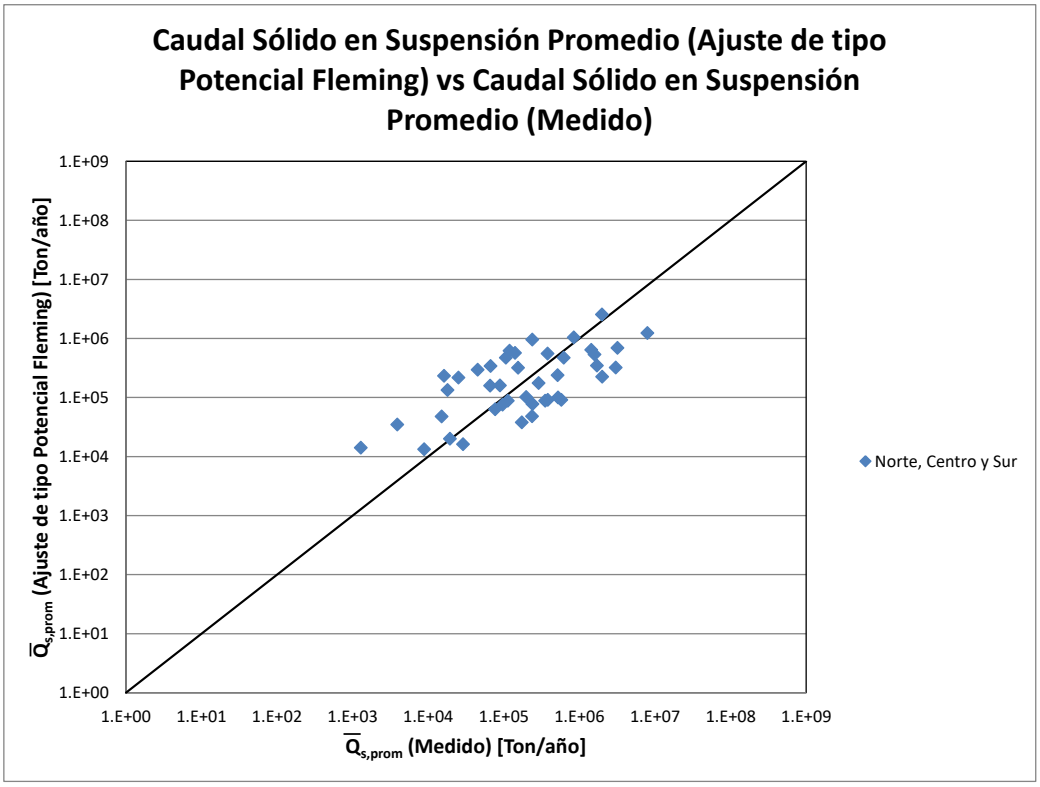


Figura 6.3 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial Fleming) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte, Centro y Sur)

Si bien mediante el ajuste de tipo potencial Fleming usando todos los datos del país se obtienen buenos resultados, a continuación se analizan los datos dividiendo el país en las zonas mencionadas con anterioridad, buscando mejorar el ajuste al dividirlo de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca.

De la Zona Norte sólo se poseen cuatro (4) datos de estaciones, cantidad que se considera insuficiente para ajustar un modelo que represente la zona a estudio.

De la Zona Centro se tienen datos de catorce (14) estaciones. En la Figura 6.4 se muestra el ajuste de tipo potencial Fleming para esta zona, con los ejes de la gráfica en escala logarítmica. En la Figura 6.5 se muestra lo mismo pero con los ejes en escala lineal.

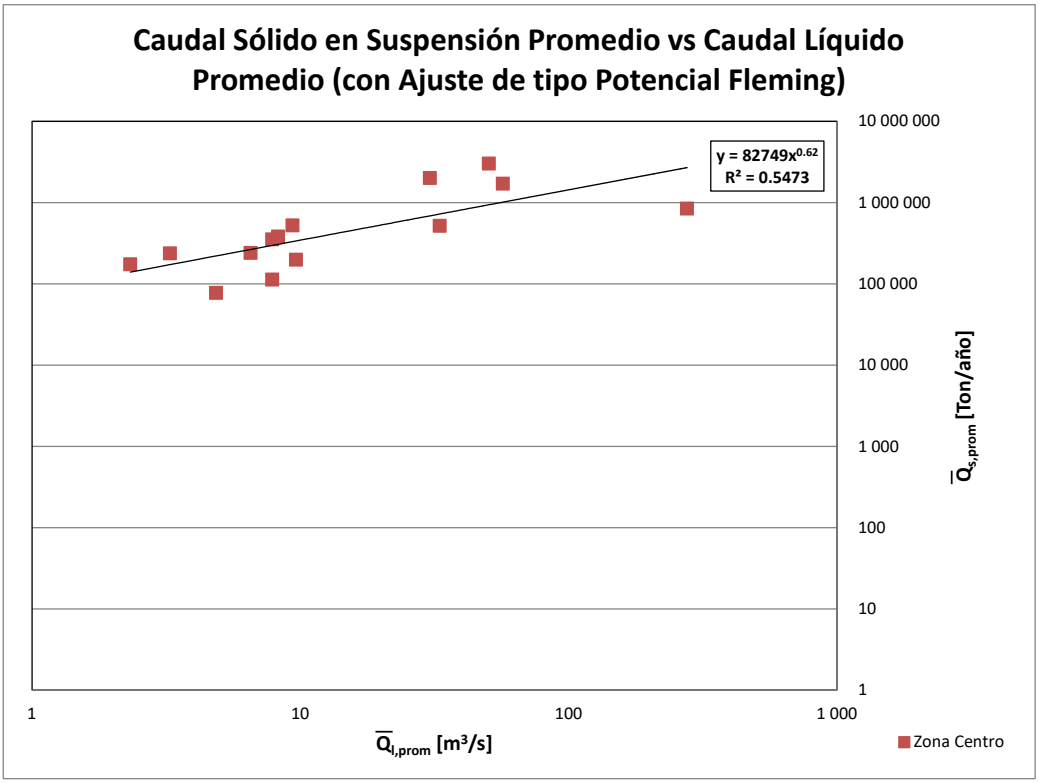


Figura 6.4 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes logarítmicos)

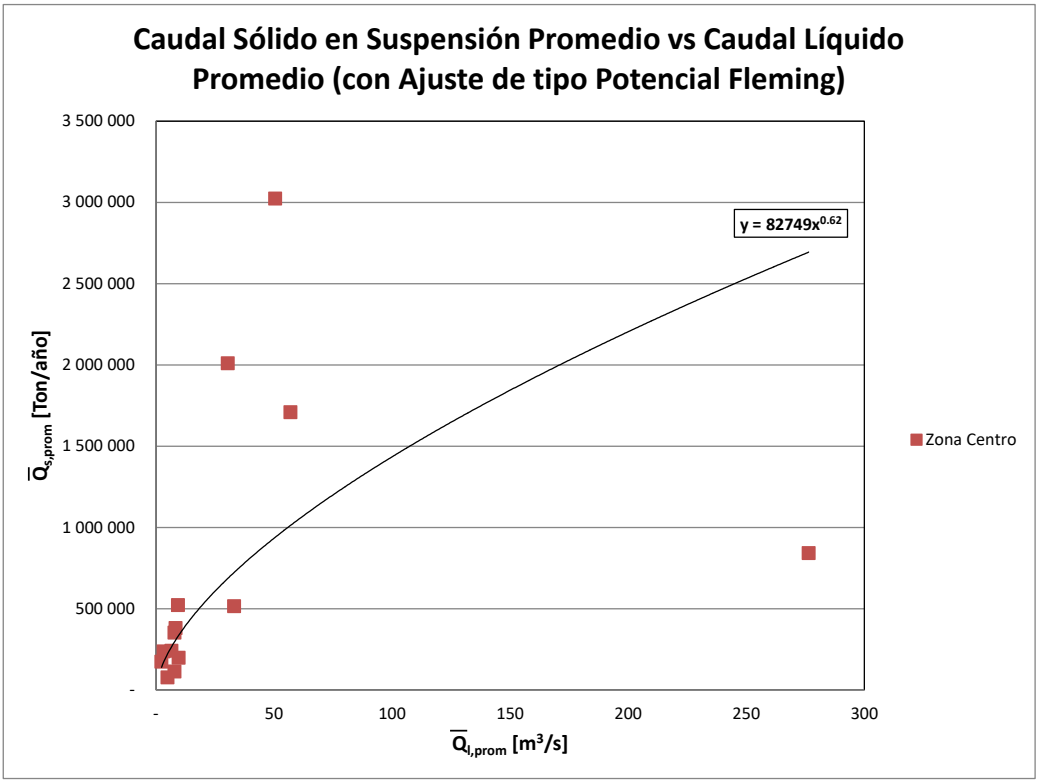


Figura 6.5 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes lineales)

Se calcula el error cuadrático y relativo para el ajuste de tipo potencial obtenido, lo cual se muestra en la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial Fleming (Zona Centro)

	Ajuste de tipo Potencial $Q_{s,prom} = 82749\ Q_{l,prom}^{0.62}$	
Zona	**E. Cuadrático [Ton/año]**	**E. Relativo %**
Centro	265 824	35.81%

El error obtenido es de 35.8%. En la Figura 6.6 se muestra la correlación entre el Caudal Sólido en Suspensión Promedio obtenido de los datos analizados de las estaciones de la Zona Centro y el obtenido mediante el ajuste de tipo potencial planteado; corroborándose el bajo error obtenido visualmente.

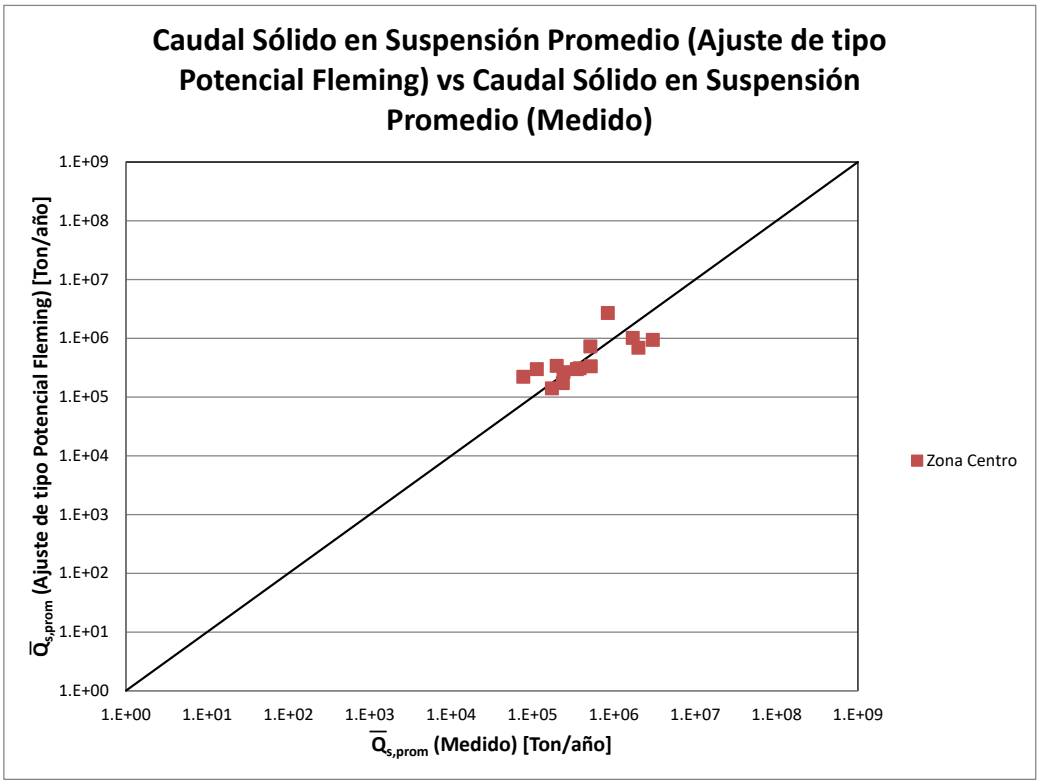


Figura 6.6 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial Fleming) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro)

De la Zona Sur se tienen datos de veinticuatro (24) estaciones. En la Figura 6.7 se muestra el ajuste de tipo potencial Fleming para esta zona, con los ejes de la gráfica en escala logarítmica. En la Figura 6.8 se muestra lo mismo pero con los ejes en escala lineal.

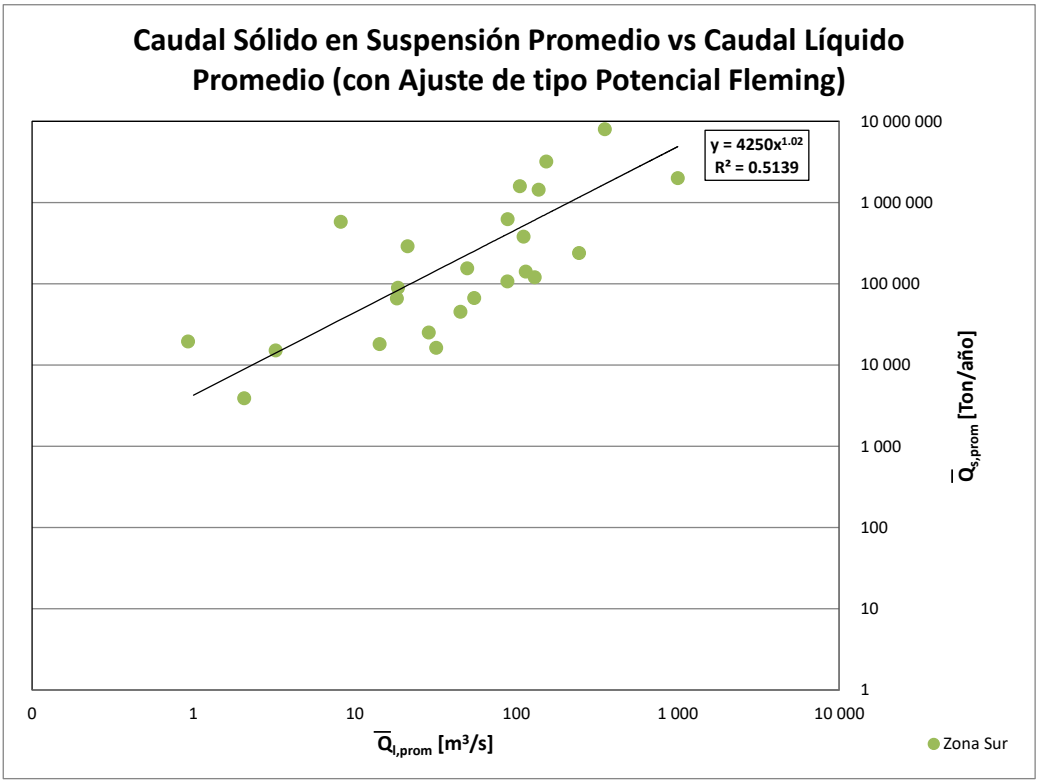


Figura 6.7 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes logarítmicos)

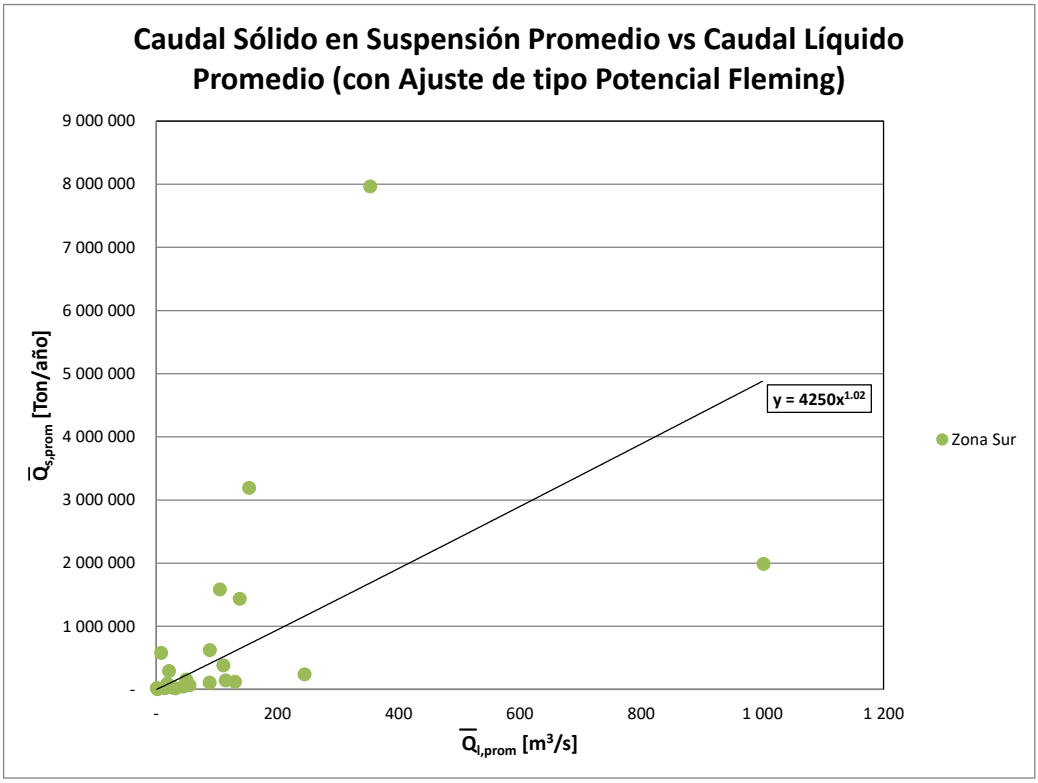


Figura 6.8 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Caudal Líquido Promedio (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial Fleming (ejes lineales)

Se calcula el error cuadrático y relativo para el ajuste de tipo potencial obtenido, lo cual se muestra en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial Fleming (Zona Sur)

	Ajuste de tipo Potencial $Q_{s,prom} = 4250\ Q_{l,prom}^{1.02}$	
Zona	**E. Cuadrático [Ton/año]**	**E. Relativo %**
Sur	344 813	43.20%

El error obtenido es de un 43.2%. En la Figura 6.9 se muestra la correlación entre el Caudal Sólido en Suspensión Promedio obtenido de los datos analizados de las estaciones de la Zona Sur y el obtenido mediante el ajuste de tipo potencial planteado; corroborándose el bajo error obtenido visualmente.

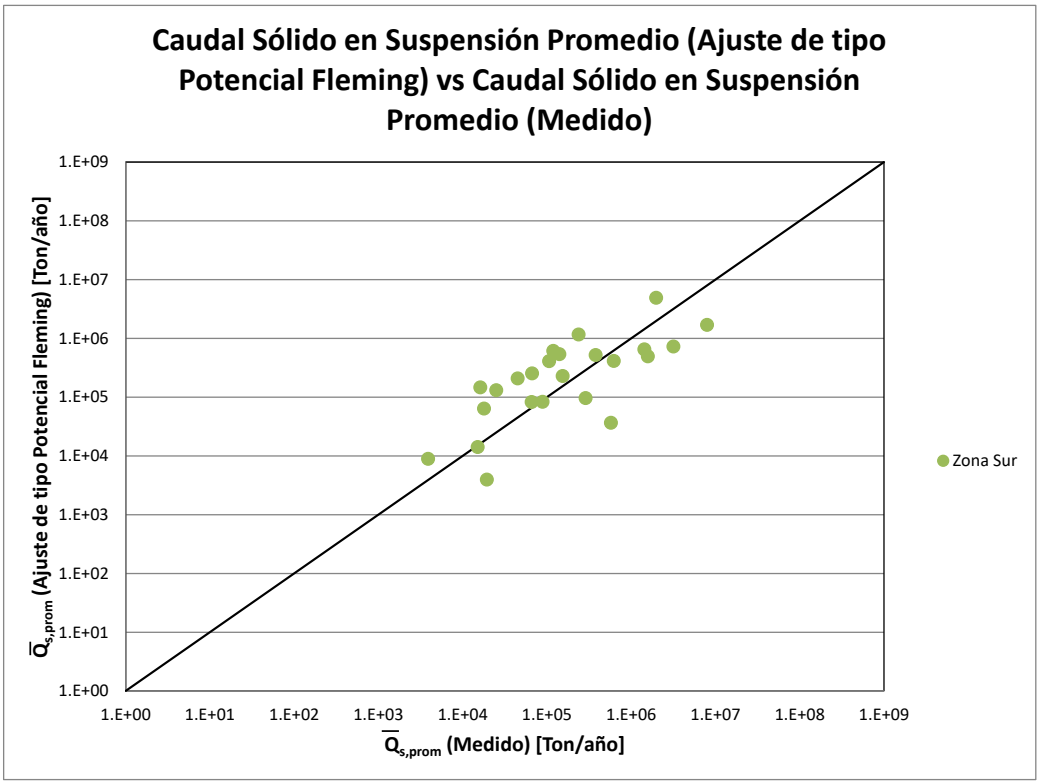


Figura 6.9 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial Fleming) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur)

Resumiendo los resultados obtenidos, las ecuaciones obtenidas para un Ajuste de tipo Potencial Fleming son:

- Para todo el país (Zona Norte, Centro y Sur)

$$Q_{s,prom} = 21\,083 \cdot {Q_{l,prom}}^{0.69} \quad \text{Ec. (6.1)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $Q_{l,prom}$ en [m^3/s].

- Para Zona Centro: Desde la Región de Coquimbo (IV) hasta la Región del Maule (VII)

$$Q_{s,prom} = 82\,749 \cdot {Q_{l,prom}}^{0.62} \quad \text{Ec. (6.2)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $Q_{l,prom}$ en [m^3/s].

- Para Zona Sur: Desde la Región del Biobío (VIII) hasta la Región de Magallanes y la Antártica (XII)

$$Q_{s,prom} = 4\,250 \cdot {Q_{l,prom}}^{1.02} \quad \text{Ec. (6.3)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $Q_{l,prom}$ en [m^3/s].

6.2. Ajuste de Modelo tipo Manual de Presas Pequeñas

Se ajustan los datos obtenidos de las estaciones a una curva de tipo potencial, como es en el modelo del Manual de Presas Pequeñas, dejando el caudal sólido en suspensión promedio en función del área de drenaje de la cuenca.

En la Figura 6.10 se muestra el ajuste de tipo potencial a los datos obtenidos de las estaciones, incluyendo la Zona Norte, Centro y Sur del país. Los ejes de la gráfica se muestran en escala logarítmica.

La Figura 6.11 muestra los mismos datos de la Figura 6.10, pero esta vez los ejes del gráfico se muestran en escala lineal.

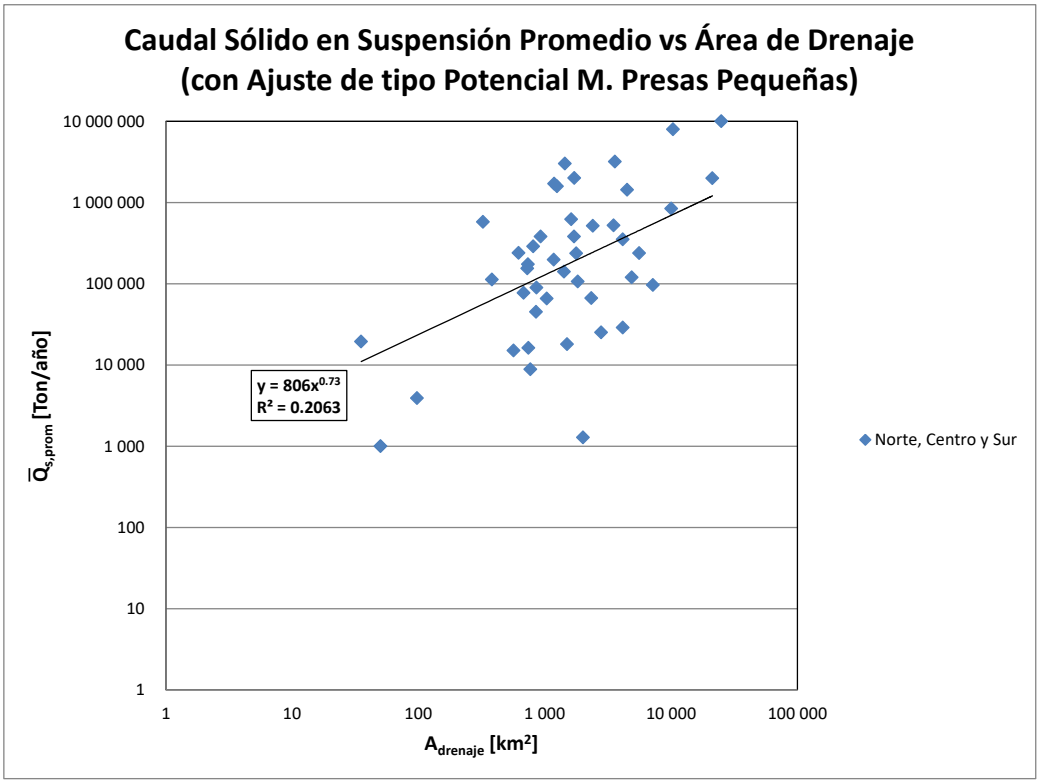


Figura 6.10 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes logarítmicos)

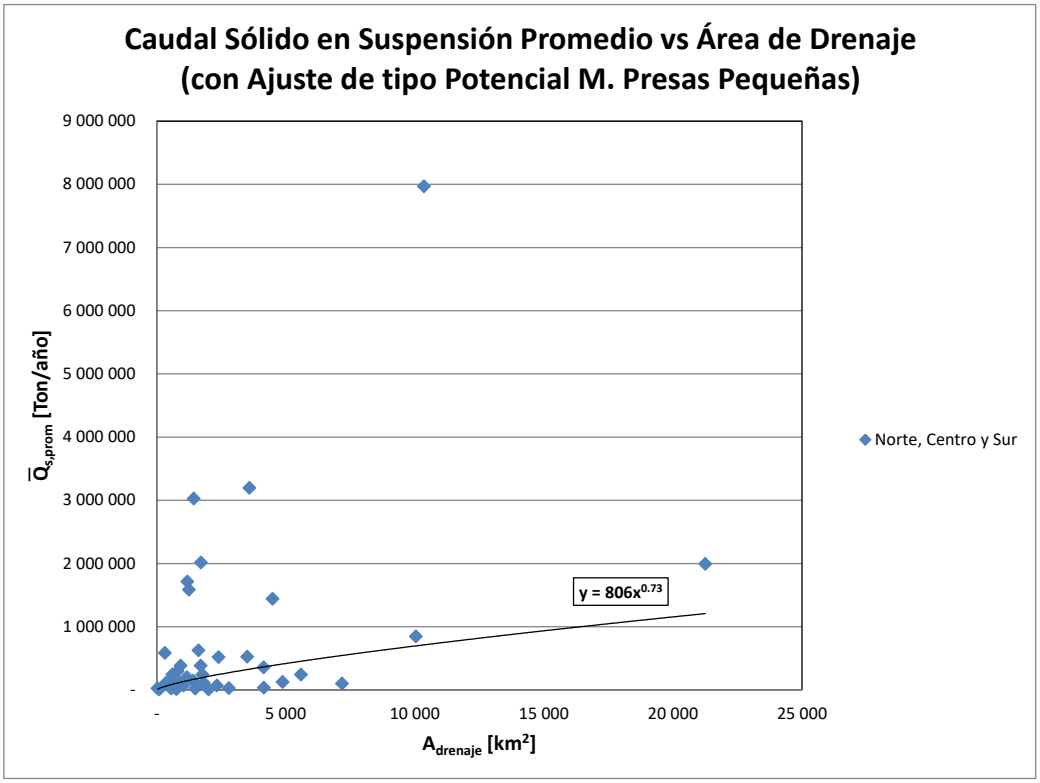


Figura 6.11 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Norte, Centro y Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes lineales)

Se calcula el error cuadrático y relativo para el ajuste de tipo potencial obtenido, lo cual se muestra en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (Zona Norte, Centro y Sur)

	Ajuste de tipo Potencial $Q_{s,prom} = 806\ A_{drenaje}^{0.73}$	
Zona	**E. Cuadrático [Ton/año]**	**E. Relativo %**
Norte, Centro y Sur	217 961	30.84%

El error obtenido es de un 30.8%. En la Figura 6.12 se muestra la correlación entre el Caudal Sólido en Suspensión Promedio obtenido de los datos analizados de las estaciones y el obtenido mediante el ajuste de tipo potencial; corroborándose el bajo error obtenido visualmente.

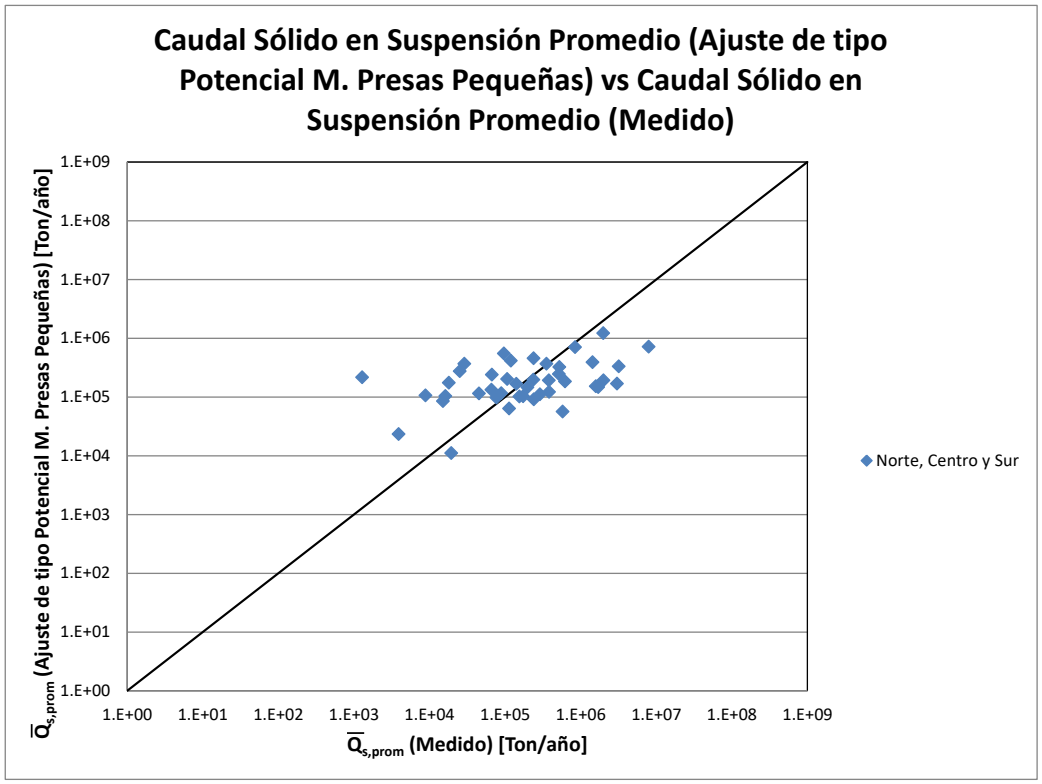


Figura 6.12 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Norte, Centro y Sur)

Si bien mediante este ajuste se obtiene un error pequeño, se observa en la gráfica de la Figura 6.12 que la relación entre los datos se desvía un poco de la línea de 45°, es decir, de la igualdad entre lo medido y lo ajustado.

A continuación, se analizan los datos dividiendo el país en las zonas mencionadas con anterioridad, buscando mejorar el ajuste al dividirlo de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca.

De la Zona Norte sólo se poseen cuatro (4) datos de estaciones, cantidad que se considera insuficiente para ajustar un modelo que represente la zona a estudio.

De la Zona Centro se tienen datos de catorce (14) estaciones. En la Figura 6.13 se muestra el ajuste de tipo potencial Manual de Presas Pequeñas para esta zona, con los ejes de la gráfica en escala logarítmica.

En la Figura 6.14 se muestra lo mismo pero con los ejes en escala lineal.

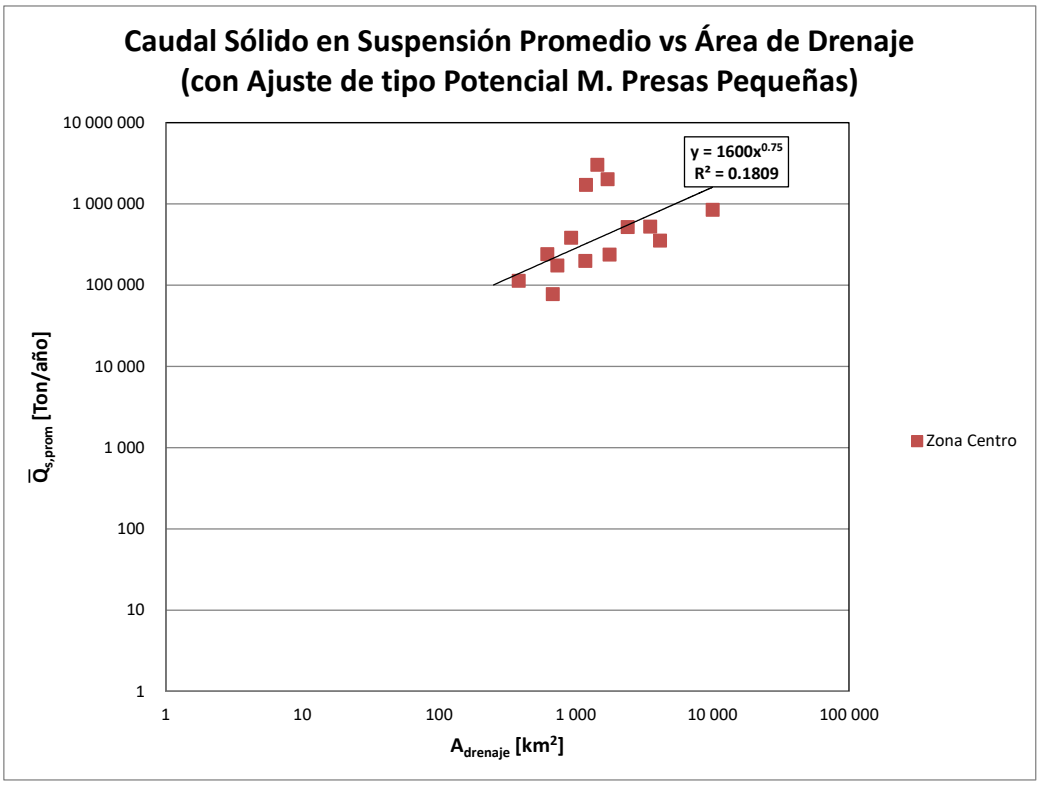


Figura 6.13 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes logarítmicos)

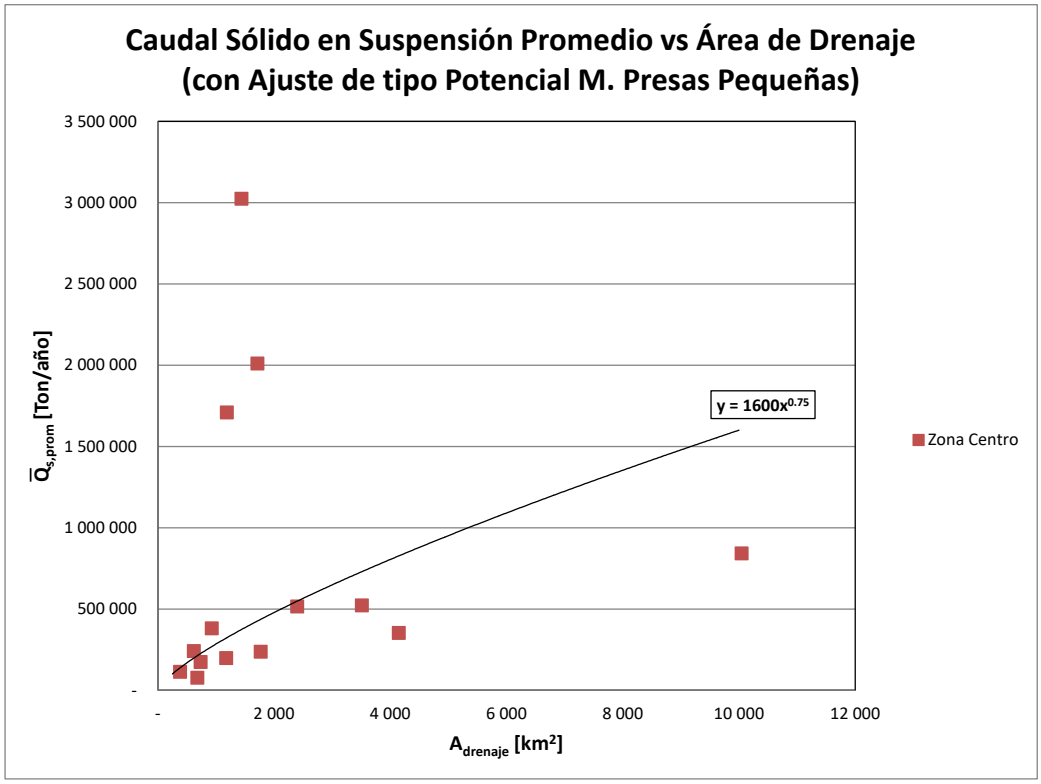


Figura 6.14 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Centro), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes lineales)

Se calcula el error cuadrático y relativo para el ajuste de tipo potencial obtenido, lo cual se muestra en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (Zona Centro)

	Ajuste de tipo Potencial $Q_{s,prom} = 1600\ A_{drenaje}^{0.75}$	
Zona	**E. Cuadrático [Ton/año]**	**E. Relativo %**
Centro	270 716	36.47%

El error obtenido es de un 36.5%. En la Figura 6.15 se muestra la correlación entre el Caudal Sólido en Suspensión Promedio obtenido de los datos analizados de las estaciones de la Zona Centro y el obtenido mediante el ajuste de tipo potencial planteado; corroborándose el bajo error obtenido visualmente.

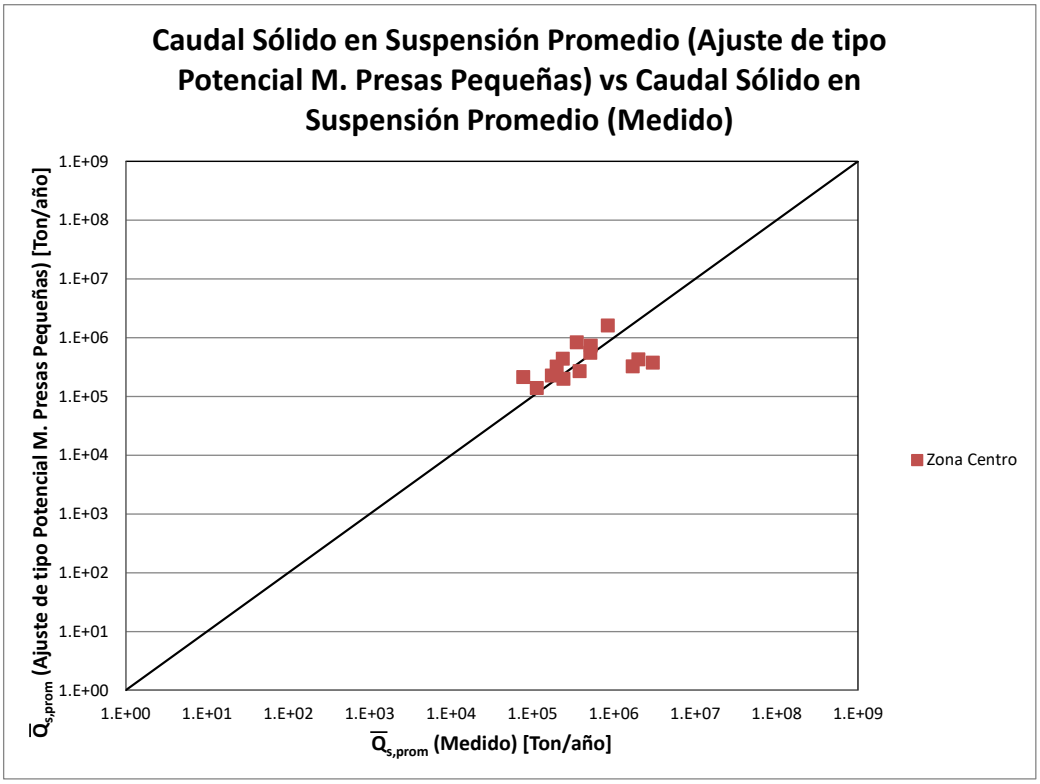


Figura 6.15 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Centro)

De la Zona Sur se tienen datos de veinticuatro (24) estaciones. En la Figura 6.16 se muestra el ajuste de tipo potencial Manual de Presas Pequeñas para esta zona, con los ejes de la gráfica en escala logarítmica.

En la Figura 6.17 se muestra lo mismo pero con los ejes en escala lineal.

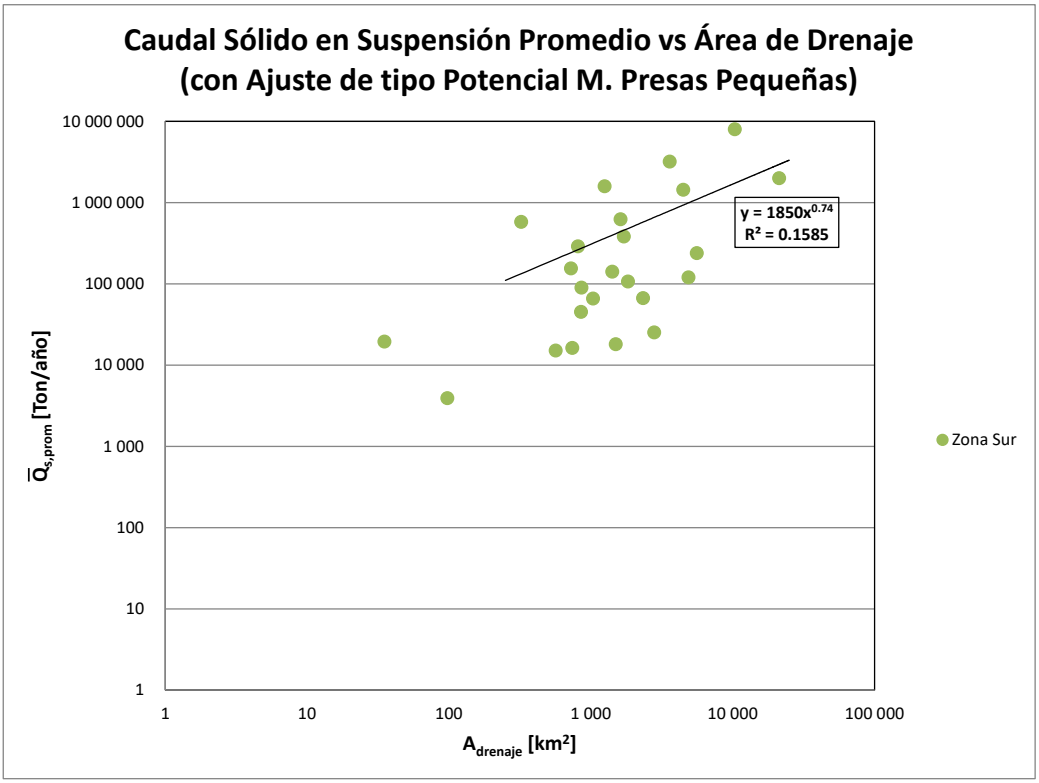


Figura 6.16 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes logarítmicos)

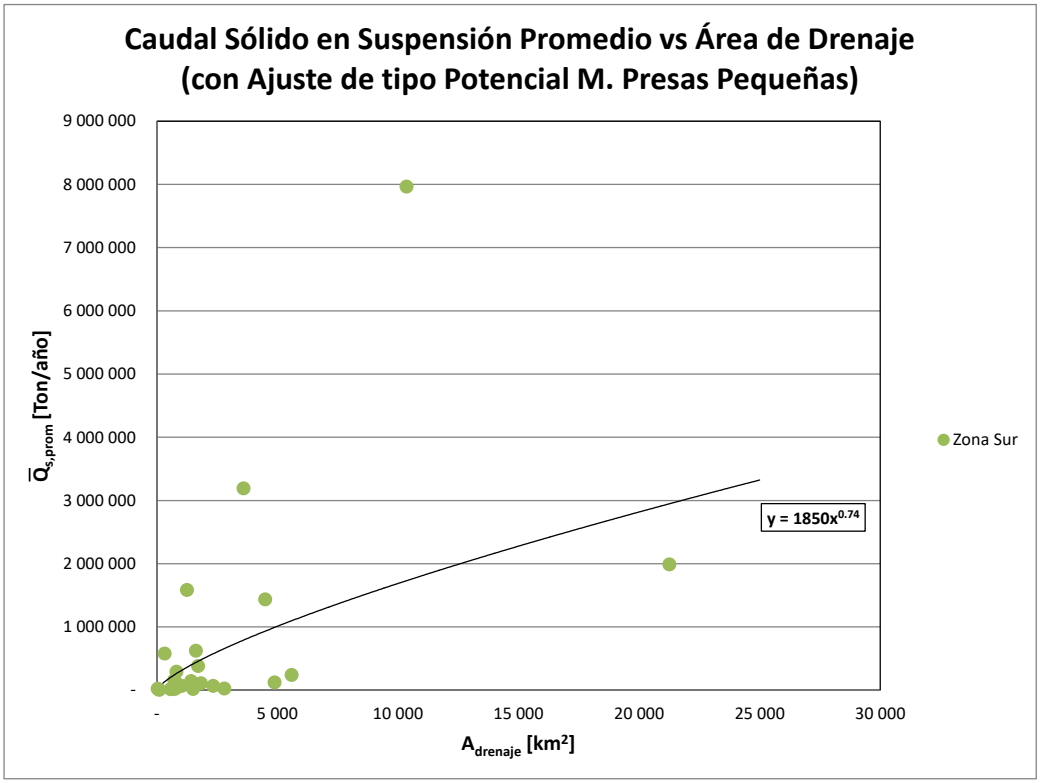


Figura 6.17 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio vs Área de Drenaje (Medido – Zona Sur), y Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (ejes lineales)

Se calcula el error cuadrático y relativo para el ajuste de tipo potencial obtenido, lo cual se muestra en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6 – Error cuadrático y relativo de ajuste, Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas (Zona Sur)

	Ajuste de tipo Potencial $Q_{s,prom} = 1850\ A_{drenaje}^{0.74}$	
Zona	**E. Cuadrático [Ton/año]**	**E. Relativo %**
Sur	308 250	38.62%

El error obtenido es de un 38.6%. En la Figura 6.18 se muestra la correlación entre el Caudal Sólido en Suspensión Promedio obtenido de los datos analizados de las estaciones de la Zona Sur y el obtenido mediante el ajuste de tipo potencial planteado; corroborándose el error obtenido visualmente.

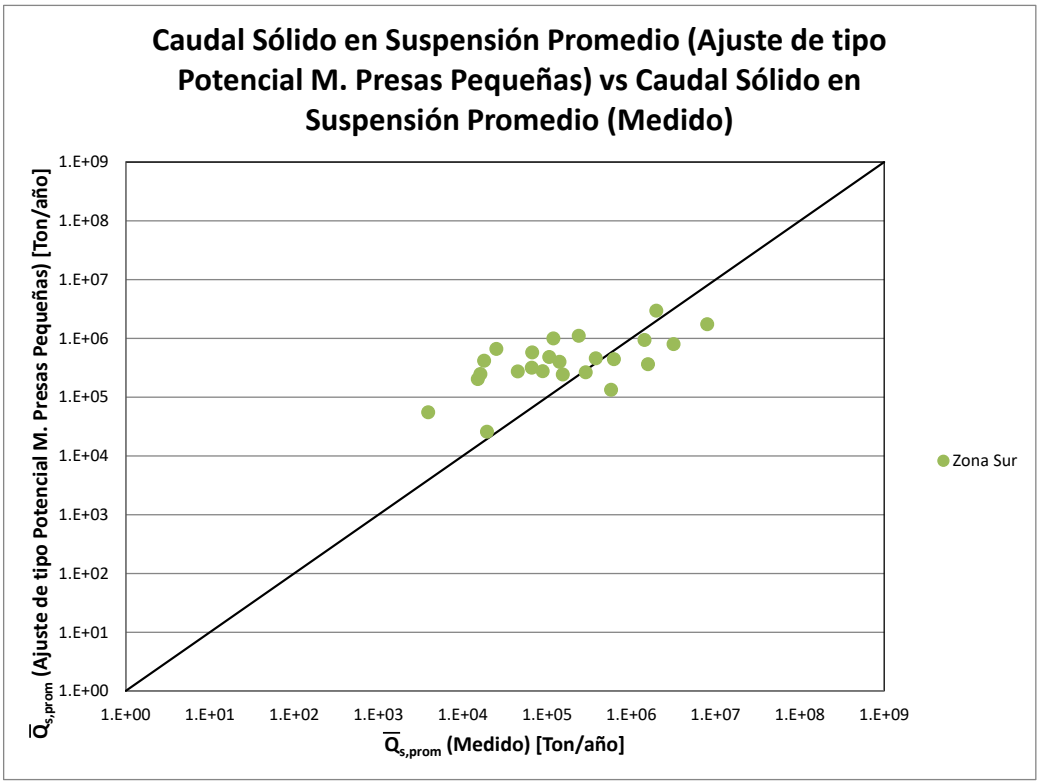


Figura 6.18 – Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Ajuste de tipo Potencial M. Presas Pequeñas) vs Caudal Sólido en Suspensión Promedio (Medido – Zona Sur)

Resumiendo los resultados obtenidos, las ecuaciones obtenidas para un Ajuste de tipo Potencial Manual Presas Pequeñas son:

- Para todo el país (Zona Norte, Centro y Sur)

$$Q_{s,prom} = 806 \cdot A_{drenaje}{}^{0.73} \quad \text{Ec. (6.4)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $A_{drenaje}$ en [Km^2].

- Para Zona Centro: Desde la Región de Coquimbo (IV) hasta la Región del Maule (VII)

$$Q_{s,prom} = 1600 \cdot A_{drenaje}{}^{0.75} \quad \text{Ec. (6.5)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $A_{drenaje}$ en [Km^2].

- Para Zona Sur: Desde la Región del Biobío (VIII) hasta la Región de Magallanes y la Antártica (XII)

$$Q_{s,prom} = 1850 \cdot A_{drenaje}{}^{0.74} \quad \text{Ec. (6.6)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $A_{drenaje}$ en [Km^2].

6.3. Resumen de resultados de la proposición de modelos

A continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos en los subcapítulos 6.1 y 6.2 sobre la proposición de modelos de ajuste tipo Fleming y Manual de Presas Pequeñas respectivamente.

6.3.1. Resumen de Ajuste de Modelo tipo Fleming

En la Tabla 6.7 se presenta la comparación de los errores obtenidos para el Modelo de Curvas de Fleming y el Ajuste de Modelo tipo Curvas de Fleming.

Tabla 6.7 – Comparación de los errores obtenidos para el Modelo de Curvas de Fleming y el Ajuste de Modelo tipo Fleming

	E. Relativo %		
Zona	**Modelo de Curvas de Fleming**		**Ajuste de Modelo tipo Fleming**
Norte, Centro y Sur	**-**	-	29.20%
Centro	**Curva 3 Fleming**	79.30%	35.81%
	Curva 2 Fleming	67.66%	
Sur	**Curva 1 Fleming**	43.30%	43.20%

De la tabla anterior:

- Para todo el país (Zona Norte, Centro y Sur): No se analizó con las Curvas de Fleming en este caso puesto que el país tiene diferente vegetación en Zona Norte, Centro y Sur, por lo que ajustar una sola curva de Fleming a todo el país no era posible. Sin embargo, de todos modos se intentó un Ajuste de Modelo tipo Fleming (relacionando Caudal Sólido en Suspensión promedio y Caudal Líquido Promedio) con el cual se obtuvo aproximadamente un 29% de error, por lo que se acepta esta expresión como ajuste para todo el país.
- Para Zona Centro - Desde la Región de Coquimbo (IV) hasta la Región del Maule (VII): Se analizó en este caso las Curvas de Fleming 2 y 3, arrojando errores del 68% y 79% respectivamente. Sin embargo, con el Ajuste de Modelo tipo Fleming, se obtuvo un error de sólo 36%, por lo que se acepta esta expresión como ajuste para la Zona Centro.
- Para Zona Sur - Desde la Región del Biobío (VIII) hasta la Región de Magallanes y la Antártica (XII): Se analizó en este caso la Curva de Fleming 1, arrojando un error de aproximadamente 43%. Sin embargo, con el Ajuste de Modelo tipo Fleming, también se obtuvo un error de aproximadamente 43%. Debido a que el error prácticamente no varía, se considera mantener la expresión dada por la Curva de Fleming 1.

Finalmente, respetando lo mencionado en los párrafos anteriores, las expresiones de ajuste para cada zona del país son:

- Para todo el país (Zona Norte, Centro y Sur):

$$Q_{s,prom} = 21\,083 \cdot {Q_{l,prom}}^{0.69} \qquad \text{Ec. (6.7)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $Q_{l,prom}$ en [m^3/s].

- Para Zona Centro - Desde la Región de Coquimbo (IV) hasta la Región del Maule (VII):

$$Q_{s,prom} = 82\,749 \cdot {Q_{l,prom}}^{0.62} \qquad \text{Ec. (6.8)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $Q_{l,prom}$ en [m^3/s].

- Para Zona Sur - Desde la Región del Biobío (VIII) hasta la Región de Magallanes y la Antártica (XII) (Expresión original de la Curva de Fleming 1):

$$Q_{s,prom} = 4\,437 \cdot {Q_{l,prom}}^{1.02} \qquad \text{Ec. (6.9)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $Q_{l,prom}$ en [m^3/s].

6.3.2. Resumen de Ajuste de Modelo tipo Manual de Presas Pequeñas

En la Tabla 6.8 se presenta la comparación de los errores obtenidos para el Modelo del Manual de Presas Pequeñas y el Ajuste de Modelo tipo Manual de Presas Pequeñas.

Tabla 6.8 – Comparación de los errores obtenidos para el Modelo de M. Presas Pequeñas y el Ajuste de Modelo tipo M. Presas Pequeñas

	E. Relativo %	
Zona	**Modelo de M. Presas Pequeñas**	**Ajuste de Modelo tipo M. Presas Pequeñas**
Norte, Centro y Sur	28.06%	30.84%
Centro	36.58%	36.47%
Sur	39.10%	38.62%

De la tabla anterior, se observa que tanto para el análisis de todo el país (Zona Norte, Centro y Sur), como para la Zona Centro y Zona Sur por separado, los errores entre el Modelo del M. Presas Pequeñas y el Ajuste de Modelo tipo M. Presas Pequeñas son aproximadamente los mismos. Dado que el Modelo del M. Presas Pequeñas considera una sola ecuación que relaciona el Área de Drenaje con el Caudal Sólido en Suspensión Promedio, se considera mantener esta expresión para todas las zonas del país.

Finalmente, respetando lo mencionado en los párrafos anteriores, la expresión de ajuste para todas las zonas del país es:

- Para todas las zonas del país (Expresión original de la curva del Manual de Presas Pequeñas)

$$Q_{s,prom} = 1427.4 \cdot {A_{drenaje}}^{0.76} \qquad \text{Ec. (6.10)}$$

Donde $Q_{s,prom}$ está en [Ton/año] y $A_{drenaje}$ en [Km^2].

CONCLUSIONES

El trabajo realizado en la presente memoria, permite una buena aproximación y mejor comprensión sobre la cantidad de sedimentos en suspensión medio anual que transporta un cauce en el país de Chile.

En base a los datos medidos analizados, se obtuvo en general buenos resultados al realizar la correlación entre muestreo integrado y rutinario; siendo ésta de importancia pues los datos de muestreo integrado, que proporcionan una información más completa de los sedimentos en suspensión en el cauce al considerar toda el área transversal de éste, se obtienen en períodos de tiempo más espaciados (meses); al contrario de los datos de muestreo rutinario que sólo entregan información sobre un punto del cauce y se obtienen diariamente. Por lo tanto, esta correlación permite obtener datos más representativos de la cantidad de sedimento en suspensión que transporta el cauce.

Se obtuvo también una buena correlación entre el caudal líquido y sólido diario que transporta el cauce, donde este último ha sido obtenido con los datos de muestreo integrado obtenidos de la correlación con el muestreo rutinario. Como se observa en los gráficos, la correlación entre el caudal líquido y sólido en la mayor parte de los casos es evidente.

Además, se ha obtenido para cada una de las estaciones analizadas, la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, a la que además se le ha incorporado el valor del caudal para un período de retorno de 50 y 100 años según corresponda (si es que faltara), que se obtuvo realizando el análisis de caudales máximos diarios anuales. La Curva de Duración de Caudales Medios Diarios permite estudiar las características fluviométricas del río, siendo esto de gran importancia para la realización de proyectos hidráulicos que involucren el cauce.

Finalmente, se obtuvo de los datos analizados una relación entre el caudal líquido promedio y el caudal sólido en suspensión promedio. Ésta se compara con los modelos propuestos en esta memoria: Modelo de Curvas de Fleming y Modelo del Manual de Presas Pequeñas. Debido a las características climáticas del país, el análisis se realizó considerando todo el país y también dividiéndolo por zonas de acuerdo a la cobertura vegetal de la cuenca.

Al comparar los datos analizados con el Modelo de Curvas de Fleming, el cual relaciona el caudal líquido promedio y la cobertura vegetal de la cuenca con el caudal sólido en suspensión promedio, los errores del modelo respecto a la realidad del país, varían entre un 43.3 y 79.3% en la Zona Centro y Sur, y son mayores al 100% en la Zona Norte. Comparando con el Modelo del Manual de Presas Pequeñas, el cual relaciona el área de drenaje de la cuenca con el caudal sólido en

suspensión promedio, los errores son un 28.1% (considerando todo el país), mayor al 100% en la Zona Norte (debido a que los datos son sólo cuatro (4) y no son representativos); y 36.6% y 39.1% en la Zona Centro y Sur respectivamente.

De acuerdo a este análisis, se concluye que a pesar de que los errores son elevados al comparar los datos obtenidos de las estaciones con los modelos, en gráficos se observa que la relación propuesta por cada uno de ellos es aceptable, por lo que se decide ajustar modelos de tipo potencial parecidos a los modelos de Fleming y Manual de Presas Pequeñas, buscando disminuir el error obtenido con los modelos.

Ajustando modelos de tipo potencial Fleming, relacionando caudal líquido promedio y cobertura vegetal de la cuenca con caudal sólido en suspensión promedio, el error obtenido incluyendo todo el país es del 29.2%, y dividiendo por zonas es 35.8% para Zona Centro y 43.2% para Zona Sur. Ajustando modelos de tipo potencial Manual de Presas Pequeñas, relacionando área de drenaje de la cuenca con caudal sólido en suspensión promedio, el error obtenido incluyendo todo el país es del 30.8%, y dividiendo por zonas es 36.5% para Zona Centro y 38.6% para Zona Sur. No se analiza para Zona Norte debido a la insuficiencia de datos de estaciones sedimentométricas/fluviométricas en dicha zona.

De acuerdo a los errores obtenidos para los ajustes propuestos, se concluye que en el caso de las Curvas de Fleming, los ajustes propuestos obtienen una mejor aproximación para todo el país (Zona Norte, Centro y Sur) y Zona Centro. Sin embargo, en el caso de la Zona Sur, los errores entre el ajuste propuesto y Fleming prácticamente no varían, por lo que se mantiene la ecuación de la Curva de Fleming 1 para esta zona. En el caso del Manual de Presas Pequeñas, los errores tanto para todo el país como para el análisis de la Zona Centro y Sur por separado dan aproximadamente los mismos que con los ajustes propuestos, y se decide mantener la ecuación del Modelo del Manual de Presas Pequeñas por ser representativa de todo el país.

Sintetizando los resultados de la presente memoria, se concluye que los Métodos de Curvas de Fleming y del Manual de Presas Pequeñas se ajustan parcialmente en las cuencas con información sedimentométrica/fluviométrica que se analizaron a lo largo de Chile. Esto puede ser debido a múltiples factores como el tipo de suelo, de terreno, cobertura vegetal, uso del suelo, etc., por lo que los altos errores obtenidos al comparar con ambos modelos no son inusuales. Buscando disminuir el error de ajuste de estos modelos, se realizaron ajustes de tipo Fleming y Manual de Presas Pequeñas a los datos obtenidos de las estaciones, lográndose así obtener en algunas zonas un ajuste un poco más representativo de éstas.

REFERENCIAS

[1] FLEMING, G. Design curves for suspended load estimation. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 43(1):1-9, Mayo 1969.

[2] STRAND R.I. y PEMBERTON E.L. Reservoir sedimentation. En: UNITED States Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Design of Small Dams, Water Resources Technical Publication Series. 3ª ed. Estados Unidos, U. S. Government Printing Office, 1987, pp.529-564.

[3] VIVENCIO, Mariela Paz. Estimación de curvas de sólido en suspensión y comparación con expresiones empíricas de Fleming; Dendy y Bolton. Memoria (Ingeniero Civil). Valparaíso. Universidad de Valparaíso, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil. 2012. 145 h.

[4] LÓPEZ, Alejandro. Características físicas y geomorfológicas de una cuenca. En su: Explotación de áridos en cauces naturales (apuntes de curso). Chile. 1996/1997. Vol. I, pp.3-(1-29).

[5] GARCÍA, Manuel y MAZA, José Antonio. Origen y Propiedades de los Sedimentos. En: INSTITUTO de Ingeniería Universidad Nacional Autonóma de México. Manual de Ingeniería de Ríos (7mo. capítulo). México, Universidad Nacional Autonóma de México, 1998, pp.1-111.

[6] LINSLEY Jr., Ray K., KOHLER, Max A., PAULHUS, Joseph L.H. Hidrología para ingenieros. 2ª ed. Colombia. McGraw-Hill Latinoamericana S.A., 1977. 386 p.

[7] HUDSON, N.W. Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía (Boletín de suelos de la FAO - 68). Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1997. 147 p.

[8] U.S. Interagency Commitee on Water Resources. A Study of Methods Used in Measurement and Analysis of Sediment Loads in Streams, Report No. 14. Minneapolis, Minnesota, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, 1963. 151 p.

[9] COLBY, B.R. Relationship of Unmeasured Discharge to Mean Velocity. Eos, Transactions American Geophysical Union, 38(5):708-717, Octubre 1957.

[10] SEARCY, James K. Flow-Duration Curves, Manual of Hydrology: Part 2. Low-Flow Techniques. U,S, Government Printing Office, 1959, 33 p.

[11] DENDY F.E. y CHAMPION W.A. Sediment Deposition in U.S. Reservoirs, Summary of Data Reported Through 1975. U.S. Department of Agriculture Miscellaneous Publication No. 1362. Estados Unidos. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Febrero 1978.

[12] DIRECCIÓN General de Aguas: Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Estadística Hidrológica en línea: Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en línea [en línea] <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes> [consulta: año 2014-2015]

[13] DIRECCIÓN General de Aguas: Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile. Mapa de red Hidrométrica DGA [en línea]

<http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=d508beb3a88f43d28c17a8ec9fac5ef0> [consulta: año 2014-2015]

[14] GOOGLE Earth © Google Inc. 2015 [en línea] <https://earth.google.com/> [consulta: año 2014-2015]

[15] GLOBAL Mapper v13.2.2 © 2002-2012 Blue Marble Geographics [programa de computadora] [consulta: año 2014-2015]

[16] WMS v8.1 © 2007 Brigham Young University [programa de computadora] [consulta: año 2014-2015]

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS ANUALES..... 256

ANEXO B. CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES..... 401

Anexo A. ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS ANUALES

En este anexo se detalla el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, con el fin de obtener el caudal asociado al período de retorno de 50 y/o 100 años, según corresponda de acuerdo a la cantidad de datos recopilados, y luego incorporarlos a las Curvas de Duración de Caudales. Esto se ha realizado por dos (2) motivos:

- Uniformizar el largo de las series de caudales medios diarios.
- Incluir los caudales que presentan las mayores tasas de arrastre.

La metodología a seguir se detalla en el subcapítulo 3.4. Se incluye para cada estación (según corresponda):

- Tabla de Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales.
- Tabla de Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales.
- Tabla de Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov.
- Gráfico de Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales.
- Tabla de Caudal obtenido para T50 y/o T100.

Por la extensión del presente anexo, éste se incluye sólo en el CD de respaldo (en formato digital).

ÍNDICE DE CONTENIDOS – ANEXO A

A.1. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena 263
A.2. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 266
A.3. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Huasco en Algodones 269
A.4. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero..... 272
A.5. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí..... 275
A.6. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén..... 278
A.7. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan..... 281
A.8. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue..... 284
A.9. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Turbio en Varillar 288
A.10. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 289
A.11. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco 293
A.12. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 296
A.13. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo..... 300
A.14. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano..... 303
A.15. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros 306
A.16. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú..... 309
A.17. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 312
A.18. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas..... 315
A.19. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal 318
A.20. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro 321
A.21. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura 324
A.22. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 327
A.23. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal 330
A.24. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 333
A.25. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán 336
A.26. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu 340
A.27. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales 343
A.28. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián..... 346
A.29. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles 349
A.30. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca..... 352
A.31. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol..... 356
A.32. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea 359
A.33. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco 362
A.34. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe 365
A.35. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco..... 368
A.36. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral 371
A.37. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco 374
A.38. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue 377

A.39. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego 380
A.40. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos..... 383
A.41. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 386
A.42. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico 389
A.43. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura 392
A.44. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura 395
A.45. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 398

ÍNDICE DE TABLAS – ANEXO A

Tabla A.1 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena 263
Tabla A.2 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena..... 263
Tabla A.3 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Loa antes Represa Lequena..... 264
Tabla A.4 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loa antes Represa Lequena 265
Tabla A.5 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales,..... 266
Tabla A.6 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina..... 266
Tabla A.7 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Salado en Sifón Ayquina..... 267
Tabla A.8 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 268
Tabla A.9 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales,..... 269
Tabla A.10 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Huasco en Algodones..... 269
Tabla A.11 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Huasco en Algodones 270
Tabla A.12 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Huasco en Algodones 271
Tabla A.13 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales,..... 272
Tabla A.14 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero 272
Tabla A.15 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Jorquera en Vertedero 273
Tabla A.16 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales,..... 275
Tabla A.17 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí..... 275
Tabla A.18 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 276
Tabla A.19 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 277
Tabla A.20 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén 278
Tabla A.21 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén 278
Tabla A.22 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Choapa en Cuncumén 279
Tabla A.23 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Choapa en Cuncumén..... 280
Tabla A.24 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan..... 281
Tabla A.25 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 281
Tabla A.26 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 283
Tabla A.27 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Grande en Puntilla San Juan..... 283
Tabla A.28 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue..... 284
Tabla A.29 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 284
Tabla A.30 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 286
Tabla A.31 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Turbio en Varillar 288
Tabla A.32 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 289
Tabla A.33 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito..... 289
Tabla A.34 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 291
Tabla A.35 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 292
Tabla A.36 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco..... 293
Tabla A.37 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco 293
Tabla A.38 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Blanco en Río Blanco..... 294

Tabla A.39 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Blanco en Río Blanco 295
Tabla A.40 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 296
Tabla A.41 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 296
Tabla A.42 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 298
Tabla A.43 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 299
Tabla A.44 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 300
Tabla A.45 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 300
Tabla A.46 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 302
Tabla A.47 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 302
Tabla A.48 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano 303
Tabla A.49 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano 303
Tabla A.50 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Maipo en El Manzano 305
Tabla A.51 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros 306
Tabla A.52 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros 306
Tabla A.53 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Mapocho en Los Almendros 308
Tabla A.54 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho en Los Almendros 308
Tabla A.55 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 309
Tabla A.56 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 309
Tabla A.57 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 310
Tabla A.58 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 311
Tabla A.59 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 312
Tabla A.60 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 312
Tabla A.61 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 314
Tabla A.62 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 314
Tabla A.63 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 315
Tabla A.64 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 315
Tabla A.65 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 316
Tabla A.66 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 317
Tabla A.67 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal 318
Tabla A.68 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal 318
Tabla A.69 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Purapel en Sauzal 319
Tabla A.70 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Purapel en Sauzal 320
Tabla A.71 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro 321
Tabla A.72 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro 321
Tabla A.73 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Teno después de Junta con Claro 323
Tabla A.74 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura 324
Tabla A.75 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura 324
Tabla A.76 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Biobío en Desembocadura 325
Tabla A.77 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Biobío en Desembocadura 326
Tabla A.78 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 327
Tabla A.79 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 327
Tabla A.80 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 328
Tabla A.81 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 329
Tabla A.82 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal 330
Tabla A.83 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal 330
Tabla A.84 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Diguillín en Longitudinal 331

Tabla A.85 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Diguillín en Longitudinal 332
Tabla A.86 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 333
Tabla A.87 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 333
Tabla A.88 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 334
Tabla A.89 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 335
Tabla A.90 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán 336
Tabla A.91 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán 336
Tabla A.92 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Itata en Cholguán 338
Tabla A.93 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Cholguán 339
Tabla A.94 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu 340
Tabla A.95 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu 340
Tabla A.96 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Itata en Coelemu 341
Tabla A.97 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Itata en Coelemu 342
Tabla A.98 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales 343
Tabla A.99 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales 343
Tabla A.100 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Laja en Puente Perales 344
Tabla A.101 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Laja en Puente Perales 345
Tabla A.102 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián 346
Tabla A.103 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián 346
Tabla A.104 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Ñuble en San Fabián 347
Tabla A.105 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Ñuble en San Fabián 348
Tabla A.106 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles 349
Tabla A.107 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles 349
Tabla A.108 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Allipén en Los Laureles 351
Tabla A.109 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Allipén en Los Laureles 351
Tabla A.110 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 352
Tabla A.111 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 352
Tabla A.112 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 354
Tabla A.113 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 355
Tabla A.114 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol 356
Tabla A.115 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol 356
Tabla A.116 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cholchol en Cholchol 357
Tabla A.117 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cholchol en Cholchol 358
Tabla A.118 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea 359
Tabla A.119 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea 359
Tabla A.120 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Dónguil en Gorbea 360
Tabla A.121 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Dónguil en Gorbea 361
Tabla A.122 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco 362
Tabla A.123 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco 362
Tabla A.124 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Lumaco en Lumaco 364
Tabla A.125 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Lumaco en Lumaco 364
Tabla A.126 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe 365
Tabla A.127 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe 365
Tabla A.128 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Quepe en Quepe 366
Tabla A.129 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Quepe en Quepe 367
Tabla A.130 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 368
Tabla A.131 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 368
Tabla A.132 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 369
Tabla A.133 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 370
Tabla A.134 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral 371
Tabla A.135 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral 371
Tabla A.136 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Vergara en Tijeral 372
Tabla A.137 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Vergara en Tijeral 373

Tabla A.138 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco....374
Tabla A.139 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco....374
Tabla A.140 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cruces en Rucaco....375
Tabla A.141 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cruces en Rucaco....376
Tabla A.142 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue....377
Tabla A.143 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue....377
Tabla A.144 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Rahue en Forrahue....378
Tabla A.145 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Rahue en Forrahue....379
Tabla A.146 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego....380
Tabla A.147 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego....380
Tabla A.148 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Grande en Tierra del Fuego....381
Tabla A.149 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos....383
Tabla A.150 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos....383
Tabla A.151 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Las Minas en BT. Sendos....384
Tabla A.152 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe....386
Tabla A.153 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe....386
Tabla A.154 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Oro en Bahía San Felipe....387
Tabla A.155 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Oro en Bahía San Felipe....388
Tabla A.156 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico....389
Tabla A.157 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico....389
Tabla A.158 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Penitente en Morro Chico....390
Tabla A.159 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Penitente en Morro Chico....391
Tabla A.160 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura....392
Tabla A.161 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura....392
Tabla A.162 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Pérez en Desembocadura....393
Tabla A.163 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Pérez en Desembocadura....394
Tabla A.164 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura....395
Tabla A.165 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura....395
Tabla A.166 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río San Juan en Desembocadura....396
Tabla A.167 – Caudal obtenido para T100, Estación Río San Juan en Desembocadura....397
Tabla A.168 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos....398
Tabla A.169 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos....398
Tabla A.170 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos....399
Tabla A.171 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos....400

ÍNDICE DE FIGURAS – ANEXO A

Figura A.1 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena....265
Figura A.2 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina....268
Figura A.3 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Huasco en Algodones....270
Figura A.4 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero....274
Figura A.5 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí....277
Figura A.6 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén....280
Figura A.7 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan....283
Figura A.8 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue....287
Figura A.9 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito....291
Figura A.10 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco....295
Figura A.11 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos....298
Figura A.12 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo....302
Figura A.13 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano....305
Figura A.14 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros....308

Figura A.15 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 311
Figura A.16 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 314
Figura A.17 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 317
Figura A.18 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal 320
Figura A.19 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro 323
Figura A.20 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura 326
Figura A.21 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 329
Figura A.22 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal 332
Figura A.23 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 335
Figura A.24 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán 339
Figura A.25 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu 341
Figura A.26 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales 345
Figura A.27 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián 348
Figura A.28 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles 351
Figura A.29 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 355
Figura A.30 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol 358
Figura A.31 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea 361
Figura A.32 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco 364
Figura A.33 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe 367
Figura A.34 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 370
Figura A.35 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral 373
Figura A.36 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco 376
Figura A.37 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue 378
Figura A.38 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego 382
Figura A.39 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos 384
Figura A.40 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 388
Figura A.41 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico 391
Figura A.42 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura 393
Figura A.43 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura 397
Figura A.44 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 400

A.1. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.1 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.1 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	2.73	Número de datos	N	47
Desv. Estándar (x)	s_x	3.30	1.28255 / s_x	a	0.3891
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.6827	x_m - 0.57721 / a	x_f	1.24
Promedio (ln(x))	y_m	0.52	S_x * Abs(G_x) / 2	b	4.42
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.94	4 / G_x^2	α	0.56
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.6442	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	0.27

En la Tabla A.2, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.3.

Tabla A.2 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	15.0	54.6	24.9	37.0	217.0
			0.01	**100.00**	10.4	14.9	13.1	15.6	22.9
			0.02	**50.00**	9.5	11.5	11.3	12.8	15.6
1	2000	17.300	0.0208	48.00	9.4	11.3	11.2	12.6	15.3
2	2011	12.200	0.0417	24.00	8.4	8.5	9.4	9.9	10.2
3	1999	8.630	0.0625	16.00	7.8	7.1	8.3	8.4	7.9
4	1983	7.390	0.0833	12.00	7.3	6.1	7.5	7.3	6.6
5	1998	6.870	0.1042	9.60	6.9	5.5	6.9	6.5	5.7
6	1976	6.650	0.1250	8.00	6.5	4.9	6.4	5.9	5.0
7	1986	5.400	0.1458	6.86	6.2	4.5	6.0	5.4	4.5
8	1992	4.110	0.1667	6.00	5.9	4.2	5.6	4.9	4.1
9	2005	4.050	0.1875	5.33	5.7	3.9	5.3	4.5	3.7
10	2004	3.960	0.2083	4.80	5.4	3.6	5.0	4.2	3.4
11	2003	3.880	0.2292	4.36	5.2	3.4	4.7	3.9	3.2
12	1997	3.640	0.2500	4.00	5.0	3.2	4.4	3.6	3.0
13	1974	3.190	0.2708	3.69	4.7	3.0	4.2	3.3	2.8
14	1994	2.930	0.2917	3.43	4.5	2.8	4.0	3.1	2.6
15	2010	2.610	0.3125	3.20	4.3	2.7	3.8	2.9	2.4
16	1984	2.290	0.3333	3.00	4.1	2.5	3.6	2.7	2.3
17	2012	2.160	0.3542	2.82	4.0	2.4	3.4	2.5	2.2
18	2006	2.110	0.3750	2.67	3.8	2.3	3.2	2.4	2.1
19	1996	2.060	0.3958	2.53	3.6	2.2	3.0	2.2	2.0
20	1980	1.860	0.4167	2.40	3.4	2.1	2.8	2.1	1.9
21	1982	1.860	0.4375	2.29	3.2	2.0	2.7	1.9	1.8

Tabla A.2 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	2007	1.650	0.4583	2.18	3.1	1.9	2.5	1.8	1.7
23	1973	1.620	0.4792	2.09	2.9	1.8	2.3	1.7	1.6
24	1990	1.510	0.5000	2.00	2.7	1.7	2.2	1.6	1.5
25	1978	1.390	0.5208	1.92	2.6	1.6	2.0	1.5	1.5
26	1993	1.090	0.5417	1.85	2.4	1.5	1.9	1.4	1.4
27	1988	1.080	0.5625	1.78	2.2	1.5	1.7	1.3	1.3
28	1977	1.020	0.5833	1.71	2.0	1.4	1.6	1.2	1.3
29	1995	1.000	0.6042	1.66	1.9	1.3	1.4	1.1	1.2
30	1972	0.916	0.6250	1.60	1.7	1.3	1.3	1.0	1.2
31	1985	0.898	0.6458	1.55	1.5	1.2	1.1	0.9	1.1
32	1975	0.863	0.6667	1.50	1.3	1.1	1.0	0.9	1.0
33	1991	0.862	0.6875	1.45	1.1	1.1	0.9	0.8	1.0
34	1987	0.858	0.7083	1.41	0.9	1.0	0.7	0.7	1.0
35	1979	0.822	0.7292	1.37	0.7	1.0	0.6	0.7	0.9
36	2001	0.768	0.7500	1.33	0.5	0.9	0.4	0.6	0.9
37	1989	0.738	0.7708	1.30	0.3	0.8	0.2	0.6	0.8
38	1981	0.706	0.7917	1.26	0.0	0.8	0.1	0.5	0.8
39	1970	0.670	0.8125	1.23	-0.2	0.7	-0.1	0.5	0.7
40	2002	0.642	0.8333	1.20	-0.5	0.7	-0.3	0.4	0.7
41	2009	0.632	0.8542	1.17	-0.7	0.6	-0.4	0.4	0.6
42	2013	0.574	0.8750	1.14	-1.1	0.6	-0.6	0.4	0.6
43	1971	0.572	0.8958	1.12	-1.4	0.5	-0.9	0.3	0.6
44	1968	0.571	0.9167	1.09	-1.8	0.5	-1.1	0.3	0.5
45	1967	0.528	0.9375	1.07	-2.3	0.4	-1.4	0.3	0.5
46	1969	0.528	0.9583	1.04	-3.0	0.3	-1.7	0.3	0.4
47	2008	0.498	0.9792	1.02	-4.0	0.3	-2.2	0.3	0.3
			0.9999	**1.00**	-9.5	0.1	-4.5	-1.3	0.2

Tabla A.3 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Loa antes Represa Lequena

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	235.8067	RECHAZA	0.4309	RECHAZA
LOG-NORMAL	6.0887	S/A	0.0795	S/A
GUMBEL	27.6182	RECHAZA	0.3735	RECHAZA
PEARSON	7.8078	S/A	0.2167	RECHAZA
LOG-PEARSON	**4.3493**	S/A	**0.0354**	S/A

Los valores de la Tabla A.2 se muestran gráficamente en la Figura A.1. Además, se incluye la curva “Tendencia Gráfico”, que muestra la tendencia a simple vista de los datos medidos, sin corresponder ésta necesariamente a uno de los ajustes de probabilidad señalados. Esta tendencia se obtiene mediante análisis gráfico (visual) en primera instancia para luego obtener la ecuación que le corresponde mediante una regresión polinómica de segundo orden (se muestra en la misma figura).

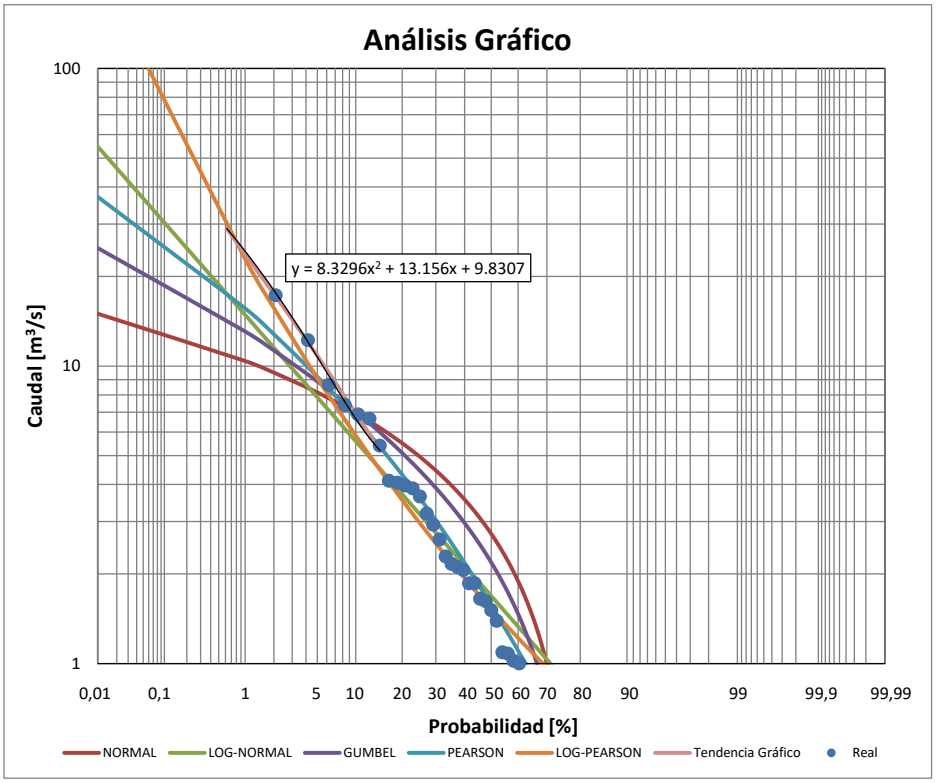


Figura A.1 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loa antes Represa Lequena

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que ninguno de los ajustes probabilísticos analizados representa bien los datos, por lo que se usa la curva "Tendencia Gráfico" para obtener los caudales necesarios. En la Tabla A.4 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.4 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loa antes Represa Lequena

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	24.4 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	17.9 m^3/s

A.2. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.5 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.5 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	5.12	Número de datos	N	37
Desv. Estándar (x)	s_x	4.85	$1.28255 / s_x$	a	0.2645
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.4563	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	2.93
Promedio (ln(x))	y_m	1.15	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	3.53
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	1.05	$4 / G_x^2$	α	1.89
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.0213	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-1.54

En la Tabla A.6, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.7.

Tabla A.6 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	23.2	156.1	37.8	40.2	163.8
			0.01	**100.00**	16.4	36.2	20.3	21.2	36.8
			0.02	**50.00**	15.1	27.2	17.7	18.3	27.5
1	2011	22.4	0.0263	38.00	14.5	24.1	16.6	17.2	24.3
2	2000	12.9	0.0526	19.00	13.0	17.3	14.0	14.3	17.4
3	1975	11.8	0.0789	12.67	12.0	13.9	12.4	12.6	13.9
4	1999	11.7	0.1053	9.50	11.2	11.7	11.2	11.3	11.8
5	2005	11	0.1316	7.60	10.5	10.2	10.3	10.3	10.2
6	2010	9.78	0.1579	6.33	10.0	9.0	9.6	9.5	9.0
7	2012	9.07	0.1842	5.43	9.5	8.1	9.0	8.8	8.1
8	2003	8.44	0.2105	4.75	9.0	7.3	8.4	8.2	7.3
9	1996	8.29	0.2368	4.22	8.6	6.7	7.9	7.7	6.7
10	2001	8.23	0.2632	3.80	8.2	6.1	7.4	7.2	6.1
11	1994	7.74	0.2895	3.45	7.8	5.6	7.0	6.8	5.6
12	1988	7.59	0.3158	3.17	7.4	5.2	6.6	6.3	5.2
13	2004	7.08	0.3421	2.92	7.1	4.8	6.2	5.9	4.8
14	1984	6.82	0.3684	2.71	6.7	4.5	5.9	5.6	4.5
15	1980	6.11	0.3947	2.53	6.4	4.2	5.5	5.2	4.2
16	1983	5.82	0.4211	2.38	6.1	3.9	5.2	4.9	3.9
17	1998	4.35	0.4474	2.24	5.8	3.6	4.9	4.6	3.6
18	2007	4.09	0.4737	2.11	5.4	3.4	4.6	4.3	3.4
19	1990	2.77	0.5000	2.00	5.1	3.2	4.3	4.0	3.1
20	1997	2.76	0.5263	1.90	4.8	2.9	4.0	3.7	2.9
21	1981	2.06	0.5526	1.81	4.5	2.7	3.8	3.5	2.7

Tabla A.6 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1979	2.05	0.5789	1.73	4.2	2.6	3.5	3.2	2.5
23	2002	1.8	0.6053	1.65	3.8	2.4	3.2	2.9	2.4
24	1976	1.53	0.6316	1.58	3.5	2.2	2.9	2.7	2.2
25	1993	1.4	0.6579	1.52	3.1	2.1	2.7	2.4	2.1
26	1977	1.22	0.6842	1.46	2.8	1.9	2.4	2.2	1.9
27	1992	1.21	0.7105	1.41	2.4	1.8	2.1	2.0	1.8
28	2006	1.19	0.7368	1.36	2.0	1.6	1.8	1.7	1.6
29	2013	1.14	0.7632	1.31	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5
30	1982	1.07	0.7895	1.27	1.2	1.4	1.3	1.2	1.4
31	1978	1.06	0.8158	1.23	0.8	1.2	0.9	1.0	1.2
32	2008	1.05	0.8421	1.19	0.3	1.1	0.6	0.7	1.1
33	2009	1.03	0.8684	1.15	-0.3	1.0	0.3	0.5	1.0
34	1985	0.785	0.8947	1.12	-1.0	0.8	-0.1	0.2	0.8
35	1995	0.715	0.9211	1.09	-1.7	0.7	-0.6	-0.1	0.7
36	1989	0.659	0.9474	1.06	-2.7	0.6	-1.1	-0.4	0.6
37	1991	0.619	0.9737	1.03	-4.3	0.4	-1.9	-0.8	0.4
			0.9999	**1.00**	-12.9	0.1	-5.5	-1.5	0.1

Tabla A.7 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	35.4040	RECHAZA	0.3028	RECHAZA
LOG-NORMAL	12.0174	RECHAZA	**0.1227**	S/A
GUMBEL	13.9814	RECHAZA	0.2268	RECHAZA
PEARSON	**11.3963**	RECHAZA	0.1875	S/A
LOG-PEARSON	12.1379	RECHAZA	0.1234	S/A

Los valores de la Tabla A.6 se muestran gráficamente en la Figura A.2. Además, se incluye la curva “Tendencia Gráfico”, que muestra la tendencia a simple vista de los datos medidos, sin corresponder ésta necesariamente a uno de los ajustes de probabilidad señalados. Esta tendencia se obtiene mediante análisis gráfico (visual) en primera instancia para luego obtener la ecuación que le corresponde mediante una regresión polinómica de segundo orden (se muestra en la misma figura).

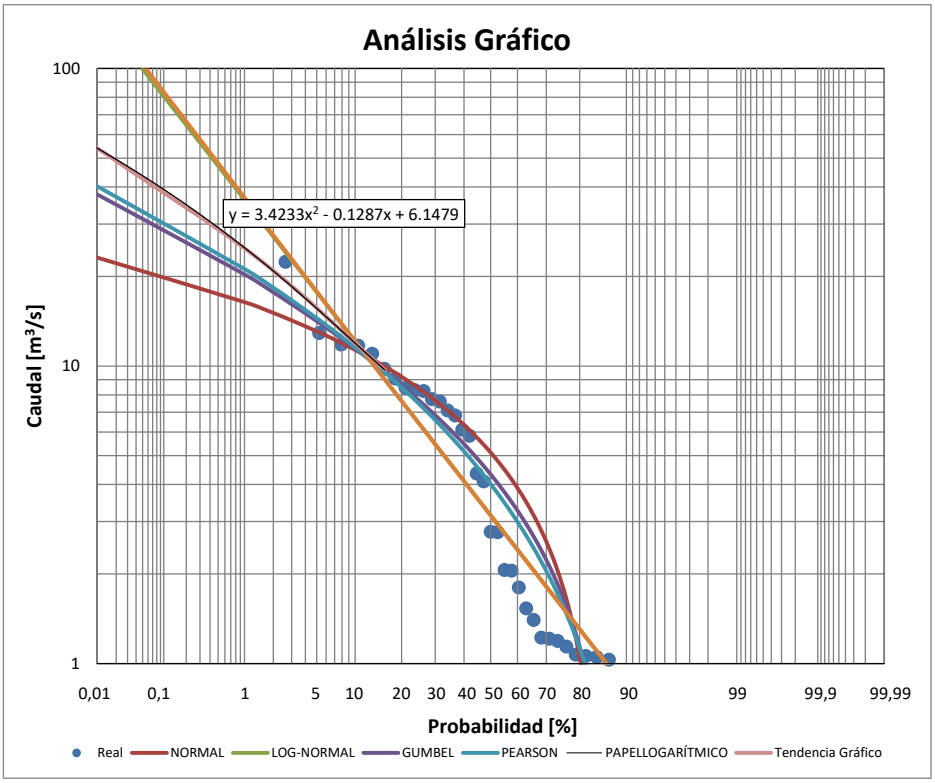


Figura A.2 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que ninguno de los ajustes probabilísticos analizados representa bien los datos, por lo que se usa la curva "Tendencia Gráfico" para obtener los caudales necesarios. En la Tabla A.8 se muestra el caudal obtenido para T100.

Además, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 50 años.

Tabla A.8 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	25.0 m^3/s

A.3. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Huasco en Algodones

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.9 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.9 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Huasco en Algodones

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	16.56	Número de datos	N	20
Desv. Estándar (x)	s_x	27.45	1.28255 / s_x	a	0.0467
Coef. Asimetría (x)	G_x	3.7294	x_m - 0.57721 / a	x_f	4.21
Promedio (ln(x))	y_m	2.27	S_x * Abs(G_x) / 2	b	51.18
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.89	4 / G_x^2	α	0.29
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	1.4236	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	1.84

En la Tabla A.10, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.11.

Tabla A.10 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Huasco en Algodones

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	118.6	262.9	201.3	372.0	5530.5
			0.01	**100.00**	80.4	76.4	102.7	132.1	180.6
			0.02	**50.00**	72.9	60.0	87.7	102.9	107.6
1	1997	126.00	0.0476	21.00	62.4	42.6	68.8	69.7	55.8
2	2002	45.10	0.0952	10.50	52.5	31.0	53.5	46.3	32.6
3	1998	23.90	0.1429	7.00	45.9	25.0	44.2	34.2	23.6
4	2012	16.40	0.1905	5.25	40.6	21.1	37.5	26.4	18.7
5	2000	13.90	0.2381	4.20	36.1	18.2	32.1	20.9	15.5
6	1999	12.50	0.2857	3.50	32.1	16.0	27.5	16.8	13.3
7	2003	12.10	0.3333	3.00	28.4	14.2	23.5	13.6	11.6
8	2005	9.60	0.3810	2.63	24.9	12.7	19.9	11.1	10.3
9	1994	8.13	0.4286	2.33	21.5	11.4	16.6	9.2	9.2
10	2007	7.96	0.4762	2.10	18.2	10.2	13.5	7.6	8.3
11	2001	7.36	0.5238	1.91	14.9	9.2	10.6	6.4	7.6
12	2004	7.19	0.5714	1.75	11.6	8.3	7.8	5.4	6.9
13	2006	6.99	0.6190	1.62	8.2	7.4	5.0	4.7	6.4
14	2008	5.98	0.6667	1.50	4.7	6.6	2.2	4.1	5.9
15	2010	5.85	0.7143	1.40	1.0	5.9	-0.6	3.8	5.4
16	2011	5.71	0.7619	1.31	-3.0	5.1	-3.5	3.6	5.0
17	2009	5.31	0.8095	1.24	-7.5	4.4	-6.6	3.5	4.6
18	1996	4.49	0.8571	1.17	-12.7	3.8	-10.0	3.5	4.2
19	1995	4.34	0.9048	1.11	-19.4	3.0	-14.1	3.4	3.8
20	2013	2.37	0.9524	1.05	-29.2	2.2	-19.6	2.4	3.4
			0.9999	**1.00**	-85.5	0.4	-43.3	-68.5	2.8

Tabla A.11 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Huasco en Algodones

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	111.9264	RECHAZA	0.5602	RECHAZA
LOG-NORMAL	29.7399	RECHAZA	0.0716	S/A
GUMBEL	27.9296	RECHAZA	0.5267	RECHAZA
PEARSON	**6.8089**	RECHAZA	0.1150	S/A
LOG-PEARSON	10.6432	RECHAZA	**0.0456**	S/A

Los valores de la Tabla A.10 se muestran gráficamente en la Figura A.3. Además, se incluye la curva “Tendencia Gráfico”, que muestra la tendencia a simple vista de los datos medidos, sin corresponder ésta necesariamente a uno de los ajustes de probabilidad señalados. Esta tendencia se obtiene mediante análisis gráfico (visual) en primera instancia para luego obtener la ecuación que le corresponde mediante una regresión polinómica de segundo orden (se muestra en la misma figura).

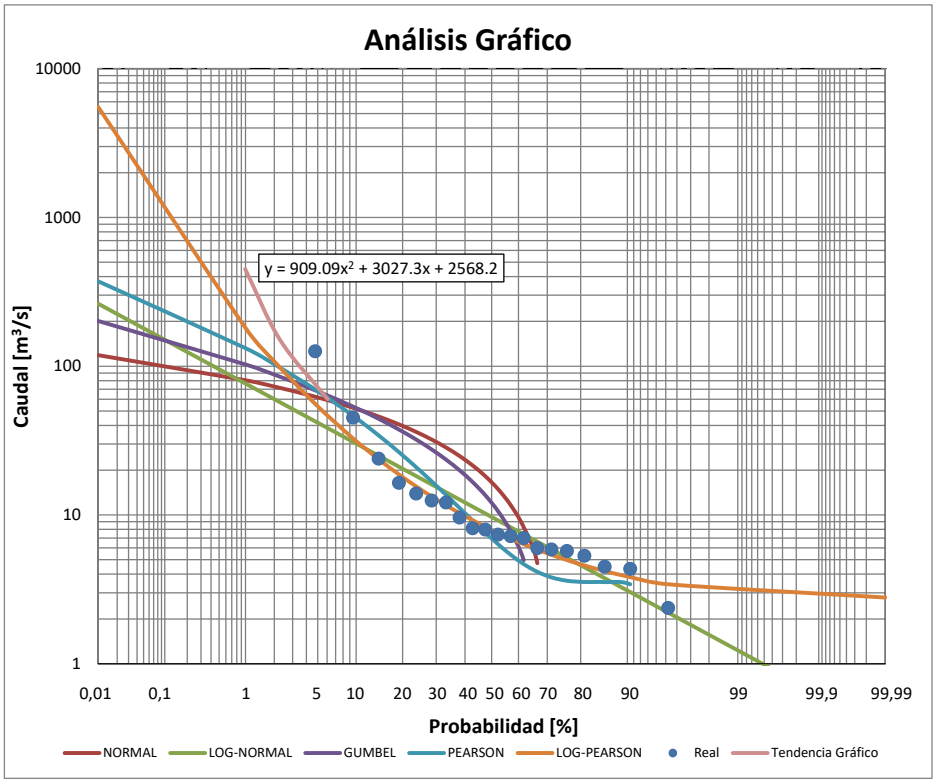


Figura A.3 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Huasco en Algodones

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que ninguno de los ajustes probabilísticos analizados representa bien los datos, por lo que se usa la curva “Tendencia Gráfico” para obtener los caudales necesarios. En la Tabla A.12 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.12 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Huasco en Algodones

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	449.9 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	182.7 m^3/s

A.4. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.9 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.13 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	1.29	Número de datos	N	50
Desv. Estándar (x)	s_x	1.47	1.28255 / s_x	a	0.8751
Coef. Asimetría (x)	G_x	5.3595	x_m - 0.57721 / a	x_f	0.63
Promedio (ln(x))	y_m	0.02	S_x * Abs(G_x) / 2	b	3.93
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.60	4 / G_x^2	α	0.14
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	1.2343	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	0.74

En la Tabla A.14, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.15.

Tabla A.14 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	6.7	9.4	11.2	25.2	54.6
			0.01	**100.00**	4.7	4.1	5.9	7.8	6.8
1	1987	10.5	0.0196	51.00	4.3	3.5	5.1	6.0	5.0
2	1988	3.43	0.0392	25.50	3.9	2.9	4.3	4.4	3.6
3	1997	3.24	0.0588	17.00	3.6	2.6	3.8	3.5	2.9
4	1984	2.38	0.0784	12.75	3.4	2.4	3.5	3.0	2.5
5	1983	1.61	0.0980	10.20	3.2	2.2	3.2	2.7	2.3
6	1989	1.6	0.1176	8.50	3.0	2.1	3.0	2.4	2.1
7	2004	1.6	0.1373	7.29	2.9	2.0	2.8	2.2	1.9
8	1998	1.57	0.1569	6.38	2.8	1.9	2.6	2.0	1.8
9	1972	1.55	0.1765	5.67	2.6	1.8	2.5	1.9	1.7
10	1973	1.55	0.1961	5.10	2.5	1.7	2.4	1.8	1.6
11	1985	1.43	0.2157	4.64	2.4	1.6	2.2	1.7	1.5
12	2002	1.43	0.2353	4.25	2.3	1.6	2.1	1.6	1.4
13	1990	1.38	0.2549	3.92	2.3	1.5	2.0	1.6	1.4
14	2003	1.32	0.2745	3.64	2.2	1.5	1.9	1.5	1.3
15	1999	1.31	0.2941	3.40	2.1	1.4	1.8	1.5	1.3
16	1965	1.27	0.3137	3.19	2.0	1.4	1.7	1.4	1.2
17	1993	1.25	0.3333	3.00	1.9	1.3	1.7	1.4	1.2
18	1992	1.23	0.3529	2.83	1.8	1.3	1.6	1.4	1.1
19	1964	1.21	0.3725	2.68	1.8	1.2	1.5	1.4	1.1
20	1966	1.21	0.3922	2.55	1.7	1.2	1.4	1.3	1.1
21	2001	1.12	0.4118	2.43	1.6	1.2	1.4	1.3	1.0
22	2008	1.09	0.4314	2.32	1.5	1.1	1.3	1.3	1.0

Tabla A.14 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1986	1.07	0.4510	2.22	1.5	1.1	1.2	1.3	1.0
24	2007	1.05	0.4706	2.13	1.4	1.1	1.1	1.3	0.9
25	1991	0.966	0.4902	2.04	1.3	1.0	1.1	1.3	0.9
26	1980	0.935	0.5098	1.96	1.3	1.0	1.0	1.3	0.9
27	2005	0.931	0.5294	1.89	1.2	1.0	1.0	1.3	0.9
28	2000	0.93	0.5490	1.82	1.1	0.9	0.9	1.3	0.8
29	1967	0.861	0.5686	1.76	1.0	0.9	0.8	1.3	0.8
30	1981	0.853	0.5882	1.70	1.0	0.9	0.8	1.3	0.8
31	2009	0.821	0.6078	1.65	0.9	0.9	0.7	1.3	0.8
32	2006	0.808	0.6275	1.59	0.8	0.8	0.6	1.3	0.8
33	1994	0.793	0.6471	1.55	0.7	0.8	0.6	1.3	0.7
34	2011	0.766	0.6667	1.50	0.7	0.8	0.5	1.3	0.7
35	1968	0.758	0.6863	1.46	0.6	0.8	0.5	1.3	0.7
36	1982	0.709	0.7059	1.42	0.5	0.7	0.4	1.3	0.7
37	2010	0.698	0.7255	1.38	0.4	0.7	0.3	1.3	0.7
38	1969	0.673	0.7451	1.34	0.3	0.7	0.3	1.3	0.7
39	1996	0.673	0.7647	1.31	0.2	0.7	0.2	1.2	0.6
40	2012	0.668	0.7843	1.28	0.1	0.6	0.1	1.2	0.6
41	1974	0.667	0.8039	1.24	0.0	0.6	0.1	1.2	0.6
42	1977	0.645	0.8235	1.21	-0.1	0.6	0.0	1.2	0.6
43	1971	0.561	0.8431	1.19	-0.2	0.6	-0.1	1.1	0.6
44	1995	0.559	0.8627	1.16	-0.3	0.5	-0.2	1.0	0.6
45	1975	0.556	0.8824	1.13	-0.5	0.5	-0.2	1.0	0.5
46	1976	0.531	0.9020	1.11	-0.6	0.5	-0.3	0.8	0.5
47	2013	0.505	0.9216	1.09	-0.8	0.4	-0.4	0.6	0.5
48	1978	0.398	0.9412	1.06	-1.0	0.4	-0.6	0.4	0.5
49	1979	0.382	0.9608	1.04	-1.3	0.4	-0.7	-0.1	0.5
50	1970	0.329	0.9804	1.02	-1.7	0.3	-0.9	-1.1	0.4
			0.9999	**1.00**	-4.2	0.1	-1.9	-15.3	0.4

Tabla A.15 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Jorquera en Vertedero

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	336183.6605	RECHAZA	0.5445	RECHAZA
LOG-NORMAL	254.4587	RECHAZA	0.1272	S/A
GUMBEL	81.9529	RECHAZA	0.4981	RECHAZA
PEARSON	**14.4470**	RECHAZA	0.1747	S/A
LOG-PEARSON	16.6444	RECHAZA	**0.0889**	S/A

Los valores de la Tabla A.14 se muestran gráficamente en la Figura A.4.

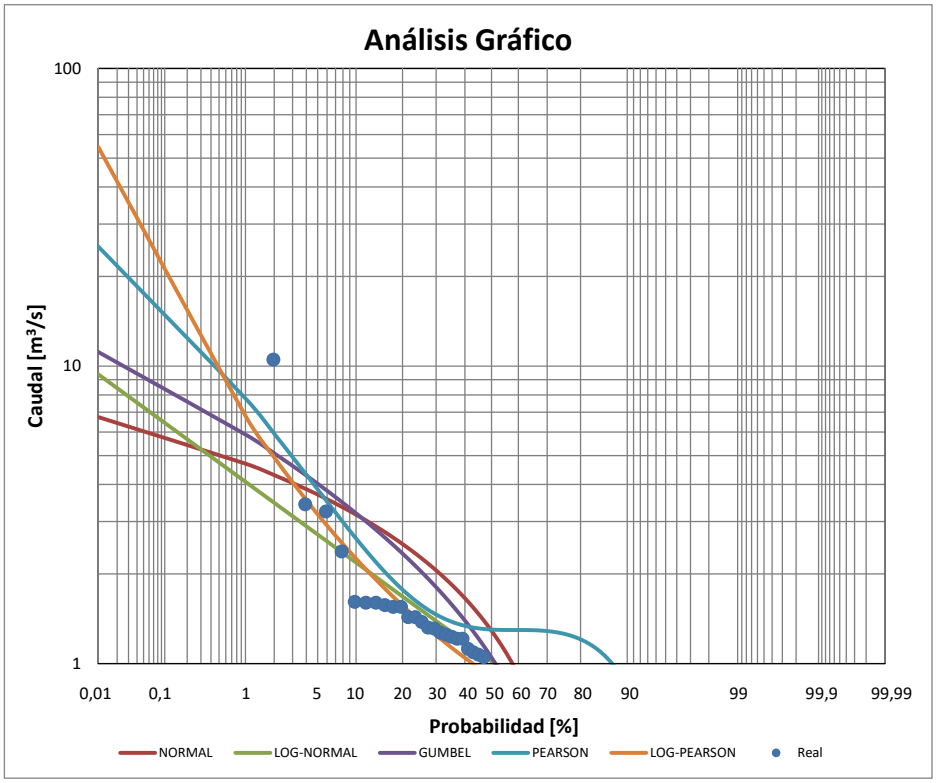


Figura A.4 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Jorquera en Vertedero

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

A.5. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.16 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.16 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	23.61	Número de datos	N	58
Desv. Estándar (x)	s_x	35.52	1.28255 / s_x	a	0.0361
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.4797	x_m - 0.57721 / a	x_f	7.63
Promedio (ln(x))	y_m	2.08	S_x * Abs(G_x) / 2	b	44.03
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	1.64	4 / G_x^2	α	0.65
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.1886	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-5.03

En la Tabla A.17, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.18.

Tabla A.17 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	155.7	3611.3	262.7	374.8	1892.6
			0.01	**100.00**	106.2	366.6	135.0	159.7	291.8
1	1987	185.000	0.0169	59.00	99.0	261.8	120.3	137.5	218.2
2	1977	114.000	0.0339	29.50	88.5	161.3	100.9	109.1	142.6
3	1963	101.000	0.0508	19.67	81.7	118.1	89.4	93.0	108.0
4	1972	93.400	0.0678	14.75	76.6	93.2	81.2	81.9	87.2
5	2002	84.400	0.0847	11.80	72.4	76.7	74.8	73.3	73.0
6	1993	77.100	0.1017	9.83	68.8	64.9	69.5	66.5	62.7
7	2001	75.100	0.1186	8.43	65.6	56.0	64.9	60.8	54.7
8	1997	67.900	0.1356	7.38	62.7	48.9	61.0	55.9	48.3
9	1982	48.800	0.1525	6.56	60.0	43.3	57.4	51.6	43.1
10	1983	48.100	0.1695	5.90	57.6	38.6	54.2	47.8	38.7
11	1991	41.600	0.1864	5.36	55.3	34.7	51.3	44.4	35.0
12	2011	38.300	0.2034	4.92	53.1	31.4	48.6	41.4	31.8
13	1992	35.700	0.2203	4.54	51.0	28.5	46.1	38.6	29.0
14	1965	31.000	0.2373	4.21	49.0	26.0	43.8	36.0	26.6
15	1953	26.000	0.2542	3.93	47.1	23.8	41.6	33.6	24.4
16	1961	26.000	0.2712	3.69	45.3	21.8	39.5	31.4	22.5
17	1957	21.800	0.2881	3.47	43.5	20.1	37.5	29.4	20.8
18	2000	20.600	0.3051	3.28	41.7	18.6	35.6	27.5	19.2
19	1962	19.700	0.3220	3.11	40.0	17.2	33.8	25.7	17.8
20	2008	18.800	0.3390	2.95	38.4	15.9	32.1	24.0	16.6
21	2004	13.800	0.3559	2.81	36.7	14.7	30.4	22.4	15.4
22	1986	13.700	0.3729	2.68	35.1	13.7	28.7	20.9	14.3

Tabla A.17 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	2005	13.300	0.3898	2.57	33.5	12.7	27.2	19.4	13.3
24	1996	12.600	0.4068	2.46	32.0	11.8	25.6	18.0	12.4
25	1954	10.800	0.4237	2.36	30.4	11.0	24.1	16.7	11.6
26	1958	9.840	0.4407	2.27	28.9	10.3	22.7	15.5	10.8
27	1959	9.500	0.4576	2.19	27.4	9.6	21.2	14.3	10.1
28	2010	9.440	0.4746	2.11	25.9	8.9	19.8	13.2	9.4
29	1976	8.630	0.4915	2.03	24.4	8.3	18.5	12.1	8.8
30	1975	7.690	0.5085	1.97	22.9	7.8	17.1	11.1	8.2
31	1960	7.640	0.5254	1.90	21.3	7.2	15.8	10.1	7.6
32	1998	7.630	0.5424	1.84	19.8	6.7	14.4	9.1	7.1
33	2006	7.460	0.5593	1.79	18.3	6.3	13.1	8.2	6.6
34	1989	6.610	0.5763	1.74	16.8	5.9	11.8	7.3	6.2
35	2009	5.260	0.5932	1.69	15.2	5.5	10.6	6.5	5.7
36	1980	4.620	0.6102	1.64	13.7	5.1	9.3	5.7	5.3
37	1974	4.530	0.6271	1.59	12.1	4.7	8.0	4.9	4.9
38	1964	4.500	0.6441	1.55	10.5	4.4	6.7	4.1	4.6
39	1973	4.050	0.6610	1.51	8.9	4.1	5.5	3.4	4.2
40	1967	4.010	0.6780	1.48	7.2	3.8	4.2	2.7	3.9
41	1999	3.930	0.6949	1.44	5.5	3.5	2.9	2.0	3.6
42	2003	3.810	0.7119	1.40	3.8	3.2	1.6	1.4	3.3
43	1994	3.730	0.7288	1.37	2.0	3.0	0.3	0.8	3.1
44	1955	3.330	0.7458	1.34	0.1	2.7	-1.1	0.2	2.8
45	2007	2.260	0.7627	1.31	-1.8	2.5	-2.4	-0.4	2.6
46	1956	2.230	0.7797	1.28	-3.8	2.3	-3.8	-0.9	2.3
47	2013	1.860	0.7966	1.26	-5.8	2.1	-5.3	-1.5	2.1
48	1988	1.800	0.8136	1.23	-8.0	1.9	-6.7	-1.9	1.9
49	1981	1.460	0.8305	1.20	-10.3	1.7	-8.3	-2.4	1.7
50	1968	0.776	0.8475	1.18	-12.8	1.5	-9.9	-2.8	1.5
51	2012	0.706	0.8644	1.16	-15.5	1.3	-11.5	-3.2	1.3
52	1971	0.688	0.8814	1.13	-18.4	1.2	-13.3	-3.6	1.1
53	1990	0.647	0.8983	1.11	-21.6	1.0	-15.3	-3.9	1.0
54	1970	0.625	0.9153	1.09	-25.2	0.8	-17.4	-4.2	0.8
55	1995	0.619	0.9322	1.07	-29.4	0.7	-19.8	-4.5	0.7
56	1978	0.565	0.9492	1.05	-34.5	0.5	-22.6	-4.6	0.5
57	1969	0.447	0.9661	1.04	-41.3	0.4	-26.1	-4.7	0.4
58	1979	0.194	0.9831	1.02	-51.7	0.2	-31.3	-4.7	0.2
			0.9999	**1.00**	-108.5	0.0	-53.9	-14.9	0.0

Tabla A.18 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	304.0331	RECHAZA	0.4800	RECHAZA
LOG-NORMAL	3.6878	S/A	0.0284	S/A
GUMBEL	41.6815	RECHAZA	0.4250	RECHAZA
PEARSON	19.0010	RECHAZA	0.3266	RECHAZA
LOG-PEARSON	**3.6080**	S/A	**0.0276**	S/A

Los valores de la Tabla A.17 se muestran gráficamente en la Figura A.5.

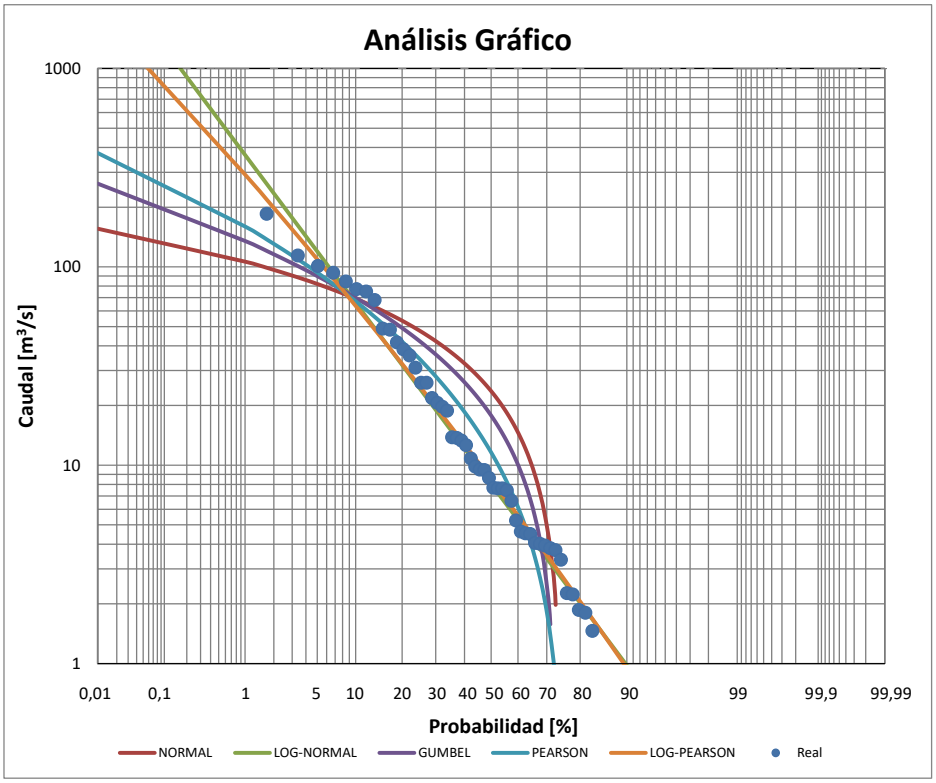


Figura A.5 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.19 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.19 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	291.8 m^3/s

A.6. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.20 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.20 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	39.55	Número de datos	N	49
Desv. Estándar (x)	s_x	31.07	$1.28255 / s_x$	a	0.0413
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.9874	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	25.57
Promedio (ln(x))	y_m	3.32	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	15.34
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.94	$4 / G_x^2$	α	4.10
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.5080	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-23.38

En la Tabla A.21, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.22.

Tabla A.21 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	155.1	898.0	248.7	227.2	349.2
			0.01	**100.00**	111.8	243.8	137.0	133.4	171.7
1	1987	124.00	0.0200	50.00	103.4	188.9	120.1	118.4	145.4
2	1982	114.00	0.0400	25.00	93.9	142.2	103.0	102.8	119.5
3	1972	102.00	0.0600	16.67	87.9	118.4	93.0	93.4	104.6
4	1997	98.20	0.0800	12.50	83.2	102.9	85.7	86.5	94.1
5	1984	85.80	0.1000	10.00	79.4	91.6	80.1	81.0	86.1
6	2002	84.90	0.1200	8.33	76.1	82.9	75.4	76.5	79.5
7	1965	81.90	0.1400	7.14	73.1	75.9	71.4	72.5	74.0
8	1978	68.40	0.1600	6.25	70.4	70.0	67.9	69.0	69.3
9	1983	67.20	0.1800	5.56	68.0	65.0	64.7	65.9	65.2
10	2005	66.80	0.2000	5.00	65.7	60.7	61.9	63.0	61.5
11	1980	62.50	0.2200	4.55	63.5	56.9	59.3	60.4	58.2
12	1992	59.60	0.2400	4.17	61.5	53.5	56.9	57.9	55.2
13	1977	56.30	0.2600	3.85	59.5	50.4	54.6	55.6	52.4
14	1991	53.20	0.2800	3.57	57.7	47.6	52.5	53.5	49.8
15	2000	51.70	0.3000	3.33	55.8	45.1	50.5	51.4	47.4
16	2008	51.60	0.3200	3.13	54.1	42.8	48.6	49.4	45.2
17	2006	47.00	0.3400	2.94	52.4	40.6	46.8	47.6	43.1
18	1986	44.20	0.3600	2.78	50.7	38.6	45.1	45.8	41.2
19	1966	42.60	0.3800	2.63	49.0	36.7	43.4	44.0	39.3
20	2001	42.30	0.4000	2.50	47.4	35.0	41.8	42.4	37.5
21	1970	40.30	0.4200	2.38	45.8	33.3	40.3	40.7	35.9
22	1989	37.60	0.4400	2.27	44.2	31.8	38.8	39.1	34.3

Tabla A.21 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	2009	37.10	0.4600	2.17	42.7	30.3	37.3	37.6	32.7
24	1973	32.10	0.4800	2.08	41.1	28.9	35.9	36.1	31.3
25	2003	31.40	0.5000	2.00	39.6	27.6	34.4	34.6	29.9
26	1999	31.30	0.5200	1.92	38.0	26.3	33.1	33.1	28.5
27	2007	26.70	0.5400	1.85	36.4	25.1	31.7	31.7	27.2
28	1976	26.10	0.5600	1.79	34.9	24.0	30.3	30.3	25.9
29	1974	25.70	0.5800	1.72	33.3	22.8	29.0	28.8	24.7
30	1993	24.90	0.6000	1.67	31.7	21.8	27.7	27.4	23.5
31	1971	19.00	0.6200	1.61	30.1	20.7	26.4	26.1	22.4
32	1979	17.80	0.6400	1.56	28.4	19.7	25.1	24.7	21.2
33	2011	17.00	0.6600	1.52	26.7	18.8	23.7	23.3	20.1
34	1975	16.70	0.6800	1.47	25.0	17.8	22.4	21.9	19.1
35	1994	15.70	0.7000	1.43	23.3	16.9	21.1	20.5	18.0
36	1985	14.50	0.7200	1.39	21.4	16.0	19.7	19.1	17.0
37	2004	14.50	0.7400	1.35	19.6	15.1	18.4	17.6	16.0
38	1969	13.20	0.7600	1.32	17.6	14.2	17.0	16.2	15.0
39	1988	12.10	0.7800	1.28	15.6	13.4	15.5	14.7	14.0
40	1990	11.90	0.8000	1.25	13.4	12.6	14.0	13.2	13.0
41	1998	11.50	0.8200	1.22	11.1	11.7	12.5	11.6	12.0
42	1967	10.60	0.8400	1.19	8.7	10.9	10.9	10.0	11.0
43	1981	9.76	0.8600	1.16	6.0	10.0	9.2	8.3	10.0
44	1995	9.52	0.8800	1.14	3.0	9.2	7.4	6.4	9.0
45	2012	8.77	0.9000	1.11	-0.3	8.3	5.4	4.5	8.0
46	2010	7.84	0.9200	1.09	-4.1	7.4	3.1	2.3	6.9
47	1996	3.95	0.9400	1.06	-8.8	6.4	0.5	-0.2	5.8
48	1968	3.64	0.9600	1.04	-14.8	5.4	-2.7	-3.2	4.6
49	2013	2.63	0.9800	1.02	-24.3	4.0	-7.5	-7.3	3.2
			0.9999	**1.00**	-76.0	0.8	-28.2	-20.4	0.3

Tabla A.22 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Choapa en Cuncumén

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	24.4659	RECHAZA	0.2408	RECHAZA
LOG-NORMAL	5.0570	S/A	0.0982	S/A
GUMBEL	10.9731	RECHAZA	0.1801	RECHAZA
PEARSON	10.1831	RECHAZA	0.1780	S/A
LOG-PEARSON	**3.9333**	S/A	**0.0970**	S/A

Los valores de la Tabla A.21 se muestran gráficamente en la Figura A.6.

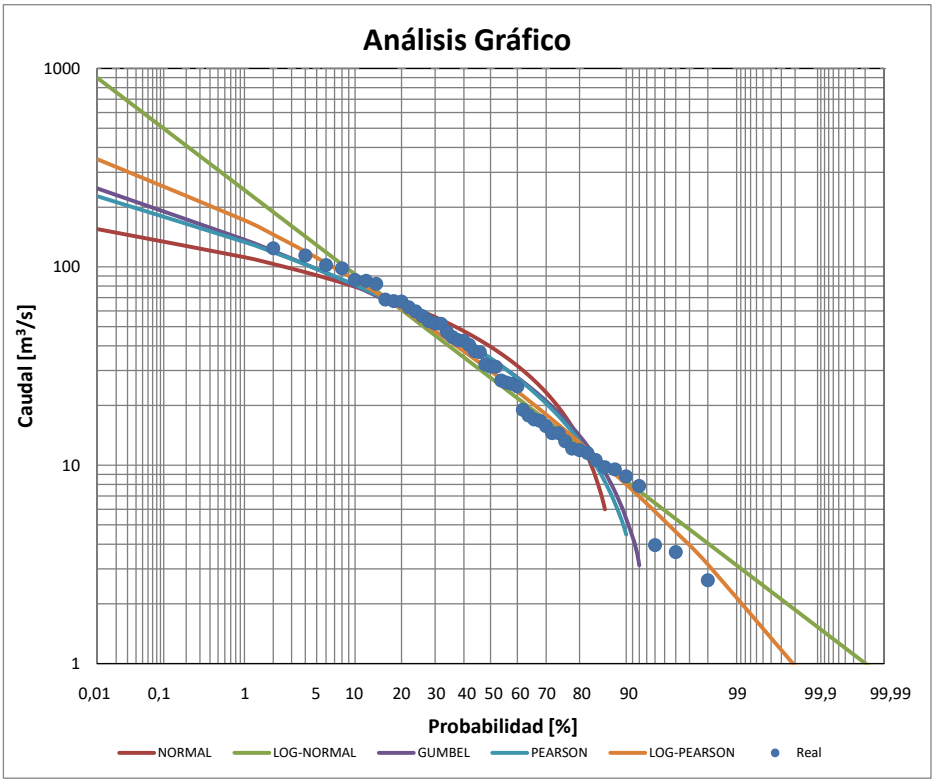


Figura A.6 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Choapa en Cuncumén

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.23 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.23 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Choapa en Cuncumén

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	171.7 m^3/s

A.7. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.24 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.24 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	53.71	Número de datos	N	72
Desv. Estándar (x)	s_x	89.01	1.28255 / s_x	a	0.0144
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.9882	x_m - 0.57721 / a	x_f	13.65
Promedio (ln(x))	y_m	3.15	S_x * Abs(G_x) / 2	b	132.99
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	1.23	4 / G_x^2	α	0.45
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.5919	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-5.86

En la Tabla A.25, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.26.

Tabla A.25 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	384.7	2241.6	652.9	1048.1	11724.6
			0.01	**100.00**	260.8	405.8	332.9	411.4	685.2
1	1997	464.00	0.0137	73.00	250.0	350.0	310.9	373.5	551.0
2	1965	390.00	0.0274	36.50	224.7	246.6	262.3	293.0	334.5
3	1987	312.00	0.0411	24.33	208.4	197.2	233.7	248.1	246.2
4	1984	263.00	0.0548	18.25	196.1	166.4	213.3	217.3	196.4
5	1957	254.00	0.0685	14.60	186.1	144.9	197.3	194.1	163.9
6	1978	242.00	0.0822	12.17	177.5	128.7	184.1	175.5	140.8
7	2002	118.00	0.0959	10.43	169.9	115.9	172.9	160.1	123.4
8	1977	114.00	0.1096	9.13	163.1	105.5	163.1	147.1	109.8
9	1953	94.00	0.1233	8.11	156.8	96.8	154.4	135.8	98.8
10	1993	91.00	0.1370	7.30	151.1	89.4	146.6	125.9	89.7
11	1983	89.50	0.1507	6.64	145.7	83.0	139.4	117.0	82.1
12	1944	87.80	0.1644	6.08	140.6	77.4	132.8	109.1	75.5
13	1972	81.30	0.1781	5.62	135.8	72.5	126.7	101.9	69.9
14	1961	68.70	0.1918	5.21	131.3	68.1	121.0	95.3	64.9
15	1949	67.30	0.2055	4.87	126.9	64.1	115.6	89.3	60.6
16	1963	65.00	0.2192	4.56	122.7	60.5	110.6	83.7	56.7
17	1982	62.20	0.2329	4.29	118.6	57.2	105.8	78.6	53.2
18	1942	55.60	0.2466	4.06	114.7	54.2	101.2	73.8	50.1
19	1966	55.40	0.2603	3.84	110.9	51.4	96.9	69.3	47.2
20	2001	50.30	0.2740	3.65	107.2	48.8	92.7	65.2	44.6
21	1992	49.90	0.2877	3.48	103.6	46.5	88.7	61.2	42.3
22	2000	41.30	0.3014	3.32	100.0	44.3	84.8	57.5	40.1

Tabla A.25 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	2005	40.90	0.3151	3.17	96.6	42.2	81.1	54.1	38.1
24	1948	40.00	0.3288	3.04	93.2	40.3	77.5	50.8	36.2
25	1998	38.80	0.3425	2.92	89.8	38.4	74.0	47.7	34.5
26	1980	35.00	0.3562	2.81	86.5	36.7	70.6	44.7	32.8
27	1991	33.50	0.3699	2.70	83.3	35.1	67.3	42.0	31.3
28	2008	32.60	0.3836	2.61	80.1	33.6	64.0	39.3	29.9
29	1958	30.70	0.3973	2.52	76.9	32.2	60.9	36.8	28.6
30	1952	30.60	0.4110	2.43	73.7	30.8	57.8	34.4	27.3
31	1960	24.30	0.4247	2.35	70.6	29.5	54.8	32.1	26.2
32	2003	22.30	0.4384	2.28	67.5	28.3	51.8	29.9	25.1
33	1962	22.20	0.4521	2.21	64.4	27.1	48.9	27.8	24.0
34	1989	20.80	0.4658	2.15	61.4	26.0	46.1	25.9	23.0
35	1950	19.80	0.4795	2.09	58.3	24.9	43.2	24.0	22.1
36	1943	19.40	0.4932	2.03	55.2	23.9	40.5	22.2	21.2
37	1954	16.50	0.5068	1.97	52.2	22.9	37.7	20.4	20.3
38	1985	16.20	0.5205	1.92	49.1	21.9	35.0	18.8	19.5
39	2006	16.20	0.5342	1.87	46.1	21.0	32.3	17.2	18.7
40	2007	16.00	0.5479	1.83	43.0	20.2	29.7	15.7	18.0
41	1973	15.80	0.5616	1.78	39.9	19.3	27.0	14.3	17.2
42	1988	14.70	0.5753	1.74	36.8	18.5	24.4	12.9	16.6
43	1986	14.10	0.5890	1.70	33.7	17.7	21.8	11.6	15.9
44	1959	13.80	0.6027	1.66	30.5	17.0	19.2	10.3	15.3
45	1945	13.50	0.6164	1.62	27.4	16.2	16.6	9.1	14.7
46	1967	12.40	0.6301	1.59	24.1	15.5	14.0	8.0	14.1
47	1999	12.20	0.6438	1.55	20.9	14.9	11.4	6.9	13.5
48	2004	11.60	0.6575	1.52	17.6	14.2	8.9	5.9	13.0
49	1964	11.40	0.6712	1.49	14.3	13.6	6.3	4.9	12.4
50	2009	10.40	0.6849	1.46	10.9	12.9	3.7	4.0	11.9
51	1951	9.62	0.6986	1.43	7.4	12.3	1.0	3.1	11.4
52	2013	9.52	0.7123	1.40	3.8	11.7	-1.6	2.3	11.0
53	1981	9.39	0.7260	1.38	0.2	11.2	-4.3	1.5	10.5
54	2010	8.60	0.7397	1.35	-3.5	10.6	-7.0	0.8	10.0
55	1956	7.91	0.7534	1.33	-7.3	10.1	-9.7	0.1	9.6
56	1947	7.65	0.7671	1.30	-11.2	9.5	-12.5	-0.5	9.2
57	2011	7.63	0.7808	1.28	-15.3	9.0	-15.3	-1.1	8.7
58	1994	7.41	0.7945	1.26	-19.5	8.5	-18.2	-1.6	8.3
59	1976	6.90	0.8082	1.24	-23.8	8.0	-21.2	-2.1	7.9
60	1979	6.85	0.8219	1.22	-28.4	7.5	-24.2	-2.6	7.5
61	1990	6.84	0.8356	1.20	-33.2	7.0	-27.4	-2.9	7.1
62	1974	6.81	0.8493	1.18	-38.3	6.6	-30.6	-3.2	6.8
63	1955	6.43	0.8630	1.16	-43.7	6.1	-34.0	-3.5	6.4
64	1975	6.24	0.8767	1.14	-49.4	5.6	-37.6	-3.7	6.0
65	1946	6.23	0.8904	1.12	-55.7	5.2	-41.4	-3.9	5.6
66	1968	5.66	0.9041	1.11	-62.5	4.7	-45.5	-4.0	5.2
67	1996	5.51	0.9178	1.09	-70.1	4.2	-49.9	-4.0	4.9
68	2012	4.71	0.9315	1.07	-78.7	3.8	-54.8	-4.0	4.5
69	1971	4.06	0.9452	1.06	-88.7	3.3	-60.3	-4.0	4.0
70	1969	3.94	0.9589	1.04	-101.0	2.8	-66.9	-4.1	3.6
71	1995	3.74	0.9726	1.03	-117.2	2.2	-75.2	-4.6	3.1
72	1970	3.63	0.9863	1.01	-142.6	1.6	-87.4	-6.5	2.5
			0.9999	**1.00**	-277.3	0.2	-140.4	-83.4	1.0

Tabla A.26 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	526.2011	RECHAZA	0.5173	RECHAZA
LOG-NORMAL	18.2665	RECHAZA	**0.0449**	S/A
GUMBEL	76.0537	RECHAZA	0.4748	RECHAZA
PEARSON	35.2459	RECHAZA	0.3618	RECHAZA
LOG-PEARSON	**15.8210**	RECHAZA	0.0495	S/A

Los valores de la Tabla A.25 se muestran gráficamente en la Figura A.7.

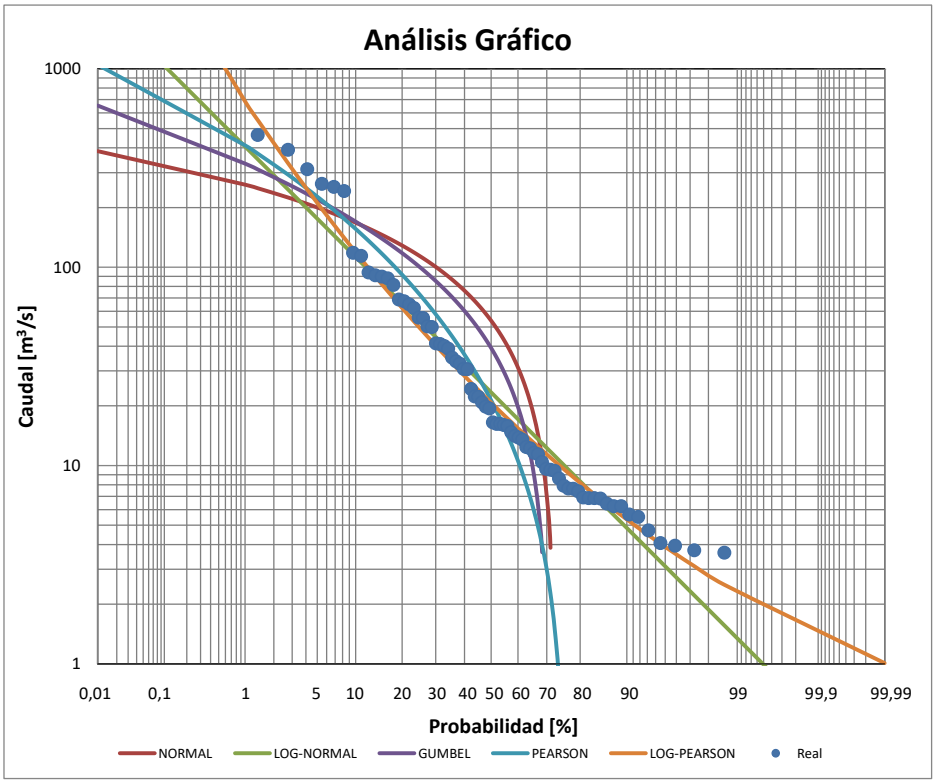


Figura A.7 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.27 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.27 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	685.2 m^3/s

A.8. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.28 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.28 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	19.71	Número de datos	N	96
Desv. Estándar (x)	s_x	41.73	$1.28255 / s_x$	a	0.0307
Coef. Asimetría (x)	G_x	4.9429	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	0.93
Promedio (ln(x))	y_m	2.13	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	103.14
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	1.16	$4 / G_x^2$	α	0.16
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.7673	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	2.83

En la Tabla A.29, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.30.

Tabla A.29 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	174.9	627.3	300.6	668.4	4915.6
			0.01	**100.00**	116.8	124.6	150.6	202.6	235.4
1	1957	319.000	0.0103	97.00	116.3	122.9	149.6	200.2	230.3
2	1934	177.000	0.0206	48.50	104.9	89.5	126.9	149.1	138.8
3	1984	120.000	0.0309	32.33	97.6	73.1	113.5	122.0	102.1
4	1919	106.000	0.0412	24.25	92.2	62.8	104.0	104.2	81.7
5	1965	105.000	0.0515	19.40	87.7	55.5	96.6	91.2	68.4
6	1987	91.600	0.0619	16.17	84.0	50.0	90.5	81.2	59.0
7	1926	75.400	0.0722	13.86	80.6	45.6	85.3	73.2	51.9
8	1941	57.900	0.0825	12.13	77.7	42.0	80.7	66.5	46.4
9	1997	55.900	0.0928	10.78	75.0	38.9	76.7	60.9	41.9
10	1983	42.700	0.1031	9.70	72.5	36.3	73.1	56.1	38.3
11	2002	39.200	0.1134	8.82	70.2	34.0	69.8	52.0	35.2
12	1920	26.200	0.1237	8.08	68.0	32.1	66.8	48.3	32.6
13	1961	25.200	0.1340	7.46	65.9	30.3	64.0	45.1	30.3
14	1938	24.000	0.1443	6.93	64.0	28.7	61.4	42.2	28.3
15	2008	23.800	0.1546	6.47	62.1	27.3	59.0	39.7	26.5
16	1944	21.200	0.1649	6.06	60.4	25.9	56.7	37.4	25.0
17	1992	20.700	0.1753	5.71	58.7	24.7	54.5	35.3	23.6
18	1949	19.800	0.1856	5.39	57.0	23.6	52.5	33.4	22.3
19	1930	19.200	0.1959	5.11	55.5	22.6	50.5	31.7	21.2
20	1953	18.300	0.2062	4.85	53.9	21.7	48.6	30.1	20.1
21	1927	17.900	0.2165	4.62	52.4	20.8	46.8	28.7	19.2
22	1929	16.900	0.2268	4.41	51.0	20.0	45.1	27.4	18.3

Tabla A.29 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1928	15.800	0.2371	4.22	49.6	19.2	43.5	26.1	17.5
24	1940	14.900	0.2474	4.04	48.2	18.5	41.9	25.0	16.7
25	1966	14.200	0.2577	3.88	46.9	17.8	40.3	24.0	16.0
26	2000	14.200	0.2680	3.73	45.5	17.2	38.8	23.1	15.4
27	1921	13.700	0.2784	3.59	44.2	16.6	37.4	22.2	14.7
28	1963	13.600	0.2887	3.46	43.0	16.0	36.0	21.4	14.2
29	2001	12.300	0.2990	3.34	41.7	15.4	34.6	20.7	13.6
30	1922	12.100	0.3093	3.23	40.5	14.9	33.3	20.0	13.1
31	1918	11.200	0.3196	3.13	39.3	14.4	32.0	19.4	12.7
32	1978	11.000	0.3299	3.03	38.1	14.0	30.7	18.8	12.2
33	1937	10.500	0.3402	2.94	36.9	13.5	29.5	18.3	11.8
34	1982	10.500	0.3505	2.85	35.7	13.1	28.3	17.8	11.4
35	1942	10.100	0.3608	2.77	34.6	12.7	27.1	17.3	11.0
36	2013	10.000	0.3711	2.69	33.4	12.3	25.9	16.9	10.6
37	2003	9.690	0.3814	2.62	32.3	11.9	24.8	16.5	10.3
38	1986	9.680	0.3918	2.55	31.2	11.5	23.7	16.2	10.0
39	1945	9.330	0.4021	2.49	30.1	11.2	22.6	15.8	9.6
40	1958	9.220	0.4124	2.43	29.0	10.8	21.5	15.5	9.3
41	2011	9.020	0.4227	2.37	27.9	10.5	20.4	15.3	9.1
42	1998	8.520	0.4330	2.31	26.8	10.2	19.4	15.0	8.8
43	1943	8.500	0.4433	2.26	25.7	9.9	18.3	14.8	8.5
44	1972	8.480	0.4536	2.20	24.6	9.6	17.3	14.6	8.3
45	1936	8.260	0.4639	2.16	23.5	9.3	16.3	14.4	8.0
46	1935	7.950	0.4742	2.11	22.4	9.0	15.3	14.3	7.8
47	1923	7.890	0.4845	2.06	21.3	8.8	14.3	14.1	7.6
48	1932	7.800	0.4948	2.02	20.3	8.5	13.3	14.0	7.3
49	1977	7.710	0.5052	1.98	19.2	8.2	12.4	13.9	7.1
50	1952	7.350	0.5155	1.94	18.1	8.0	11.4	13.8	6.9
51	1980	7.350	0.5258	1.90	17.0	7.8	10.5	13.7	6.7
52	2005	7.260	0.5361	1.87	15.9	7.5	9.5	13.6	6.5
53	1948	7.160	0.5464	1.83	14.8	7.3	8.6	13.6	6.4
54	1991	7.000	0.5567	1.80	13.8	7.1	7.6	13.5	6.2
55	1931	6.660	0.5670	1.76	12.7	6.9	6.7	13.5	6.0
56	1993	6.050	0.5773	1.73	11.6	6.7	5.8	13.5	5.8
57	1950	5.980	0.5876	1.70	10.5	6.5	4.9	13.4	5.7
58	1988	5.880	0.5979	1.67	9.4	6.3	4.0	13.4	5.5
59	1985	5.770	0.6082	1.64	8.2	6.1	3.0	13.4	5.4
60	1960	5.760	0.6186	1.62	7.1	5.9	2.1	13.4	5.2
61	1973	5.370	0.6289	1.59	6.0	5.7	1.2	13.4	5.1
62	1959	4.780	0.6392	1.56	4.8	5.5	0.3	13.4	4.9
63	1981	4.700	0.6495	1.54	3.7	5.4	-0.6	13.4	4.8
64	1989	4.600	0.6598	1.52	2.5	5.2	-1.5	13.4	4.7
65	1933	4.570	0.6701	1.49	1.3	5.0	-2.4	13.4	4.5
66	1954	4.350	0.6804	1.47	0.1	4.9	-3.4	13.4	4.4
67	2004	4.270	0.6907	1.45	-1.1	4.7	-4.3	13.4	4.3
68	1924	4.240	0.7010	1.43	-2.3	4.5	-5.2	13.4	4.2
69	1999	4.170	0.7113	1.41	-3.5	4.4	-6.1	13.3	4.0
70	2006	3.990	0.7216	1.39	-4.8	4.2	-7.1	13.3	3.9
71	1964	3.910	0.7320	1.37	-6.1	4.1	-8.0	13.3	3.8
72	1955	3.830	0.7423	1.35	-7.4	3.9	-9.0	13.2	3.7
73	1979	3.600	0.7526	1.33	-8.8	3.8	-9.9	13.1	3.6
74	1951	3.500	0.7629	1.31	-10.2	3.6	-10.9	13.1	3.5

Tabla A.29 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
75	1947	3.490	0.7732	1.29	-11.6	3.5	-11.9	12.9	3.4
76	1925	3.360	0.7835	1.28	-13.0	3.4	-12.9	12.8	3.3
77	2007	3.320	0.7938	1.26	-14.5	3.2	-13.9	12.6	3.2
78	1939	3.290	0.8041	1.24	-16.0	3.1	-15.0	12.4	3.1
79	2009	3.110	0.8144	1.23	-17.6	3.0	-16.0	12.2	3.0
80	2010	2.960	0.8247	1.21	-19.2	2.8	-17.1	11.9	2.9
81	1967	2.740	0.8351	1.20	-20.9	2.7	-18.2	11.5	2.8
82	1995	2.660	0.8454	1.18	-22.7	2.6	-19.4	11.1	2.7
83	1946	2.570	0.8557	1.17	-24.6	2.4	-20.6	10.5	2.6
84	1962	2.520	0.8660	1.15	-26.5	2.3	-21.8	9.9	2.5
85	1994	2.430	0.8763	1.14	-28.6	2.2	-23.1	9.1	2.4
86	1990	2.380	0.8866	1.13	-30.7	2.1	-24.4	8.2	2.3
87	1974	2.330	0.8969	1.11	-33.0	1.9	-25.8	7.1	2.2
88	1956	2.160	0.9072	1.10	-35.5	1.8	-27.3	5.7	2.1
89	1975	2.140	0.9175	1.09	-38.2	1.7	-28.8	4.0	2.0
90	2012	1.890	0.9278	1.08	-41.2	1.5	-30.5	1.8	1.9
91	1996	1.820	0.9381	1.07	-44.5	1.4	-32.4	-1.0	1.8
92	1976	1.620	0.9485	1.05	-48.3	1.3	-34.4	-4.6	1.7
93	1968	1.360	0.9588	1.04	-52.8	1.1	-36.8	-9.7	1.5
94	1969	1.210	0.9691	1.03	-58.2	1.0	-39.6	-17.1	1.4
95	1970	1.030	0.9794	1.02	-65.5	0.8	-43.2	-29.1	1.3
96	1971	0.848	0.9897	1.01	-76.9	0.6	-48.5	-53.9	1.1
			0.9999	**1.00**	-135.5	0.1	-71.3	-334.9	0.6

Tabla A.30 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	41560375.40	RECHAZA	0.5297	RECHAZA
LOG-NORMAL	32.5537	RECHAZA	0.0269	S/A
GUMBEL	155.2589	RECHAZA	0.5185	RECHAZA
PEARSON	11.8868	RECHAZA	0.1148	S/A
LOG-PEARSON	**11.4671**	RECHAZA	**0.0246**	S/A

Los valores de la Tabla A.29 se muestran gráficamente en la Figura A.8.

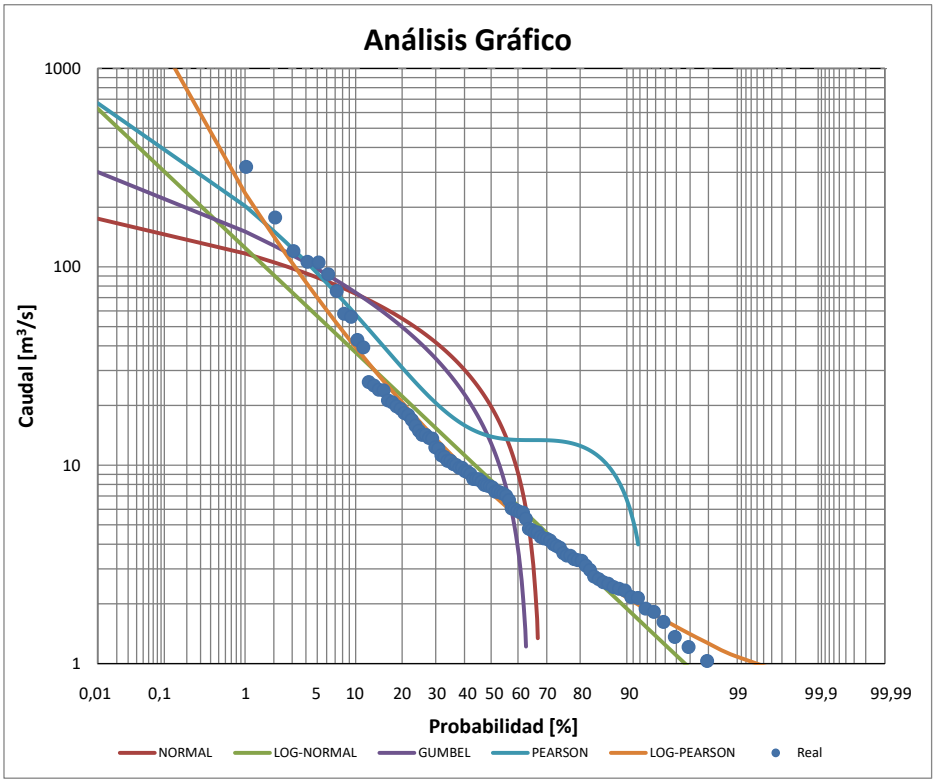


Figura A.8 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

A.9. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Turbio en Varillar

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.31 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.31 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Turbio en Varillar

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	16.51	Número de datos	N	100
Desv. Estándar (x)	s_x	16.05	$1.28255 / s_x$	a	0.0799
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.8556	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	9.29
Promedio (ln(x))	y_m	2.45	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	14.89
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.81	$4 / G_x^2$	α	1.16
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.5549	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-0.79

De la tabla anterior se concluye que no es necesario realizar el análisis de caudales máximos diarios anuales puesto que el caudal asociado período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada (se cuenta con 100 años de información).

A.10. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.32 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.32 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	116.46	Número de datos	N	78
Desv. Estándar (x)	s_x	70.99	1.28255 / s_x	a	0.0181
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.1885	x_m - 0.57721 / a	x_f	84.51
Promedio (ln(x))	y_m	4.58	S_x * Abs(G_x) / 2	b	42.19
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.63	4 / G_x^2	α	2.83
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.3837	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-3.01

En la Tabla A.33, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.34.

Tabla A.33 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	380.5	1011.3	594.3	581.3	619.6
			0.01	**100.00**	281.6	420.5	339.1	340.2	351.8
1	1941	343.0	0.0127	79.00	275.2	397.3	326.0	327.5	337.7
2	1987	319.0	0.0253	39.50	255.2	332.6	287.3	289.6	296.0
3	1993	304.0	0.0380	26.33	242.4	297.0	264.5	267.0	271.3
4	1982	270.0	0.0506	19.75	232.8	272.6	248.2	250.7	253.6
5	1972	261.0	0.0633	15.80	224.9	254.2	235.5	237.9	239.8
6	1963	232.0	0.0759	13.17	218.2	239.4	225.0	227.3	228.4
7	1978	225.0	0.0886	11.29	212.3	227.2	216.1	218.3	218.7
8	1953	221.0	0.1013	9.88	206.9	216.7	208.3	210.3	210.3
9	2005	210.0	0.1139	8.78	202.1	207.5	201.4	203.3	202.8
10	1986	200.0	0.1266	7.90	197.6	199.4	195.2	196.9	196.1
11	1997	191.0	0.1392	7.18	193.4	192.2	189.5	191.0	190.0
12	1983	180.0	0.1519	6.58	189.5	185.6	184.3	185.6	184.3
13	1984	176.0	0.1646	6.08	185.7	179.5	179.5	180.6	179.1
14	2002	173.0	0.1772	5.64	182.2	174.0	175.0	176.0	174.3
15	1940	169.0	0.1899	5.27	178.8	168.8	170.7	171.6	169.7
16	2000	169.0	0.2025	4.94	175.6	164.0	166.8	167.4	165.4
17	1977	167.0	0.2152	4.65	172.4	159.5	163.0	163.5	161.4
18	1948	164.0	0.2278	4.39	169.4	155.3	159.4	159.7	157.6
19	2001	164.0	0.2405	4.16	166.5	151.3	155.9	156.2	153.9
20	1965	157.0	0.2532	3.95	163.6	147.5	152.7	152.7	150.4
21	1961	155.0	0.2658	3.76	160.9	144.0	149.5	149.5	147.1
22	1980	152.0	0.2785	3.59	158.2	140.5	146.5	146.3	143.9

Tabla A.33 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	2008	149.0	0.2911	3.43	155.5	137.3	143.6	143.2	140.8
24	1960	141.0	0.3038	3.29	152.9	134.2	140.7	140.3	137.8
25	2006	138.0	0.3165	3.16	150.4	131.2	138.0	137.4	135.0
26	1937	136.0	0.3291	3.04	147.9	128.3	135.3	134.7	132.2
27	1944	134.0	0.3418	2.93	145.4	125.5	132.8	132.0	129.5
28	1992	127.0	0.3544	2.82	143.0	122.8	130.3	129.4	126.9
29	1991	126.0	0.3671	2.72	140.6	120.2	127.8	126.8	124.4
30	1942	125.0	0.3797	2.63	138.2	117.7	125.4	124.3	121.9
31	1989	119.0	0.3924	2.55	135.8	115.3	123.1	121.9	119.5
32	1936	116.0	0.4051	2.47	133.5	112.9	120.8	119.5	117.1
33	1952	111.0	0.4177	2.39	131.2	110.6	118.5	117.2	114.8
34	1947	109.0	0.4304	2.32	128.9	108.4	116.3	114.9	112.6
35	1962	103.0	0.4430	2.26	126.6	106.2	114.2	112.6	110.4
36	1966	95.1	0.4557	2.19	124.4	104.1	112.0	110.4	108.3
37	1950	93.9	0.4684	2.14	122.1	102.0	109.9	108.2	106.2
38	1974	93.7	0.4810	2.08	119.8	100.0	107.9	106.1	104.1
39	1985	93.1	0.4937	2.03	117.6	98.0	105.8	104.0	102.0
40	2009	91.9	0.5063	1.98	115.3	96.1	103.8	101.9	100.0
41	2007	90.8	0.5190	1.93	113.1	94.2	101.8	99.9	98.1
42	1969	88.3	0.5316	1.88	110.8	92.3	99.8	97.8	96.1
43	1955	86.7	0.5443	1.84	108.6	90.5	97.8	95.8	94.2
44	1975	86.6	0.5570	1.80	106.3	88.7	95.9	93.8	92.3
45	1939	85.4	0.5696	1.76	104.0	86.9	94.0	91.9	90.4
46	1973	82.4	0.5823	1.72	101.7	85.2	92.0	89.9	88.6
47	1971	81.6	0.5949	1.68	99.4	83.4	90.1	88.0	86.7
48	1979	80.4	0.6076	1.65	97.1	81.7	88.2	86.0	84.9
49	1954	79.3	0.6203	1.61	94.7	80.0	86.3	84.1	83.1
50	2003	78.3	0.6329	1.58	92.4	78.4	84.4	82.2	81.3
51	1999	78.2	0.6456	1.55	90.0	76.7	82.5	80.3	79.6
52	1994	76.4	0.6582	1.52	87.5	75.1	80.6	78.4	77.8
53	1959	75.6	0.6709	1.49	85.1	73.5	78.7	76.5	76.0
54	1951	75.5	0.6835	1.46	82.5	71.8	76.7	74.6	74.3
55	1957	73.8	0.6962	1.44	80.0	70.2	74.8	72.7	72.5
56	1945	72.8	0.7089	1.41	77.4	68.6	72.9	70.8	70.8
57	1949	72.7	0.7215	1.39	74.8	67.0	70.9	68.9	69.0
58	1970	69.6	0.7342	1.36	72.1	65.4	68.9	67.0	67.3
59	2012	68.8	0.7468	1.34	69.3	63.9	66.9	65.1	65.5
60	1958	67.2	0.7595	1.32	66.4	62.3	64.9	63.2	63.7
61	1976	65.3	0.7722	1.30	63.5	60.7	62.8	61.2	62.0
62	2004	62.8	0.7848	1.27	60.5	59.1	60.7	59.2	60.2
63	1943	61.3	0.7975	1.25	57.3	57.4	58.6	57.2	58.4
64	1956	53.6	0.8101	1.23	54.1	55.8	56.4	55.2	56.5
65	1946	53.5	0.8228	1.22	50.7	54.2	54.2	53.1	54.7
66	1995	53.5	0.8354	1.20	47.2	52.5	51.8	51.0	52.8
67	1990	52.6	0.8481	1.18	43.5	50.8	49.4	48.8	50.9
68	1981	49.0	0.8608	1.16	39.5	49.0	46.9	46.6	48.9
69	1988	48.5	0.8734	1.14	35.3	47.2	44.3	44.3	46.9
70	2011	47.8	0.8861	1.13	30.8	45.4	41.6	41.9	44.8
71	1967	45.3	0.8987	1.11	26.0	43.5	38.6	39.5	42.6
72	1938	45.1	0.9114	1.10	20.7	41.5	35.5	36.8	40.3
73	1998	38.3	0.9241	1.08	14.7	39.3	32.1	34.1	37.9
74	1964	34.5	0.9367	1.07	8.0	37.1	28.3	31.1	35.3

Tabla A.33 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
75	2010	31.5	0.9494	1.05	0.1	34.6	24.0	27.8	32.4
76	1968	30.4	0.9620	1.04	-9.5	31.7	18.9	24.0	29.2
77	1996	24.0	0.9747	1.03	-22.3	28.3	12.4	19.6	25.4
78	2013	12.6	0.9873	1.01	-42.3	23.7	2.9	13.6	20.2
			0.9999	**1.00**	-147.6	9.3	-38.4	-1.7	5.4

Tabla A.34 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	46.7698	RECHAZA	0.1658	RECHAZA
LOG-NORMAL	**8.6950**	S/A	**0.0898**	S/A
GUMBEL	14.9169	RECHAZA	0.1097	S/A
PEARSON	12.7097	RECHAZA	0.0994	S/A
LOG-PEARSON	11.1098	RECHAZA	0.0999	S/A

Los valores de la Tabla A.33 se muestran gráficamente en la Figura A.9.

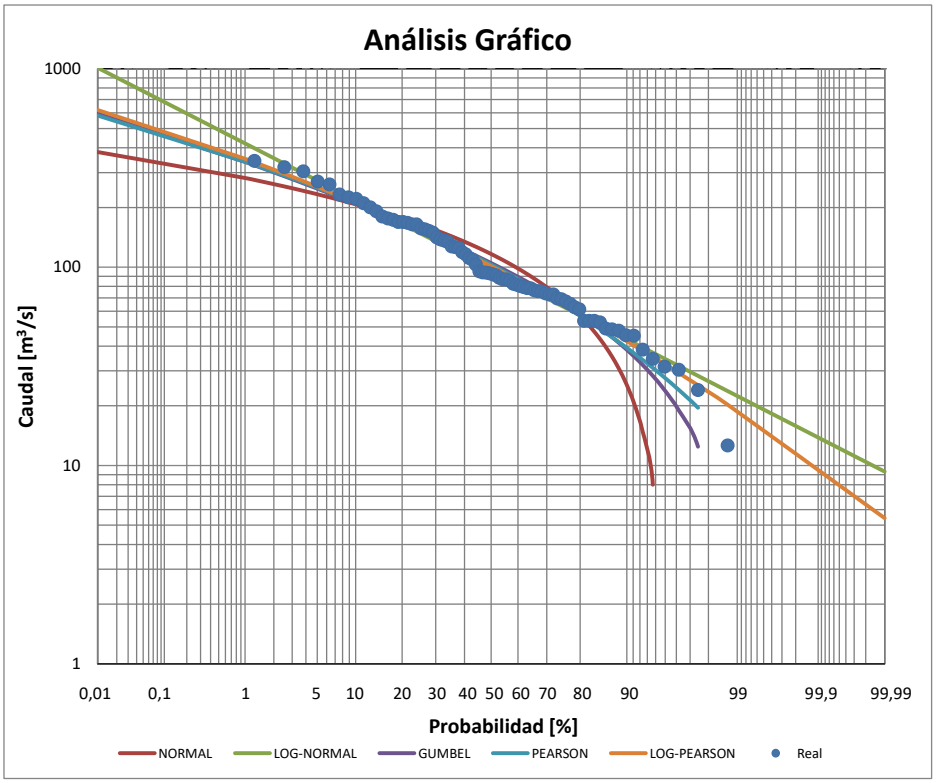


Figura A.9 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.35 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.35 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	351.8 m^3/s

A.11. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.36 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.36 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	32.48	Número de datos	N	44
Desv. Estándar (x)	s_x	18.87	1.28255 / s_x	a	0.0680
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.7469	x_m - 0.57721 / a	x_f	23.99
Promedio (ln(x))	y_m	3.24	S_x * Abs(G_x) / 2	b	7.05
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.84	4 / G_x^2	α	7.17
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.7995	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-18.05

En la Tabla A.37 se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.38.

Tabla A.37 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	102.7	583.3	159.5	135.2	65.6
			0.01	**100.00**	76.4	181.0	91.7	86.5	64.5
			0.02	**50.00**	71.2	143.9	81.4	78.3	63.6
1	1972	81.80	0.0222	45.00	70.4	138.7	79.8	77.1	63.4
2	1978	80.20	0.0444	22.50	64.6	107.0	69.5	68.5	61.3
3	1982	68.10	0.0667	15.00	60.8	90.4	63.3	63.2	59.4
4	1980	64.40	0.0889	11.25	57.9	79.5	58.9	59.3	57.7
5	1977	56.40	0.1111	9.00	55.5	71.4	55.5	56.1	56.0
6	1987	54.60	0.1333	7.50	53.4	65.1	52.6	53.5	54.4
7	1986	52.30	0.1556	6.43	51.6	60.0	50.1	51.2	52.9
8	1973	49.50	0.1778	5.63	49.9	55.7	48.0	49.1	51.4
9	2005	44.60	0.2000	5.00	48.4	52.0	46.1	47.3	49.9
10	1997	40.40	0.2222	4.50	46.9	48.7	44.3	45.5	48.5
11	1985	39.70	0.2444	4.09	45.5	45.8	42.7	44.0	47.1
12	1983	39.40	0.2667	3.75	44.2	43.2	41.2	42.5	45.7
13	1975	39.10	0.2889	3.46	43.0	40.9	39.8	41.1	44.4
14	2000	39.00	0.3111	3.21	41.8	38.8	38.5	39.8	43.0
15	1991	36.00	0.3333	3.00	40.6	36.8	37.3	38.5	41.7
16	1984	35.20	0.3556	2.81	39.5	35.0	36.1	37.3	40.4
17	2001	34.80	0.3778	2.65	38.4	33.3	35.0	36.1	39.1
18	2006	34.80	0.4000	2.50	37.3	31.7	33.9	35.0	37.9
19	2002	33.90	0.4222	2.37	36.2	30.2	32.8	33.8	36.6
20	1974	33.80	0.4444	2.25	35.1	28.8	31.8	32.8	35.3
21	1992	32.60	0.4667	2.14	34.1	27.5	30.8	31.7	34.1

Tabla A.37 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1971	32.30	0.4889	2.05	33.0	26.2	29.9	30.7	32.8
23	1976	32.00	0.5111	1.96	32.0	25.0	28.9	29.7	31.6
24	2008	31.90	0.5333	1.88	30.9	23.9	28.0	28.7	30.3
25	1979	29.40	0.5556	1.80	29.8	22.8	27.1	27.7	29.1
26	2007	29.10	0.5778	1.73	28.8	21.7	26.2	26.7	27.8
27	1993	27.00	0.6000	1.67	27.7	20.7	25.3	25.7	26.6
28	1989	26.30	0.6222	1.61	26.6	19.7	24.4	24.7	25.3
29	1981	24.60	0.6444	1.55	25.5	18.8	23.5	23.7	24.1
30	1994	24.20	0.6667	1.50	24.4	17.8	22.6	22.7	22.8
31	1970	23.00	0.6889	1.45	23.2	16.9	21.7	21.7	21.5
32	1990	21.60	0.7111	1.41	22.0	16.0	20.8	20.7	20.3
33	1988	20.80	0.7333	1.36	20.7	15.2	19.9	19.6	19.0
34	2003	16.60	0.7556	1.32	19.4	14.3	18.9	18.6	17.7
35	1995	15.60	0.7778	1.29	18.0	13.5	18.0	17.5	16.3
36	1999	15.20	0.8000	1.25	16.6	12.6	17.0	16.4	15.0
37	2004	14.60	0.8222	1.22	15.0	11.8	15.9	15.2	13.6
38	2009	14.60	0.8444	1.18	13.4	10.9	14.9	13.9	12.2
39	2012	12.10	0.8667	1.15	11.5	10.1	13.7	12.6	10.8
40	2011	9.03	0.8889	1.13	9.4	9.2	12.4	11.1	9.3
41	1998	8.15	0.9111	1.10	7.0	8.3	11.0	9.5	7.8
42	2010	6.95	0.9333	1.07	4.2	7.3	9.3	7.6	6.2
43	1996	2.40	0.9556	1.05	0.4	6.1	7.3	5.3	4.5
44	2013	1.08	0.9778	1.02	-5.4	4.7	4.3	2.0	2.6
			0.9999	**1.00**	-37.7	1.1	-8.7	-10.9	0.0

Tabla A.38 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Blanco en Río Blanco

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	5.8644	S/A	0.1030	S/A
LOG-NORMAL	9.7052	RECHAZA	0.1596	S/A
GUMBEL	3.4343	S/A	**0.0762**	S/A
PEARSON	**3.3542**	S/A	0.0921	S/A
LOG-PEARSON	25695.3094	RECHAZA	0.1359	S/A

Los valores de la Tabla A.37 se muestran gráficamente en la Figura A.10. Además, se incluye la curva “Tendencia Gráfico”, que muestra la tendencia a simple vista de los datos medidos, sin corresponder ésta necesariamente a uno de los ajustes de probabilidad señalados. Esta tendencia se obtiene mediante análisis gráfico (visual) en primera instancia para luego obtener la ecuación que le corresponde mediante una regresión polinómica de segundo orden (se muestra en la misma figura).

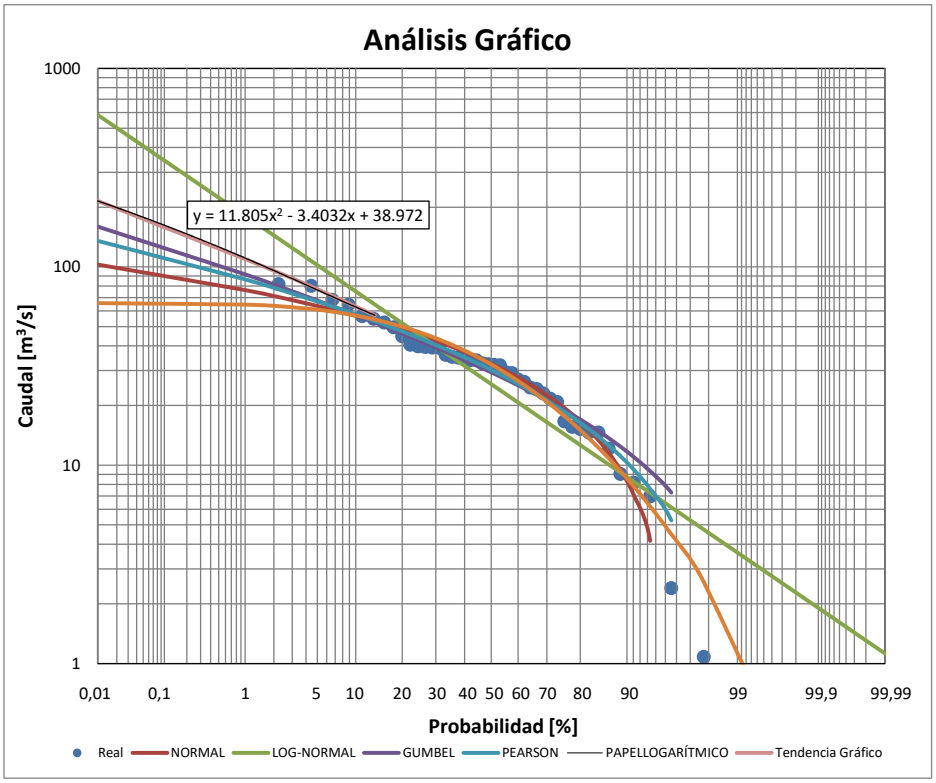


Figura A.10 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Blanco en Río Blanco

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que ninguno de los ajustes probabilísticos analizados representa bien los datos, por lo que se usa la curva "Tendencia Gráfico" para obtener los caudales necesarios. En la Tabla A.39 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.39 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Blanco en Río Blanco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	111.0 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	95.6 m^3/s

A.12. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.40 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.40 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	36.15	Número de datos	N	75
Desv. Estándar (x)	s_x	35.62	$1.28255 / s_x$	a	0.0360
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.2497	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	20.12
Promedio (ln(x))	y_m	3.16	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	40.06
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.99	$4 / G_x^2$	α	0.79
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.3727	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	4.49

En la Tabla A.41, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.42.

Tabla A.41 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	168.6	936.5	275.9	367.2	442.6
			0.01	**100.00**	119.0	235.7	147.9	169.1	179.6
1	1977	198.00	0.0132	76.00	115.3	212.5	140.2	158.1	166.4
2	1982	164.00	0.0263	38.00	105.2	160.4	120.8	131.0	134.8
3	1997	109.00	0.0395	25.33	98.7	134.1	109.3	115.5	117.2
4	1953	106.00	0.0526	19.00	93.8	117.1	101.1	104.6	105.3
5	1987	106.00	0.0658	15.20	89.9	104.8	94.8	96.3	96.2
6	1961	83.70	0.0789	12.67	86.5	95.3	89.5	89.5	89.0
7	1965	80.60	0.0921	10.86	83.5	87.7	85.0	83.8	83.1
8	1972	78.50	0.1053	9.50	80.8	81.3	81.1	79.0	78.0
9	1963	75.90	0.1184	8.44	78.3	75.9	77.6	74.7	73.6
10	1944	72.40	0.1316	7.60	76.0	71.3	74.5	70.9	69.7
11	1941	66.00	0.1447	6.91	73.9	67.2	71.7	67.5	66.3
12	1978	65.40	0.1579	6.33	71.9	63.6	69.0	64.4	63.1
13	1984	65.20	0.1711	5.85	70.0	60.3	66.6	61.5	60.3
14	2005	61.30	0.1842	5.43	68.2	57.4	64.3	58.9	57.7
15	1942	60.60	0.1974	5.07	66.5	54.7	62.2	56.5	55.3
16	2008	56.90	0.2105	4.75	64.8	52.2	60.2	54.2	53.1
17	2002	54.60	0.2237	4.47	63.2	49.9	58.3	52.1	51.0
18	1948	50.60	0.2368	4.22	61.7	47.8	56.5	50.1	49.1
19	2000	47.70	0.2500	4.00	60.2	45.9	54.7	48.2	47.2
20	1955	44.90	0.2632	3.80	58.7	44.1	53.1	46.5	45.5
21	2006	43.30	0.2763	3.62	57.3	42.4	51.5	44.8	43.9
22	1986	40.20	0.2895	3.45	55.9	40.8	49.9	43.2	42.4

Tabla A.41 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1980	39.50	0.3026	3.30	54.6	39.3	48.5	41.7	40.9
24	1952	37.40	0.3158	3.17	53.2	37.8	47.0	40.2	39.5
25	1992	35.80	0.3289	3.04	51.9	36.5	45.6	38.8	38.2
26	1983	34.40	0.3421	2.92	50.6	35.2	44.3	37.5	36.9
27	1993	34.30	0.3553	2.81	49.4	34.0	43.0	36.2	35.7
28	1956	32.90	0.3684	2.71	48.1	32.8	41.7	35.0	34.6
29	1991	32.70	0.3816	2.62	46.9	31.7	40.5	33.8	33.5
30	2001	31.30	0.3947	2.53	45.7	30.7	39.3	32.6	32.4
31	1960	30.70	0.4079	2.45	44.5	29.6	38.1	31.5	31.4
32	1957	29.60	0.4211	2.38	43.2	28.7	36.9	30.5	30.4
33	1958	29.40	0.4342	2.30	42.1	27.7	35.8	29.4	29.4
34	1976	27.80	0.4474	2.24	40.9	26.8	34.6	28.4	28.5
35	1959	27.40	0.4605	2.17	39.7	26.0	33.5	27.5	27.6
36	1973	25.50	0.4737	2.11	38.5	25.1	32.4	26.6	26.7
37	1947	25.40	0.4868	2.05	37.3	24.3	31.4	25.6	25.8
38	1954	25.30	0.5000	2.00	36.2	23.5	30.3	24.8	25.0
39	1962	25.30	0.5132	1.95	35.0	22.8	29.3	23.9	24.2
40	1974	25.30	0.5263	1.90	33.8	22.0	28.2	23.1	23.4
41	1989	25.30	0.5395	1.85	32.6	21.3	27.2	22.3	22.7
42	1966	23.50	0.5526	1.81	31.4	20.6	26.2	21.5	21.9
43	1950	23.00	0.5658	1.77	30.3	20.0	25.2	20.7	21.2
44	1951	23.00	0.5789	1.73	29.1	19.3	24.2	20.0	20.5
45	2003	21.30	0.5921	1.69	27.9	18.7	23.2	19.2	19.8
46	1943	20.70	0.6053	1.65	26.6	18.1	22.2	18.5	19.2
47	1940	19.00	0.6184	1.62	25.4	17.5	21.2	17.8	18.5
48	1970	18.60	0.6316	1.58	24.2	16.9	20.2	17.2	17.9
49	1985	17.00	0.6447	1.55	22.9	16.3	19.2	16.5	17.2
50	1999	16.60	0.6579	1.52	21.7	15.7	18.2	15.9	16.6
51	2009	16.10	0.6711	1.49	20.4	15.2	17.2	15.2	16.0
52	1949	13.70	0.6842	1.46	19.1	14.6	16.2	14.6	15.4
53	1994	13.00	0.6974	1.43	17.7	14.1	15.2	14.0	14.8
54	1964	12.90	0.7105	1.41	16.4	13.6	14.2	13.4	14.2
55	1979	12.90	0.7237	1.38	15.0	13.1	13.1	12.8	13.7
56	2011	12.60	0.7368	1.36	13.6	12.6	12.1	12.3	13.1
57	1946	12.20	0.7500	1.33	12.1	12.1	11.1	11.7	12.5
58	1975	11.90	0.7632	1.31	10.6	11.6	10.0	11.2	12.0
59	1969	11.10	0.7763	1.29	9.1	11.1	8.9	10.7	11.4
60	1945	10.50	0.7895	1.27	7.5	10.6	7.8	10.2	10.9
61	1995	9.81	0.8026	1.25	5.8	10.1	6.7	9.7	10.4
62	2004	9.66	0.8158	1.23	4.1	9.7	5.5	9.2	9.8
63	2012	9.08	0.8289	1.21	2.3	9.2	4.3	8.7	9.3
64	1939	9.06	0.8421	1.19	0.4	8.7	3.1	8.2	8.8
65	1998	8.95	0.8553	1.17	-1.6	8.2	1.8	7.8	8.2
66	2007	7.36	0.8684	1.15	-3.7	7.8	0.5	7.4	7.7
67	1988	7.26	0.8816	1.13	-6.0	7.3	-0.9	6.9	7.2
68	1981	7.25	0.8947	1.12	-8.4	6.8	-2.4	6.5	6.6
69	2010	6.40	0.9079	1.10	-11.1	6.3	-4.0	6.2	6.1
70	1990	5.88	0.9211	1.09	-14.1	5.8	-5.8	5.8	5.5
71	1967	5.40	0.9342	1.07	-17.6	5.3	-7.7	5.5	4.9
72	1971	3.20	0.9474	1.06	-21.5	4.7	-9.9	5.2	4.3
73	1968	2.73	0.9605	1.04	-26.4	4.1	-12.5	4.9	3.7
74	2013	2.12	0.9737	1.03	-32.9	3.5	-15.7	4.7	2.9

Tabla A.41 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
75	1996	1.64	0.9868	1.01	-43.0	2.6	-20.6	4.7	2.1
			0.9999	**1.00**	-96.3	0.6	-41.5	-0.2	0.3

Tabla A.42 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	294.7561	RECHAZA	0.3098	RECHAZA
LOG-NORMAL	**2.5785**	S/A	0.0151	S/A
GUMBEL	20.4480	RECHAZA	0.2287	RECHAZA
PEARSON	3.4528	S/A	**0.0146**	S/A
LOG-PEARSON	3.3316	S/A	0.0231	S/A

Los valores de la Tabla A.41 se muestran gráficamente en la Figura A.11.

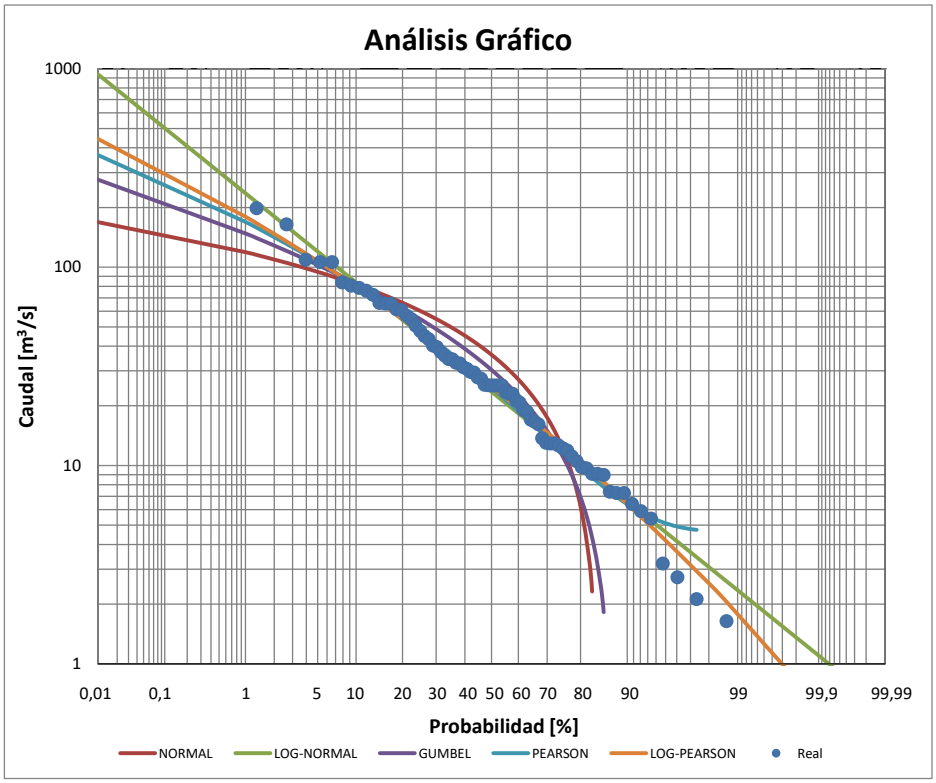


Figura A.11 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Normal. En la Tabla A.43 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.43 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	235.7 m^3/s

A.13. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.44 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.44 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	83.44	Número de datos	N	74
Desv. Estándar (x)	s_x	26.19	$1.28255 / s_x$	a	0.0490
Coef. Asimetría (x)	G_x	-0.0236	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	71.65
Promedio (ln(x))	y_m	4.37	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	0.31
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.37	$4 / G_x^2$	α	7166.12
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.4211	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	2300.31

En la Tabla A.45 se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.46.

Tabla A.45 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	180.8	313.9	259.7	179.5	132.8
			0.01	**100.00**	144.4	187.0	165.6	143.9	128.6
1	1963	140.0	0.0133	75.00	141.5	179.5	159.7	141.1	127.8
2	1982	135.0	0.0267	37.50	134.0	161.5	145.4	133.8	125.0
3	2005	131.0	0.0400	25.00	129.3	150.9	137.0	129.1	122.9
4	1978	127.0	0.0533	18.75	125.7	143.4	130.9	125.5	121.0
5	2001	124.0	0.0667	15.00	122.8	137.5	126.2	122.6	119.3
6	1972	121.0	0.0800	12.50	120.2	132.7	122.4	120.1	117.8
7	1987	120.0	0.0933	10.71	118.0	128.6	119.1	117.9	116.4
8	1997	120.0	0.1067	9.38	116.0	125.0	116.2	116.0	115.1
9	2002	119.0	0.1200	8.33	114.2	121.8	113.7	114.2	113.8
10	1993	117.0	0.1333	7.50	112.5	118.9	111.4	112.5	112.6
11	1986	116.0	0.1467	6.82	111.0	116.3	109.3	110.9	111.4
12	1960	111.0	0.1600	6.25	109.5	113.9	107.3	109.5	110.2
13	1941	109.0	0.1733	5.77	108.1	111.7	105.5	108.1	109.1
14	1959	108.0	0.1867	5.36	106.8	109.6	103.9	106.8	108.0
15	1951	107.0	0.2000	5.00	105.5	107.6	102.3	105.5	107.0
16	1940	104.0	0.2133	4.69	104.3	105.7	100.8	104.3	105.9
17	1980	104.0	0.2267	4.41	103.1	104.0	99.4	103.1	104.9
18	1983	104.0	0.2400	4.17	101.9	102.3	98.1	102.0	103.9
19	2000	104.0	0.2533	3.95	100.8	100.7	96.8	100.9	102.9
20	2006	102.0	0.2667	3.75	99.8	99.2	95.6	99.8	101.9
21	1961	99.3	0.2800	3.57	98.7	97.7	94.4	98.8	101.0
22	1944	98.7	0.2933	3.41	97.7	96.3	93.3	97.8	100.0

Tabla A.45 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1977	97.8	0.3067	3.26	96.7	94.9	92.2	96.8	99.0
24	1991	97.7	0.3200	3.13	95.7	93.6	91.1	95.8	98.1
25	1942	96.5	0.3333	3.00	94.7	92.3	90.1	94.8	97.1
26	1974	95.2	0.3467	2.88	93.8	91.1	89.1	93.9	96.2
27	1989	92.3	0.3600	2.78	92.8	89.9	88.1	92.9	95.3
28	2008	90.5	0.3733	2.68	91.9	88.7	87.2	92.0	94.3
29	1957	90.2	0.3867	2.59	91.0	87.6	86.3	91.1	93.4
30	1992	89.8	0.4000	2.50	90.1	86.4	85.4	90.2	92.5
31	1948	88.9	0.4133	2.42	89.2	85.3	84.5	89.3	91.6
32	1984	88.8	0.4267	2.34	88.3	84.3	83.6	88.4	90.6
33	1994	88.3	0.4400	2.27	87.4	83.2	82.8	87.5	89.7
34	1969	87.3	0.4533	2.21	86.5	82.2	82.0	86.6	88.8
35	1958	84.4	0.4667	2.14	85.6	81.2	81.1	85.7	87.8
36	2009	82.9	0.4800	2.08	84.8	80.1	80.3	84.9	86.9
37	1965	81.3	0.4933	2.03	83.9	79.2	79.5	84.0	86.0
38	1973	80.0	0.5067	1.97	83.0	78.2	78.7	83.1	85.0
39	2011	79.4	0.5200	1.92	82.1	77.2	78.0	82.2	84.1
40	1943	78.2	0.5333	1.88	81.2	76.3	77.2	81.4	83.1
41	1971	78.2	0.5467	1.83	80.4	75.3	76.4	80.5	82.1
42	1988	78.1	0.5600	1.79	79.5	74.4	75.7	79.6	81.2
43	1979	77.3	0.5733	1.74	78.6	73.4	74.9	78.7	80.2
44	1966	77.2	0.5867	1.70	77.7	72.5	74.2	77.8	79.2
45	1995	77.0	0.6000	1.67	76.8	71.6	73.4	76.9	78.2
46	1947	75.9	0.6133	1.63	75.9	70.7	72.7	76.0	77.2
47	1985	74.6	0.6267	1.60	75.0	69.8	72.0	75.1	76.1
48	1955	73.0	0.6400	1.56	74.1	68.8	71.2	74.1	75.1
49	1981	72.1	0.6533	1.53	73.1	67.9	70.5	73.2	74.0
50	1962	69.8	0.6667	1.50	72.2	67.0	69.7	72.2	72.9
51	2003	69.1	0.6800	1.47	71.2	66.1	69.0	71.3	71.8
52	1952	68.6	0.6933	1.44	70.2	65.2	68.2	70.3	70.7
53	1998	68.2	0.7067	1.42	69.2	64.3	67.5	69.3	69.6
54	2012	66.9	0.7200	1.39	68.2	63.3	66.7	68.2	68.4
55	1950	65.6	0.7333	1.36	67.1	62.4	66.0	67.2	67.2
56	1990	64.8	0.7467	1.34	66.1	61.4	65.2	66.1	66.0
57	1975	63.6	0.7600	1.32	64.9	60.5	64.4	65.0	64.7
58	1999	62.8	0.7733	1.29	63.8	59.5	63.6	63.8	63.4
59	1946	61.9	0.7867	1.27	62.6	58.5	62.8	62.7	62.1
60	1954	61.4	0.8000	1.25	61.4	57.5	61.9	61.4	60.7
61	2004	60.1	0.8133	1.23	60.1	56.5	61.1	60.1	59.3
62	1949	59.4	0.8267	1.21	58.8	55.4	60.2	58.8	57.8
63	2007	56.8	0.8400	1.19	57.4	54.3	59.3	57.4	56.2
64	1976	55.2	0.8533	1.17	55.9	53.2	58.3	55.9	54.6
65	1964	53.5	0.8667	1.15	54.4	52.0	57.4	54.3	52.9
66	1970	52.8	0.8800	1.14	52.7	50.8	56.3	52.6	51.0
67	1996	51.4	0.8933	1.12	50.9	49.5	55.2	50.8	49.1
68	1968	48.1	0.9067	1.10	48.9	48.1	54.0	48.8	47.0
69	1945	46.4	0.9200	1.09	46.6	46.6	52.7	46.5	44.7
70	1967	45.2	0.9333	1.07	44.1	45.0	51.3	44.0	42.1
71	2010	44.3	0.9467	1.06	41.2	43.2	49.7	41.0	39.2
72	1956	42.0	0.9600	1.04	37.6	41.0	47.8	37.4	35.7
73	1953	27.0	0.9733	1.03	32.8	38.3	45.4	32.6	31.4
74	2013	15.8	0.9867	1.01	25.4	34.5	41.8	25.0	25.3
			0.9999	**1.00**	-14.0	19.7	26.3	-15.3	5.5

Tabla A.46 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	0.8696	S/A	**0.0161**	S/A
LOG-NORMAL	8.9286	S/A	0.0495	S/A
GUMBEL	74.5361	RECHAZA	0.0556	S/A
PEARSON	**0.8600**	S/A	0.0163	S/A
LOG-PEARSON	2.9999	S/A	0.0358	S/A

Los valores de la Tabla A.45 se muestran gráficamente en la Figura A.12.

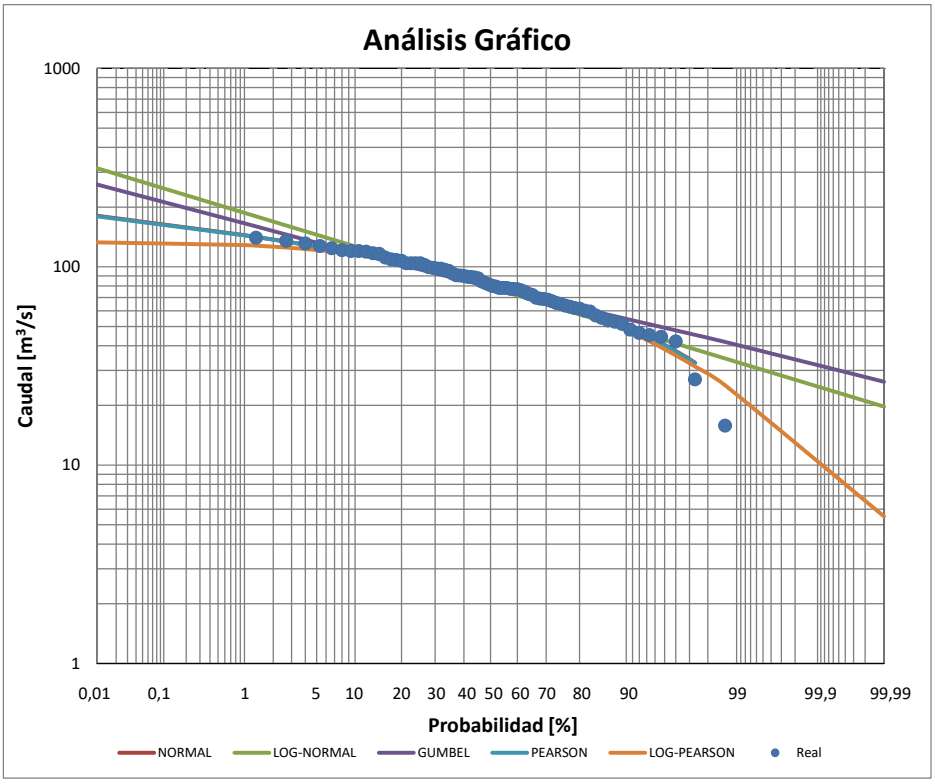


Figura A.12 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Pearson. En la Tabla A.47 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.47 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	143.9 m^3/s

A.14. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.48 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.48 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	321.60	Número de datos	N	68
Desv. Estándar (x)	s_x	190.34	1.28255 / s_x	a	0.0067
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.5948	x_m - 0.57721 / a	x_f	235.94
Promedio (ln(x))	y_m	5.62	S_x * Abs(G_x) / 2	b	151.78
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.56	4 / G_x^2	α	1.57
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.0041	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	82.90

En la Tabla A.49, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.50.

Tabla A.49 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1029.5	2226.8	1602.8	1766.9	2215.8
			0.01	**100.00**	764.4	1018.3	918.6	968.0	1016.5
1	1991	1135.0	0.0145	69.00	737.2	939.8	863.2	904.5	938.5
2	1982	775.0	0.0290	34.50	682.5	799.5	759.3	785.9	798.7
3	1993	722.0	0.0435	23.00	647.4	720.9	698.0	716.3	720.4
4	2005	639.0	0.0580	17.25	620.8	666.5	654.2	666.7	666.1
5	1972	633.0	0.0725	13.80	599.1	625.0	619.9	628.1	624.7
6	1987	595.0	0.0870	11.50	580.4	591.6	591.7	596.4	591.4
7	1978	557.0	0.1014	9.86	564.0	563.5	567.7	569.5	563.4
8	2001	525.0	0.1159	8.63	549.2	539.4	546.7	546.1	539.3
9	1997	523.0	0.1304	7.67	535.6	518.3	528.0	525.3	518.2
10	1992	518.0	0.1449	6.90	523.1	499.4	511.1	506.7	499.4
11	1961	492.0	0.1594	6.27	511.3	482.4	495.7	489.7	482.4
12	1963	489.0	0.1739	5.75	500.3	467.0	481.6	474.2	467.0
13	1980	485.0	0.1884	5.31	489.8	452.7	468.4	459.8	452.8
14	2000	474.0	0.2029	4.93	479.8	439.6	456.1	446.4	439.6
15	1984	443.0	0.2174	4.60	470.3	427.4	444.6	433.9	427.4
16	1986	441.0	0.2319	4.31	461.1	415.9	433.7	422.1	416.0
17	1977	434.0	0.2464	4.06	452.2	405.1	423.3	411.0	405.2
18	2002	429.0	0.2609	3.83	443.5	394.9	413.5	400.5	395.0
19	2006	418.0	0.2754	3.63	435.2	385.3	404.1	390.4	385.4
20	2008	417.0	0.2899	3.45	427.0	376.1	395.0	380.9	376.2
21	1983	410.0	0.3043	3.29	419.0	367.4	386.4	371.8	367.5
22	1953	388.0	0.3188	3.14	411.2	359.0	378.0	363.0	359.1

Tabla A.49 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1947	371.0	0.3333	3.00	403.6	351.0	369.9	354.6	351.1
24	2009	365.0	0.3478	2.88	396.1	343.3	362.1	346.4	343.4
25	1989	350.0	0.3623	2.76	388.7	335.9	354.5	338.6	336.0
26	1994	338.0	0.3768	2.65	381.3	328.7	347.1	331.0	328.8
27	1979	314.0	0.3913	2.56	374.1	321.8	339.9	323.7	321.9
28	1965	313.0	0.4058	2.46	367.0	315.0	332.8	316.6	315.2
29	1946	308.0	0.4203	2.38	359.9	308.5	326.0	309.7	308.6
30	2012	305.0	0.4348	2.30	352.9	302.2	319.2	303.0	302.3
31	1960	302.0	0.4493	2.23	345.9	296.0	312.6	296.4	296.1
32	1948	293.0	0.4638	2.16	338.9	290.0	306.1	290.0	290.1
33	1959	287.0	0.4783	2.09	332.0	284.1	299.7	283.8	284.2
34	1995	262.0	0.4928	2.03	325.1	278.4	293.4	277.7	278.5
35	1974	252.0	0.5072	1.97	318.1	272.8	287.2	271.7	272.9
36	1985	252.0	0.5217	1.92	311.2	267.2	281.1	265.8	267.3
37	1966	242.0	0.5362	1.86	304.3	261.8	275.0	260.1	261.9
38	1969	240.0	0.5507	1.82	297.3	256.5	269.0	254.5	256.6
39	1962	229.0	0.5652	1.77	290.3	251.3	263.1	248.9	251.4
40	1971	226.0	0.5797	1.73	283.3	246.1	257.2	243.5	246.2
41	1973	225.0	0.5942	1.68	276.2	241.0	251.3	238.1	241.1
42	1975	220.0	0.6087	1.64	269.1	236.0	245.4	232.8	236.1
43	1950	214.0	0.6232	1.60	261.9	231.0	239.5	227.6	231.1
44	1958	211.0	0.6377	1.57	254.6	226.1	233.7	222.4	226.1
45	2003	202.0	0.6522	1.53	247.1	221.2	227.8	217.3	221.3
46	1988	196.0	0.6667	1.50	239.6	216.3	222.0	212.2	216.4
47	1999	195.0	0.6812	1.47	232.0	211.5	216.1	207.2	211.6
48	1957	189.0	0.6957	1.44	224.2	206.7	210.2	202.2	206.7
49	1990	189.0	0.7101	1.41	216.2	201.9	204.2	197.3	201.9
50	1952	183.0	0.7246	1.38	208.0	197.1	198.2	192.4	197.1
51	1954	183.0	0.7391	1.35	199.7	192.3	192.1	187.5	192.3
52	1981	177.0	0.7536	1.33	191.0	187.4	185.9	182.6	187.5
53	2004	177.0	0.7681	1.30	182.1	182.6	179.6	177.7	182.6
54	1951	176.0	0.7826	1.28	172.9	177.7	173.2	172.8	177.7
55	1976	169.0	0.7971	1.25	163.4	172.7	166.6	167.9	172.7
56	1955	165.0	0.8116	1.23	153.4	167.7	159.9	163.0	167.7
57	1949	164.0	0.8261	1.21	142.9	162.6	153.0	158.1	162.6
58	2007	158.0	0.8406	1.19	131.9	157.4	145.8	153.1	157.4
59	1956	157.0	0.8551	1.17	120.1	152.0	138.2	148.0	152.0
60	1998	155.0	0.8696	1.15	107.6	146.5	130.4	142.9	146.5
61	1970	150.0	0.8841	1.13	94.0	140.8	122.0	137.7	140.7
62	1964	149.0	0.8986	1.11	79.2	134.7	113.1	132.3	134.7
63	1967	146.0	0.9130	1.10	62.8	128.4	103.4	126.8	128.3
64	2010	138.0	0.9275	1.08	44.1	121.5	92.7	121.1	121.4
65	2011	138.0	0.9420	1.06	22.4	113.9	80.6	115.0	113.9
66	1996	102.0	0.9565	1.05	-4.2	105.3	66.3	108.6	105.2
67	1968	91.8	0.9710	1.03	-39.3	95.0	48.3	101.4	94.9
68	2013	58.1	0.9855	1.01	-94.0	80.8	21.8	93.2	80.7
			0.9999	**1.00**	-386.3	34.1	-93.6	83.0	33.9

Tabla A.50 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Maipo en El Manzano

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	95.0221	RECHAZA	0.1428	S/A
LOG-NORMAL	4.4115	S/A	0.0494	S/A
GUMBEL	6.2132	S/A	0.0828	S/A
PEARSON	**3.7662**	S/A	**0.0331**	S/A
LOG-PEARSON	4.4196	S/A	0.0495	S/A

Los valores de la Tabla A.49 se muestran gráficamente en la Figura A.13.

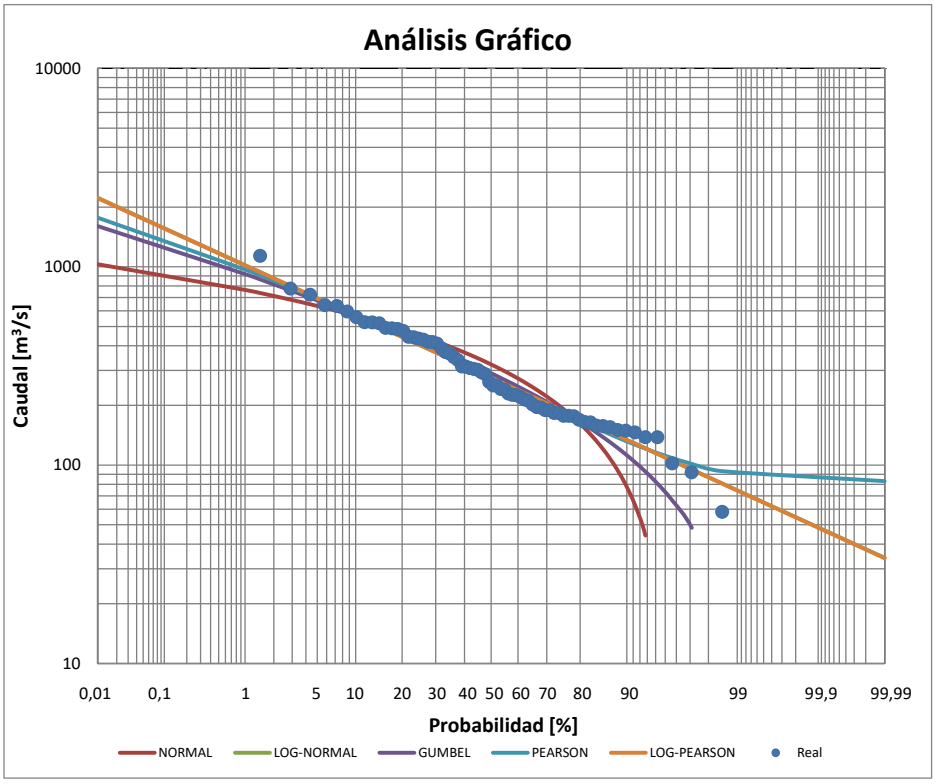


Figura A.13 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Maipo en El Manzano

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

A.15. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.51 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.51 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	38.57	Número de datos	N	65
Desv. Estándar (x)	s_x	47.24	$1.28255 / s_x$	a	0.0271
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.1271	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	17.31
Promedio (ln(x))	y_m	3.01	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	50.24
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	1.18	$4 / G_x^2$	α	0.88
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.0518	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-5.85

En la Tabla A.52, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.53.

Tabla A.52 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	214.3	1666.4	356.6	462.7	1462.6
			0.01	**100.00**	148.5	320.0	186.8	212.2	305.9
1	1986	232.00	0.0152	66.00	140.9	264.7	171.4	191.1	254.9
2	2005	165.00	0.0303	33.00	127.2	187.8	145.5	156.4	183.0
3	1993	158.00	0.0455	22.00	118.4	150.7	130.3	136.5	147.8
4	2009	147.00	0.0606	16.50	111.8	127.5	119.4	122.5	125.7
5	1982	137.00	0.0758	13.20	106.3	111.2	110.9	111.8	110.0
6	1987	137.00	0.0909	11.00	101.6	98.9	103.9	103.0	98.1
7	1972	93.30	0.1061	9.43	97.5	89.2	97.9	95.7	88.7
8	2006	93.30	0.1212	8.25	93.8	81.2	92.7	89.4	80.9
9	1978	85.90	0.1364	7.33	90.4	74.6	88.0	83.9	74.4
10	1991	84.10	0.1515	6.60	87.2	68.9	83.8	78.9	68.8
11	2008	82.00	0.1667	6.00	84.3	64.0	80.0	74.4	64.0
12	1977	72.50	0.1818	5.50	81.5	59.7	76.5	70.4	59.8
13	1980	57.90	0.1970	5.08	78.8	55.8	73.2	66.7	56.0
14	2001	53.30	0.2121	4.71	76.3	52.4	70.1	63.2	52.6
15	2000	46.40	0.2273	4.40	73.9	49.3	67.2	60.0	49.5
16	1997	44.80	0.2424	4.13	71.6	46.5	64.5	57.1	46.8
17	1989	42.80	0.2576	3.88	69.3	44.0	61.9	54.3	44.2
18	2002	42.50	0.2727	3.67	67.1	41.6	59.5	51.6	41.9
19	1963	42.40	0.2879	3.47	65.0	39.5	57.1	49.2	39.7
20	1965	37.10	0.3030	3.30	62.9	37.5	54.8	46.8	37.7
21	1953	33.80	0.3182	3.14	60.9	35.6	52.7	44.6	35.9
22	1984	31.90	0.3333	3.00	58.9	33.9	50.6	42.4	34.2

Tabla A.52 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1979	31.10	0.3485	2.87	57.0	32.3	48.5	40.4	32.5
24	1949	29.70	0.3636	2.75	55.0	30.7	46.6	38.5	31.0
25	1958	28.70	0.3788	2.64	53.2	29.3	44.6	36.6	29.6
26	1960	26.70	0.3939	2.54	51.3	28.0	42.8	34.8	28.2
27	2004	26.70	0.4091	2.44	49.4	26.7	41.0	33.1	27.0
28	1961	24.80	0.4242	2.36	47.6	25.5	39.2	31.5	25.8
29	1999	24.50	0.4394	2.28	45.8	24.4	37.5	29.9	24.6
30	1948	23.90	0.4545	2.20	44.0	23.3	35.7	28.3	23.5
31	1983	23.90	0.4697	2.13	42.2	22.3	34.1	26.8	22.5
32	1962	23.40	0.4848	2.06	40.4	21.3	32.4	25.4	21.5
33	1951	20.70	0.5000	2.00	38.6	20.3	30.8	24.0	20.5
34	1992	19.60	0.5152	1.94	36.8	19.4	29.2	22.7	19.6
35	1950	18.90	0.5303	1.89	35.0	18.6	27.6	21.4	18.8
36	1959	18.40	0.5455	1.83	33.2	17.8	26.1	20.1	17.9
37	1973	18.20	0.5606	1.78	31.4	17.0	24.5	18.8	17.1
38	1974	18.00	0.5758	1.74	29.5	16.2	23.0	17.6	16.4
39	1966	14.80	0.5909	1.69	27.7	15.5	21.4	16.5	15.6
40	1957	14.00	0.6061	1.65	25.9	14.8	19.9	15.3	14.9
41	1952	13.90	0.6212	1.61	24.0	14.1	18.4	14.2	14.2
42	1955	13.50	0.6364	1.57	22.1	13.5	16.9	13.1	13.6
43	1954	13.20	0.6515	1.53	20.2	12.8	15.4	12.1	12.9
44	2010	10.80	0.6667	1.50	18.2	12.2	13.8	11.0	12.3
45	1990	9.94	0.6818	1.47	16.2	11.6	12.3	10.0	11.7
46	1985	9.77	0.6970	1.43	14.2	11.0	10.8	9.0	11.1
47	1956	9.23	0.7121	1.40	12.1	10.5	9.2	8.0	10.6
48	1981	9.12	0.7273	1.38	10.0	9.9	7.7	7.1	10.0
49	1994	9.07	0.7424	1.35	7.8	9.4	6.1	6.2	9.5
50	2007	8.81	0.7576	1.32	5.6	8.9	4.5	5.3	8.9
51	1988	8.57	0.7727	1.29	3.2	8.4	2.8	4.4	8.4
52	2003	8.03	0.7879	1.27	0.8	7.9	1.2	3.5	7.9
53	1975	7.69	0.8030	1.25	-1.7	7.4	-0.6	2.6	7.4
54	1995	6.56	0.8182	1.22	-4.3	6.9	-2.3	1.8	6.9
55	2011	5.91	0.8333	1.20	-7.1	6.5	-4.2	1.0	6.5
56	2012	5.70	0.8485	1.18	-10.1	6.0	-6.1	0.2	6.0
57	1971	5.50	0.8636	1.16	-13.2	5.5	-8.1	-0.6	5.5
58	1998	5.04	0.8788	1.14	-16.7	5.1	-10.2	-1.4	5.1
59	1967	4.53	0.8939	1.12	-20.4	4.6	-12.5	-2.1	4.6
60	1964	4.50	0.9091	1.10	-24.5	4.2	-14.9	-2.8	4.1
61	1996	3.35	0.9242	1.08	-29.2	3.7	-17.6	-3.5	3.7
62	1969	2.75	0.9394	1.06	-34.6	3.2	-20.7	-4.2	3.2
63	2013	2.57	0.9545	1.05	-41.3	2.7	-24.3	-4.8	2.7
64	1968	1.66	0.9697	1.03	-50.1	2.2	-28.8	-5.3	2.1
65	1976	1.32	0.9848	1.02	-63.8	1.6	-35.5	-5.6	1.5
			0.9999	**1.00**	-137.1	0.2	-64.5	-9.6	0.2

Tabla A.53 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Mapocho en Los Almendros

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	141.4902	RECHAZA	0.4320	RECHAZA
LOG-NORMAL	**7.3206**	S/A	**0.0327**	S/A
GUMBEL	43.1414	RECHAZA	0.3660	RECHAZA
PEARSON	18.6221	RECHAZA	0.2556	RECHAZA
LOG-PEARSON	7.4481	S/A	0.0327	S/A

Los valores de la Tabla A.52 se muestran gráficamente en la Figura A.14.

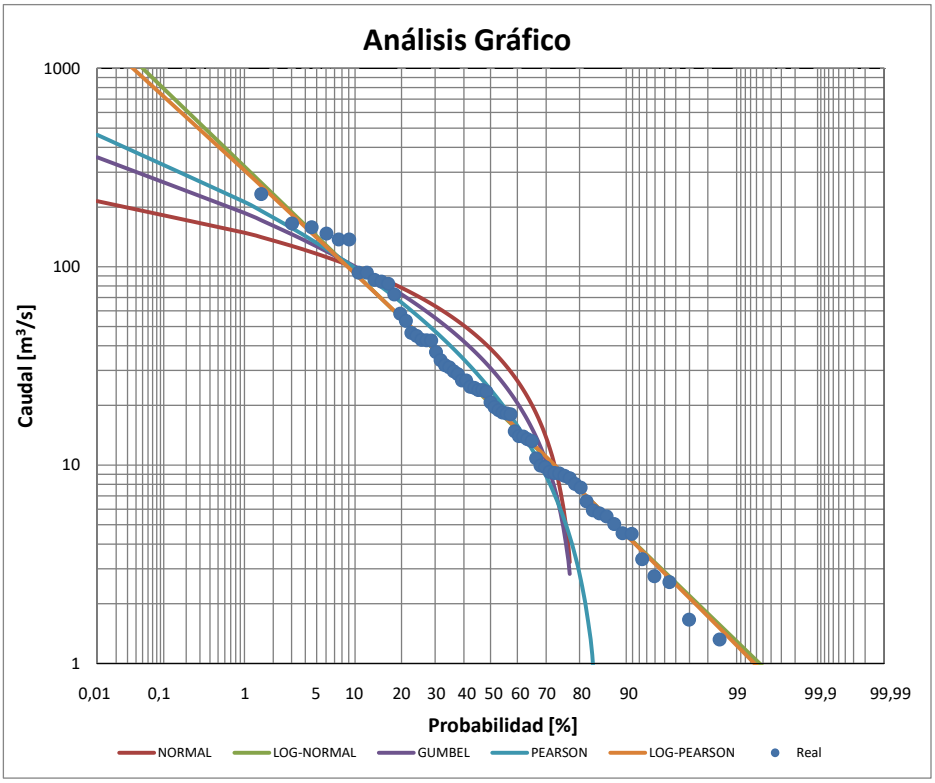


Figura A.14 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho en Los Almendros

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.54 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.54 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho en Los Almendros

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	305.9 m^3/s

A.16. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.55 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.55 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	164.91	Número de datos	N	55
Desv. Estándar (x)	s_x	194.01	1.28255 / s_x	a	0.0066
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.7263	x_m - 0.57721 / a	x_f	77.60
Promedio (ln(x))	y_m	4.67	S_x * Abs(G_x) / 2	b	264.46
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.89	4 / G_x^2	α	0.54
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.5652	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	22.58

En la Tabla A.56, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.57.

Tabla A.56 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	886.4	2923.2	1470.8	2204.9	9182.4
			0.01	**100.00**	616.3	845.1	773.5	927.1	1215.7
1	2002	1009.0	0.0179	56.00	572.4	690.9	685.2	785.0	909.6
2	1987	870.0	0.0357	28.00	514.7	530.0	578.9	622.0	630.9
3	1997	530.0	0.0536	18.67	477.5	446.8	516.2	530.5	503.0
4	1984	476.0	0.0714	14.00	449.2	392.4	471.2	467.4	425.3
5	1986	444.0	0.0893	11.20	425.9	352.5	436.0	419.6	371.6
6	2000	365.0	0.1071	9.33	405.8	321.5	407.0	381.4	331.5
7	2008	344.0	0.1250	8.00	388.1	296.4	382.2	349.6	300.2
8	2005	333.0	0.1429	7.00	372.0	275.3	360.4	322.6	274.7
9	1991	298.0	0.1607	6.22	357.3	257.3	341.1	299.1	253.6
10	2001	279.0	0.1786	5.60	343.6	241.5	323.6	278.4	235.6
11	2009	236.0	0.1964	5.09	330.7	227.7	307.5	260.0	220.0
12	2006	235.0	0.2143	4.67	318.5	215.3	292.7	243.4	206.4
13	2004	234.0	0.2321	4.31	306.9	204.1	279.0	228.3	194.3
14	1992	200.0	0.2500	4.00	295.8	193.9	266.1	214.5	183.5
15	1989	193.0	0.2679	3.73	285.1	184.6	253.9	201.9	173.8
16	1993	187.0	0.2857	3.50	274.7	176.1	242.4	190.2	165.0
17	1983	144.0	0.3036	3.29	264.7	168.1	231.4	179.3	156.9
18	1981	132.0	0.3214	3.11	254.9	160.7	220.9	169.2	149.5
19	1994	117.0	0.3393	2.95	245.3	153.8	210.8	159.8	142.7
20	1963	115.0	0.3571	2.80	235.9	147.3	201.2	151.0	136.3
21	1965	112.0	0.3750	2.67	226.7	141.2	191.8	142.7	130.4
22	2003	111.0	0.3929	2.55	217.7	135.5	182.8	134.9	124.9

Tabla A.56 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	2010	111.0	0.4107	2.43	208.7	130.0	174.0	127.5	119.7
24	1999	105.0	0.4286	2.33	199.8	124.8	165.4	120.5	114.8
25	1980	97.4	0.4464	2.24	191.0	119.9	157.1	114.0	110.2
26	1962	95.7	0.4643	2.15	182.3	115.2	148.9	107.7	105.9
27	1990	94.4	0.4821	2.07	173.6	110.7	140.9	101.8	101.8
28	2007	92.6	0.5000	2.00	164.9	106.3	133.0	96.2	97.8
29	1966	91.3	0.5179	1.93	156.2	102.2	125.3	90.9	94.1
30	1982	82.5	0.5357	1.87	147.5	98.2	117.7	85.8	90.5
31	1978	77.8	0.5536	1.81	138.8	94.3	110.1	81.0	87.1
32	1960	73.1	0.5714	1.75	130.0	90.6	102.7	76.4	83.8
33	1972	72.4	0.5893	1.70	121.1	87.0	95.2	72.0	80.6
34	2013	67.0	0.6071	1.65	112.2	83.5	87.9	67.9	77.6
35	2012	66.3	0.6250	1.60	103.1	80.0	80.5	64.0	74.6
36	1979	65.6	0.6429	1.56	93.9	76.7	73.2	60.2	71.8
37	1971	65.3	0.6607	1.51	84.5	73.5	65.8	56.6	69.0
38	1995	64.3	0.6786	1.47	74.9	70.3	58.4	53.3	66.4
39	1996	62.7	0.6964	1.44	65.2	67.2	51.0	50.1	63.7
40	1977	60.4	0.7143	1.40	55.1	64.2	43.5	47.1	61.2
41	1970	59.1	0.7321	1.37	44.8	61.2	35.9	44.2	58.7
42	1985	58.4	0.7500	1.33	34.1	58.3	28.2	41.5	56.3
43	1998	58.1	0.7679	1.30	22.9	55.4	20.3	39.0	53.9
44	1961	57.0	0.7857	1.27	11.3	52.5	12.2	36.7	51.5
45	1976	49.3	0.8036	1.24	-0.9	49.7	3.9	34.6	49.1
46	2011	47.7	0.8214	1.22	-13.7	46.8	-4.7	32.6	46.8
47	1973	47.2	0.8393	1.19	-27.5	43.9	-13.7	30.8	44.5
48	1988	46.0	0.8571	1.17	-42.2	41.1	-23.1	29.3	42.1
49	1974	44.6	0.8750	1.14	-58.3	38.1	-33.1	27.9	39.7
50	1975	42.7	0.8929	1.12	-76.0	35.2	-44.0	26.8	37.3
51	1969	40.8	0.9107	1.10	-96.1	32.1	-55.8	26.0	34.8
52	1964	36.4	0.9286	1.08	-119.4	28.8	-69.2	25.4	32.2
53	1967	35.7	0.9464	1.06	-147.7	25.3	-84.9	25.1	29.3
54	1959	22.3	0.9643	1.04	-184.8	21.3	-104.5	25.1	26.1
55	1968	16.0	0.9821	1.02	-242.5	16.4	-133.1	24.5	21.9
			0.9999	**1.00**	-556.6	3.9	-258.3	-77.4	10.4

Tabla A.57 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	562.0546	RECHAZA	0.4450	RECHAZA
LOG-NORMAL	21.0689	RECHAZA	0.0608	S/A
GUMBEL	47.3427	RECHAZA	0.3764	RECHAZA
PEARSON	**12.6165**	RECHAZA	0.0565	S/A
LOG-PEARSON	13.9541	RECHAZA	**0.0313**	S/A

Los valores de la Tabla A.56 se muestran gráficamente en la Figura A.15.

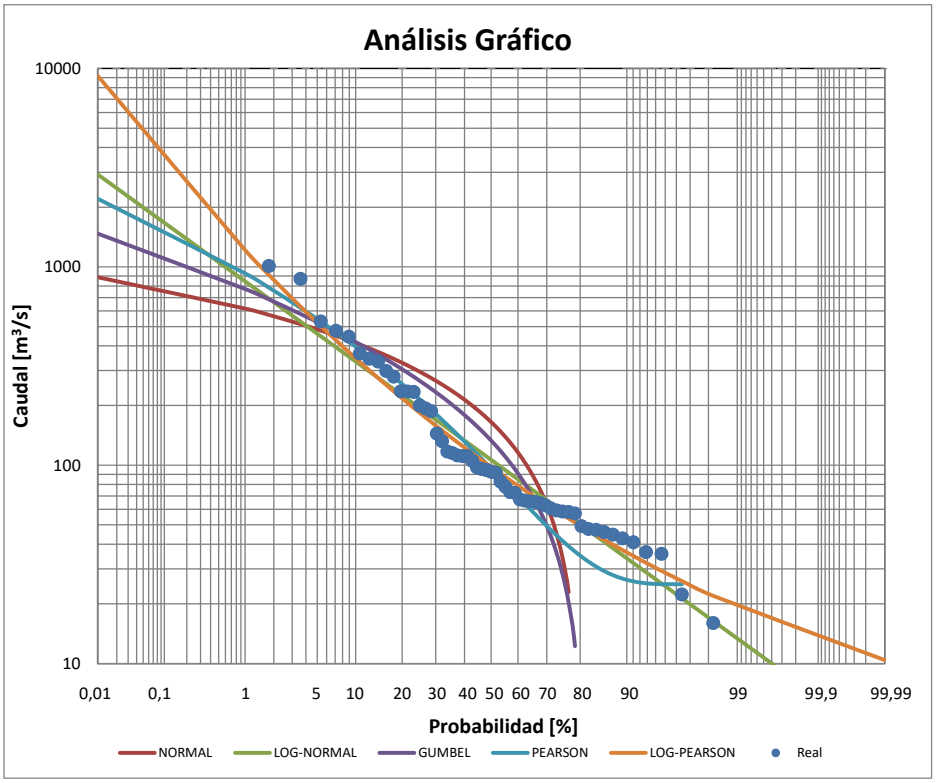


Figura A.15 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.58 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.58 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1215.7 m^3/s

A.17. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.59 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.59 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	222.32	Número de datos	N	70
Desv. Estándar (x)	s_x	154.97	1.28255 / s_x	a	0.0083
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.7079	x_m - 0.57721 / a	x_f	152.58
Promedio (ln(x))	y_m	5.20	S_x * Abs(G_x) / 2	b	132.34
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.64	4 / G_x^2	α	1.37
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.1201	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	40.85

En la Tabla A.60 se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.61.

Tabla A.60 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	798.6	1947.9	1265.4	1444.6	2300.3
			0.01	**100.00**	582.8	800.7	708.4	758.4	847.1
1	1940	832.0	0.0141	71.00	562.5	736.3	666.8	708.7	772.9
2	1941	693.0	0.0282	35.50	518.1	613.2	582.1	608.4	634.0
3	1974	559.0	0.0423	23.67	489.6	545.5	532.3	549.8	559.2
4	2005	521.0	0.0563	17.75	468.1	499.3	496.6	508.2	508.8
5	2006	509.0	0.0704	14.20	450.5	464.3	468.8	475.9	471.1
6	1977	469.0	0.0845	11.83	435.5	436.4	445.8	449.4	441.2
7	1994	463.0	0.0986	10.14	422.2	413.1	426.3	427.0	416.5
8	2001	442.0	0.1127	8.88	410.2	393.3	409.2	407.6	395.5
9	2002	411.0	0.1268	7.89	399.3	376.0	394.0	390.4	377.2
10	2008	399.0	0.1408	7.10	389.1	360.6	380.4	375.0	361.2
11	2012	387.0	0.1549	6.45	379.7	346.8	367.9	361.0	346.8
12	1972	365.0	0.1690	5.92	370.8	334.3	356.4	348.1	333.9
13	1978	336.0	0.1831	5.46	362.3	322.9	345.7	336.3	322.0
14	1958	319.0	0.1972	5.07	354.3	312.4	335.7	325.3	311.2
15	1987	316.0	0.2113	4.73	346.6	302.6	326.4	315.1	301.2
16	1991	310.0	0.2254	4.44	339.2	293.6	317.5	305.4	291.8
17	1980	285.0	0.2394	4.18	332.1	285.0	309.1	296.4	283.1
18	1951	269.0	0.2535	3.94	325.1	277.0	301.2	287.8	275.0
19	2003	260.0	0.2676	3.74	318.4	269.5	293.5	279.6	267.3
20	1965	252.0	0.2817	3.55	311.9	262.3	286.2	271.8	260.0
21	1979	251.0	0.2958	3.38	305.5	255.5	279.2	264.4	253.1
22	2000	248.0	0.3099	3.23	299.2	249.0	272.4	257.3	246.5

Tabla A.60 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1997	239.0	0.3239	3.09	293.1	242.8	265.9	250.5	240.3
24	1948	236.0	0.3380	2.96	287.1	236.8	259.6	243.9	234.3
25	1937	210.0	0.3521	2.84	281.1	231.1	253.4	237.6	228.6
26	1960	209.0	0.3662	2.73	275.3	225.6	247.5	231.5	223.1
27	1989	201.0	0.3803	2.63	269.5	220.3	241.6	225.6	217.8
28	1973	199.0	0.3944	2.54	263.8	215.2	236.0	219.9	212.7
29	1963	194.0	0.4085	2.45	258.2	210.3	230.4	214.4	207.7
30	1995	190.0	0.4225	2.37	252.6	205.5	225.0	209.0	203.0
31	1953	185.0	0.4366	2.29	247.0	200.8	219.7	203.8	198.3
32	1992	180.0	0.4507	2.22	241.5	196.3	214.5	198.7	193.8
33	1971	179.0	0.4648	2.15	236.0	191.9	209.3	193.8	189.5
34	1993	178.0	0.4789	2.09	230.5	187.6	204.3	188.9	185.2
35	1939	176.0	0.4930	2.03	225.1	183.4	199.3	184.2	181.1
36	1969	171.0	0.5070	1.97	219.6	179.4	194.4	179.6	177.1
37	1984	168.0	0.5211	1.92	214.1	175.4	189.6	175.1	173.1
38	1975	167.0	0.5352	1.87	208.6	171.4	184.8	170.6	169.3
39	1961	163.0	0.5493	1.82	203.1	167.6	180.0	166.3	165.5
40	1959	162.0	0.5634	1.78	197.6	163.8	175.3	162.0	161.8
41	1950	161.0	0.5775	1.73	192.0	160.1	170.6	157.8	158.2
42	1955	160.0	0.5915	1.69	186.4	156.5	165.9	153.7	154.6
43	2004	155.0	0.6056	1.65	180.8	152.9	161.3	149.6	151.1
44	1938	152.0	0.6197	1.61	175.1	149.3	156.6	145.6	147.6
45	1952	151.0	0.6338	1.58	169.3	145.8	152.0	141.7	144.2
46	1981	148.0	0.6479	1.54	163.5	142.4	147.4	137.8	140.8
47	1976	139.0	0.6620	1.51	157.6	138.9	142.8	134.0	137.5
48	1949	136.0	0.6761	1.48	151.5	135.5	138.1	130.2	134.2
49	1966	130.0	0.6901	1.45	145.4	132.1	133.4	126.4	130.9
50	1956	129.0	0.7042	1.42	139.2	128.8	128.7	122.7	127.6
51	1957	124.0	0.7183	1.39	132.8	125.4	124.0	119.0	124.4
52	1986	124.0	0.7324	1.37	126.2	122.1	119.2	115.3	121.2
53	1954	118.0	0.7465	1.34	119.5	118.8	114.3	111.7	118.0
54	1988	111.0	0.7606	1.31	112.6	115.4	109.4	108.0	114.7
55	1947	110.0	0.7746	1.29	105.4	112.1	104.4	104.4	111.5
56	2009	109.0	0.7887	1.27	98.0	108.7	99.3	100.8	108.3
57	1985	103.0	0.8028	1.25	90.3	105.3	94.0	97.2	105.0
58	1970	97.0	0.8169	1.22	82.3	101.9	88.6	93.6	101.7
59	1999	96.0	0.8310	1.20	73.9	98.4	83.1	90.0	98.3
60	1967	95.5	0.8451	1.18	64.9	94.9	77.3	86.4	94.9
61	1990	90.3	0.8592	1.16	55.5	91.2	71.3	82.7	91.5
62	1964	83.4	0.8732	1.15	45.4	87.5	64.9	79.1	87.9
63	2007	80.6	0.8873	1.13	34.4	83.7	58.2	75.3	84.2
64	1996	78.7	0.9014	1.11	22.5	79.6	51.1	71.5	80.4
65	1962	76.4	0.9155	1.09	9.2	75.4	43.3	67.7	76.3
66	2011	74.7	0.9296	1.08	-5.9	70.9	34.7	63.7	72.0
67	1998	71.5	0.9437	1.06	-23.5	65.9	24.9	59.6	67.2
68	2010	61.6	0.9577	1.04	-45.0	60.3	13.4	55.3	61.9
69	1968	58.1	0.9718	1.03	-73.4	53.6	-1.2	50.7	55.5
70	2013	35.4	0.9859	1.01	-117.8	44.7	-22.6	45.7	46.9
			0.9999	**1.00**	-354.0	16.9	-115.7	40.6	19.8

Tabla A.61 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	47.2084	RECHAZA	0.1417	S/A
LOG-NORMAL	2.9641	S/A	**0.0310**	S/A
GUMBEL	5.9631	S/A	0.0713	S/A
PEARSON	3.0450	S/A	0.0438	S/A
LOG-PEARSON	**2.8168**	S/A	0.0318	S/A

Los valores de la Tabla A.60 se muestran gráficamente en la Figura A.16.

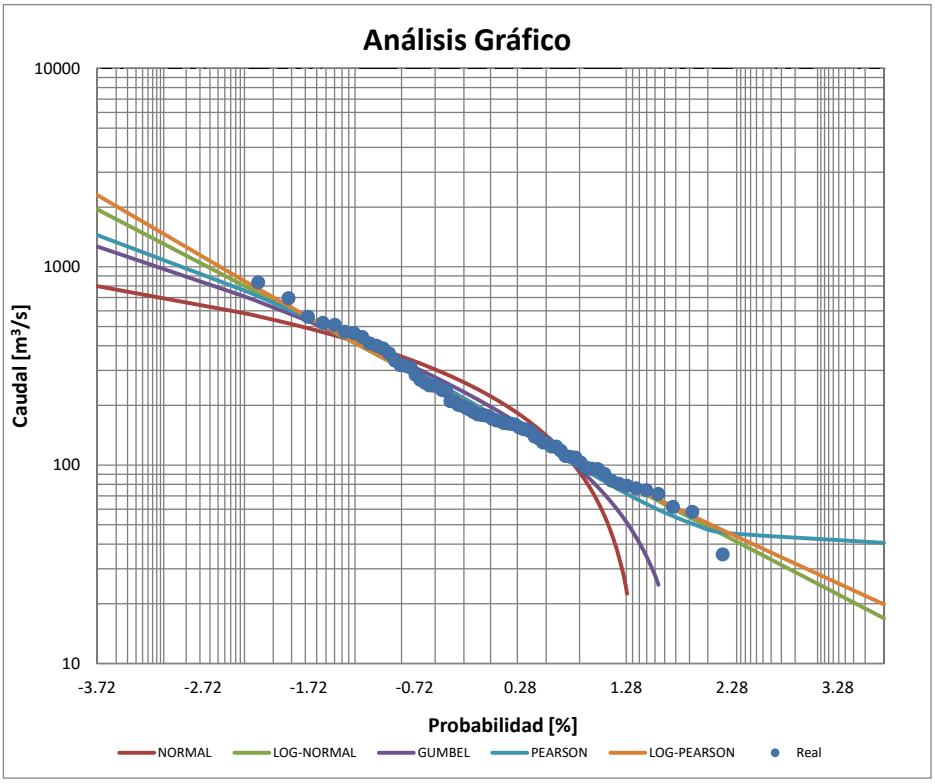


Figura A.16 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.62 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.62 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	847.1 m^3/s

A.18. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.63 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.63 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	3126.51	Número de datos	N	39
Desv. Estándar (x)	s_x	1741.97	1.28255 / s_x	a	0.0007
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.7283	x_m - 0.57721 / a	x_f	2342.54
Promedio (ln(x))	y_m	7.87	S_x * Abs(G_x) / 2	b	634.32
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.67	4 / G_x^2	α	7.54
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.1031	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-1657.26

En la Tabla A.64, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.65.

Tabla A.64 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	9604.9	31611.6	14852.0	12528.5	8567.0
			0.01	**100.00**	7178.9	12423.9	8590.5	8087.2	7282.5
			0.02	**50.00**	6704.1	10348.3	7642.2	7343.9	6871.5
1	2000	7601	0.0250	40.00	6540.7	9717.6	7335.6	7097.2	6719.0
2	2008	6518	0.0500	20.00	5991.8	7866.6	6376.7	6301.4	6170.2
3	1986	6389	0.0750	13.33	5634.1	6854.8	5808.1	5809.7	5786.6
4	2006	5882	0.1000	10.00	5358.9	6165.7	5399.0	5445.5	5480.6
5	1991	5608	0.1250	8.00	5130.4	5646.4	5077.2	5152.2	5221.0
6	1992	5305	0.1500	6.67	4931.9	5231.2	4810.4	4904.1	4992.7
7	1984	4777	0.1750	5.71	4754.5	4885.8	4581.3	4687.6	4786.9
8	1987	4582	0.2000	5.00	4592.6	4590.5	4379.8	4494.1	4598.3
9	1994	4540	0.2250	4.44	4442.4	4332.7	4199.1	4318.2	4423.2
10	1997	4371	0.2500	4.00	4301.5	4103.8	4034.7	4156.2	4259.1
11	2005	4252	0.2750	3.64	4167.8	3898.0	3883.4	4005.3	4103.9
12	1993	3912	0.3000	3.33	4040.0	3710.9	3742.8	3863.5	3956.3
13	2001	3667	0.3250	3.08	3917.0	3539.2	3610.9	3729.2	3815.0
14	1977	3532	0.3500	2.86	3797.7	3380.4	3486.4	3601.2	3679.1
15	1976	3055	0.3750	2.67	3681.6	3232.6	3368.0	3478.5	3547.8
16	2002	2990	0.4000	2.50	3567.8	3094.1	3254.9	3360.1	3420.4
17	2009	2931	0.4250	2.35	3456.0	2963.7	3146.2	3245.5	3296.5
18	1983	2907	0.4500	2.22	3345.4	2840.2	3041.3	3134.0	3175.6
19	1999	2818	0.4750	2.11	3235.7	2722.8	2939.5	3025.1	3057.1
20	1988	2758	0.5000	2.00	3126.5	2610.7	2840.3	2918.2	2940.8
21	1985	2494	0.5250	1.90	3017.3	2503.2	2743.4	2813.0	2826.3

Tabla A.64 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1979	2459	0.5500	1.82	2907.6	2399.7	2648.2	2709.0	2713.2
23	1980	2459	0.5750	1.74	2797.1	2299.7	2554.3	2605.8	2601.2
24	1982	2459	0.6000	1.67	2685.2	2202.8	2461.3	2503.0	2490.1
25	1978	2458	0.6250	1.60	2571.5	2108.4	2368.8	2400.3	2379.5
26	1981	2426	0.6500	1.54	2455.3	2016.2	2276.5	2297.1	2269.0
27	1995	2241	0.6750	1.48	2336.1	1925.8	2183.9	2193.0	2158.5
28	2003	2075	0.7000	1.43	2213.0	1836.7	2090.4	2087.5	2047.4
29	2004	2051	0.7250	1.38	2085.2	1748.5	1995.6	1980.0	1935.4
30	2011	2033	0.7500	1.33	1951.6	1660.8	1898.9	1869.8	1822.0
31	1989	1709	0.7750	1.29	1810.6	1573.1	1799.4	1756.0	1706.7
32	2012	1586	0.8000	1.25	1660.4	1484.7	1696.2	1637.5	1588.7
33	2013	1534	0.8250	1.21	1498.5	1395.0	1587.9	1512.8	1467.3
34	1975	1225	0.8500	1.18	1321.1	1302.9	1472.8	1379.8	1341.1
35	1996	1169	0.8750	1.14	1122.6	1207.1	1348.2	1235.6	1208.6
36	1990	1092	0.9000	1.11	894.1	1105.4	1209.8	1075.2	1067.0
37	2007	1081	0.9250	1.08	618.9	994.3	1049.9	890.1	912.2
38	2010	727	0.9500	1.05	261.2	866.4	852.3	662.3	735.7
39	1998	261	0.9750	1.03	-287.7	701.4	569.6	339.7	515.4
			0.9999	**1.00**	-3351.9	215.6	-673.1	-929.4	37.4

Tabla A.65 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	4.9067	S/A	0.0851	S/A
LOG-NORMAL	5.8672	S/A	0.1084	S/A
GUMBEL	4.7775	S/A	0.0749	S/A
PEARSON	3.7469	S/A	**0.0625**	S/A
LOG-PEARSON	**3.0806**	S/A	0.0806	S/A

Los valores de la Tabla A.64 se muestran gráficamente en la Figura A.17.

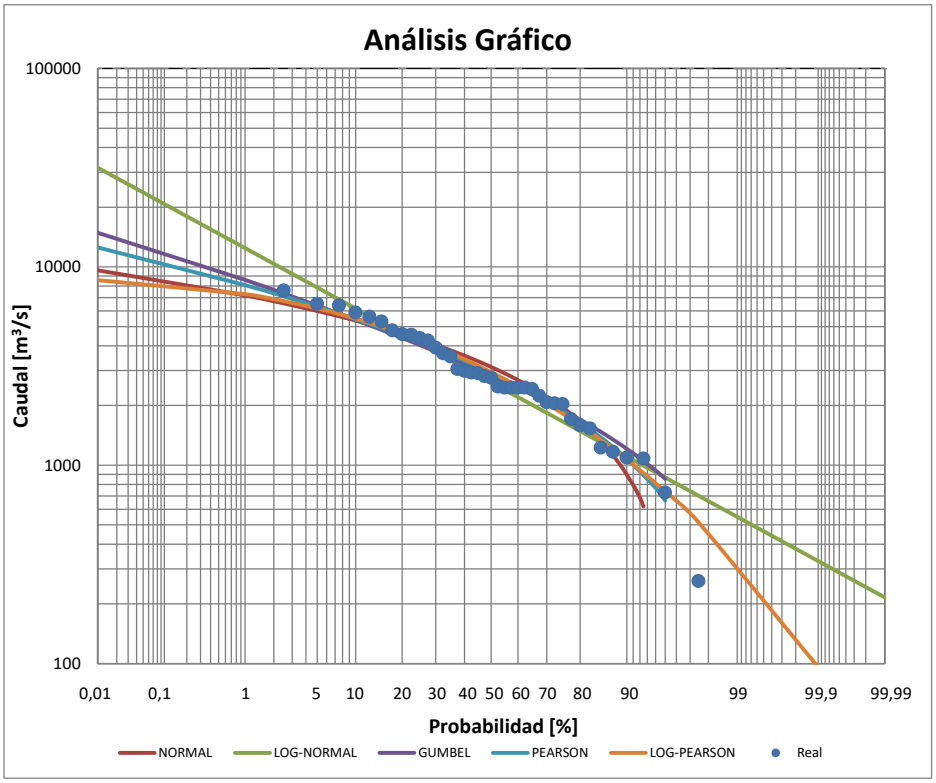


Figura A.17 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.66 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.66 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	8590.5 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	7642.2 m^3/s

A.19. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.67 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.67 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	122.49	Número de datos	N	33
Desv. Estándar (x)	s_x	86.08	$1.28255 / s_x$	a	0.0149
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.4226	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	83.75
Promedio (ln(x))	y_m	4.35	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	18.19
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	1.25	$4 / G_x^2$	α	22.40
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.4562	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-284.88

En la Tabla A.68, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.69.

Tabla A.68 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	442.6	8033.9	701.9	524.2	430.0
			0.01	**100.00**	322.7	1413.3	392.5	349.2	392.5
			0.02	**50.00**	299.3	1005.8	345.6	318.2	370.7
1	2006	332.00	0.0294	34.00	285.1	819.4	319.4	300.0	354.8
2	1984	285.00	0.0588	17.00	257.2	546.4	271.9	265.1	317.6
3	2005	241.00	0.0882	11.33	238.8	418.9	243.6	243.0	289.8
4	2001	220.00	0.1176	8.50	224.6	341.0	223.2	226.3	266.8
5	1987	213.00	0.1471	6.80	212.8	287.2	207.1	212.7	247.0
6	1986	195.00	0.1765	5.67	202.4	247.1	193.8	200.9	229.5
7	2000	195.00	0.2059	4.86	193.1	216.0	182.2	190.5	213.6
8	1992	190.00	0.2353	4.25	184.6	190.8	172.1	181.1	199.1
9	2008	184.00	0.2647	3.78	176.6	170.0	162.9	172.5	185.7
10	2009	176.00	0.2941	3.40	169.1	152.4	154.5	164.4	173.2
11	1997	174.00	0.3235	3.09	161.9	137.3	146.8	156.8	161.4
12	2002	161.00	0.3529	2.83	155.0	124.2	139.6	149.5	150.4
13	1982	159.00	0.3824	2.62	148.3	112.7	132.8	142.5	140.0
14	1988	154.00	0.4118	2.43	141.7	102.4	126.3	135.8	130.1
15	1991	139.00	0.4412	2.27	135.2	93.3	120.1	129.2	120.7
16	1985	131.00	0.4706	2.13	128.8	85.0	114.1	122.8	111.7
17	1995	131.00	0.5000	2.00	122.5	77.6	108.3	116.5	103.1
18	2004	99.40	0.5294	1.89	116.1	70.7	102.7	110.2	94.9
19	2011	87.50	0.5588	1.79	109.7	64.5	97.2	104.0	87.0
20	1994	80.10	0.5882	1.70	103.3	58.7	91.8	97.7	79.4
21	1993	78.90	0.6176	1.62	96.7	53.4	86.4	91.5	72.1

Tabla A.68 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1981	78.10	0.6471	1.55	90.0	48.4	81.0	85.1	65.1
23	1983	77.90	0.6765	1.48	83.1	43.8	75.6	78.7	58.4
24	1989	71.20	0.7059	1.42	75.9	39.5	70.2	72.1	51.9
25	2012	37.50	0.7353	1.36	68.4	35.4	64.7	65.2	45.7
26	1990	35.60	0.7647	1.31	60.4	31.5	59.0	58.1	39.7
27	2010	32.20	0.7941	1.26	51.8	27.8	53.0	50.5	33.9
28	2007	30.50	0.8235	1.21	42.5	24.3	46.8	42.4	28.3
29	2003	28.40	0.8529	1.17	32.2	20.9	40.1	33.5	23.0
30	1998	12.90	0.8824	1.13	20.3	17.6	32.7	23.6	17.8
31	1996	6.04	0.9118	1.10	6.1	14.4	24.2	11.9	12.9
32	2013	3.67	0.9412	1.06	-12.2	11.0	13.9	-2.7	8.3
33	1999	2.19	0.9706	1.03	-40.2	7.3	-0.8	-24.0	3.9
			0.9999	**1.00**	-197.6	0.7	-65.3	-124.4	0.0

Tabla A.69 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Purapel en Sauzal

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	11.0797	RECHAZA	0.1562	S/A
LOG-NORMAL	13.6408	RECHAZA	0.1367	S/A
GUMBEL	8.4183	S/A	0.1190	S/A
PEARSON	8.6205	RECHAZA	0.1390	S/A
LOG-PEARSON	**3.7932**	S/A	**0.0935**	S/A

Los valores de la Tabla A.68 se muestran gráficamente en la Figura A.18.

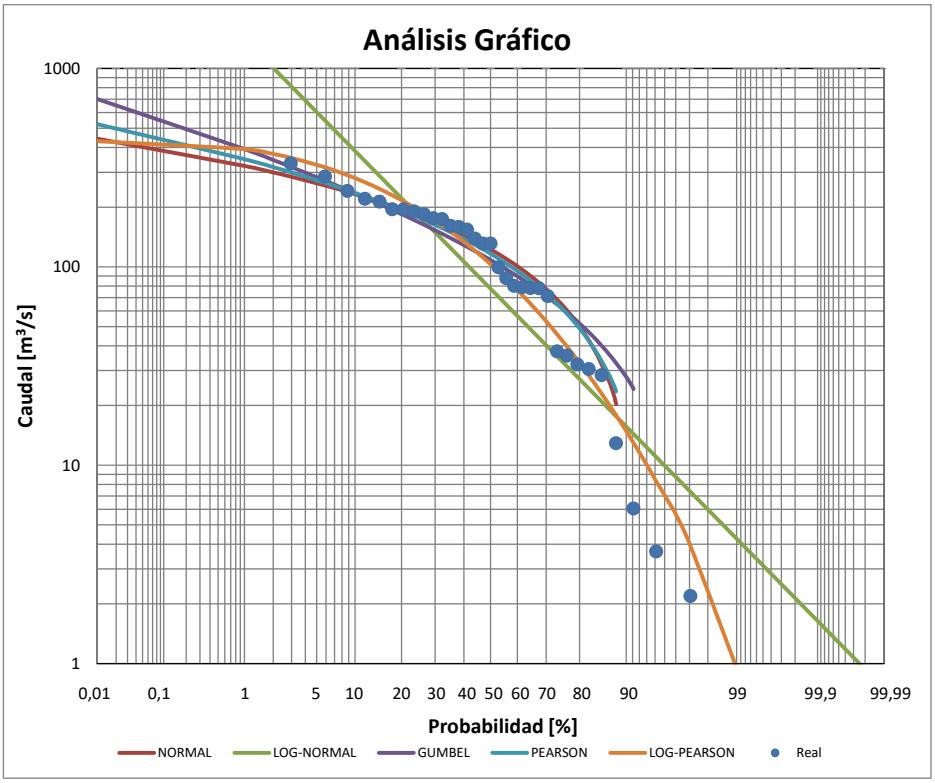


Figura A.18 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Purapel en Sauzal

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.70 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.70 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Purapel en Sauzal

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	392.5 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	370.7 m^3/s

A.20. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.71 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.71 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	306.67	Número de datos	N	67
Desv. Estándar (x)	s_x	216.89	1.28255 / s_x	a	0.0059
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.0741	x_m - 0.57721 / a	x_f	209.05
Promedio (ln(x))	y_m	5.47	S_x * Abs(G_x) / 2	b	116.48
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.75	4 / G_x^2	α	3.47
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.2072	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-97.19

En la Tabla A.72, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.73.

Tabla A.72 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1113.3	3858.3	1766.6	1663.8	2793.1
			0.01	**100.00**	811.2	1358.1	987.0	974.4	1211.2
1	2008	1006.0	0.0147	68.00	779.0	1215.1	921.4	913.9	1102.1
2	1986	802.0	0.0294	34.00	716.5	978.8	802.9	802.9	914.6
3	2000	793.0	0.0441	22.67	676.4	852.2	733.0	736.2	809.9
4	2002	699.0	0.0588	17.00	646.0	767.2	683.1	688.0	737.8
5	2006	684.0	0.0735	13.60	621.2	704.0	644.0	649.8	683.1
6	2001	678.0	0.0882	11.33	599.8	654.0	611.9	618.2	639.1
7	1977	626.0	0.1029	9.71	581.0	612.8	584.4	591.0	602.4
8	1953	624.0	0.1176	8.50	564.1	577.9	560.5	567.1	570.9
9	2009	585.0	0.1324	7.56	548.6	547.8	539.2	545.7	543.5
10	1978	581.0	0.1471	6.80	534.2	521.2	520.0	526.3	519.1
11	2005	574.0	0.1618	6.18	520.8	497.6	502.4	508.6	497.2
12	1980	555.0	0.1765	5.67	508.1	476.3	486.2	492.1	477.3
13	1991	522.0	0.1912	5.23	496.1	457.0	471.2	476.8	459.1
14	2004	465.0	0.2059	4.86	484.7	439.2	457.2	462.5	442.4
15	1982	456.0	0.2206	4.53	473.7	422.9	444.0	449.0	426.8
16	1979	450.0	0.2353	4.25	463.2	407.7	431.6	436.2	412.3
17	1974	411.0	0.2500	4.00	453.0	393.6	419.7	424.0	398.7
18	1972	397.0	0.2647	3.78	443.1	380.4	408.5	412.3	386.0
19	1993	390.0	0.2794	3.58	433.5	367.9	397.7	401.2	373.9
20	1960	379.0	0.2941	3.40	424.1	356.2	387.4	390.5	362.5
21	1965	362.0	0.3088	3.24	414.9	345.1	377.5	380.2	351.6
22	1997	362.0	0.3235	3.09	406.0	334.6	367.9	370.2	341.2

Tabla A.72 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1992	352.0	0.3382	2.96	397.2	324.6	358.7	360.6	331.3
24	1951	348.0	0.3529	2.83	388.5	315.0	349.7	351.3	321.9
25	1969	346.0	0.3676	2.72	380.0	305.9	341.0	342.2	312.8
26	1963	342.0	0.3824	2.62	371.6	297.1	332.5	333.3	304.0
27	2003	326.0	0.3971	2.52	363.3	288.7	324.3	324.7	295.6
28	1994	319.0	0.4118	2.43	355.0	280.6	316.2	316.3	287.4
29	1973	281.0	0.4265	2.34	346.9	272.8	308.3	308.1	279.6
30	1961	278.0	0.4412	2.27	338.8	265.2	300.6	300.0	271.9
31	1984	262.0	0.4559	2.19	330.7	257.9	293.0	292.1	264.6
32	1989	261.0	0.4706	2.13	322.7	250.9	285.6	284.3	257.4
33	1976	260.0	0.4853	2.06	314.7	244.0	278.3	276.6	250.4
34	1971	244.0	0.5000	2.00	306.7	237.4	271.0	269.1	243.6
35	1966	237.0	0.5147	1.94	298.7	230.9	263.9	261.7	237.0
36	1958	233.0	0.5294	1.89	290.7	224.6	256.9	254.3	230.5
37	1957	227.0	0.5441	1.84	282.6	218.4	249.9	247.0	224.1
38	1959	227.0	0.5588	1.79	274.6	212.4	243.0	239.8	217.9
39	1995	198.0	0.5735	1.74	266.5	206.6	236.1	232.7	211.9
40	1981	197.0	0.5882	1.70	258.3	200.8	229.3	225.6	205.9
41	1985	194.0	0.6029	1.66	250.1	195.2	222.5	218.6	200.0
42	1999	183.0	0.6176	1.62	241.7	189.7	215.7	211.6	194.3
43	1987	177.0	0.6324	1.58	233.3	184.2	208.9	204.6	188.6
44	1954	175.0	0.6471	1.55	224.8	178.9	202.2	197.6	183.0
45	1950	159.0	0.6618	1.51	216.2	173.6	195.4	190.7	177.5
46	1962	156.0	0.6765	1.48	207.4	168.4	188.6	183.7	172.0
47	1988	152.0	0.6912	1.45	198.4	163.3	181.8	176.7	166.6
48	1948	148.0	0.7059	1.42	189.2	158.2	174.9	169.7	161.2
49	1975	144.0	0.7206	1.39	179.9	153.1	168.0	162.7	155.9
50	1947	124.0	0.7353	1.36	170.3	148.1	160.9	155.6	150.6
51	1983	120.0	0.7500	1.33	160.4	143.2	153.8	148.4	145.3
52	1956	119.0	0.7647	1.31	150.2	138.2	146.6	141.2	140.1
53	1998	115.0	0.7794	1.28	139.6	133.2	139.2	133.8	134.8
54	2012	107.0	0.7941	1.26	128.6	128.3	131.7	126.3	129.5
55	1952	104.0	0.8088	1.24	117.2	123.3	123.9	118.7	124.2
56	1955	104.0	0.8235	1.21	105.2	118.3	115.9	110.9	118.9
57	2011	103.0	0.8382	1.19	92.5	113.2	107.6	102.9	113.5
58	1967	101.0	0.8529	1.17	79.1	108.1	99.0	94.6	108.0
59	1964	98.0	0.8676	1.15	64.8	102.9	90.0	86.0	102.4
60	1996	96.1	0.8824	1.13	49.3	97.5	80.4	77.0	96.6
61	2007	96.0	0.8971	1.11	32.3	91.9	70.2	67.5	90.7
62	2010	95.9	0.9118	1.10	13.5	86.2	59.1	57.4	84.5
63	1970	89.8	0.9265	1.08	-7.8	80.0	46.8	46.4	77.9
64	1990	85.8	0.9412	1.06	-32.7	73.4	32.9	34.3	70.9
65	1949	83.0	0.9559	1.05	-63.1	66.1	16.6	20.4	63.0
66	1968	42.2	0.9706	1.03	-103.2	57.6	-4.1	3.7	53.9
67	2013	35.9	0.9853	1.01	-165.7	46.4	-34.4	-19.2	42.1
			0.9999	**1.00**	-500.0	14.6	-166.4	-86.0	10.4

Tabla A.73 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Teno después de Junta con Claro

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	27.1269	RECHAZA	0.1890	RECHAZA
LOG-NORMAL	5.6954	S/A	**0.0543**	S/A
GUMBEL	10.7923	S/A	0.1333	S/A
PEARSON	8.8842	S/A	0.1211	S/A
LOG-PEARSON	**5.4931**	S/A	0.0546	S/A

Los valores de la Tabla A.72 se muestran gráficamente en la Figura A.19.

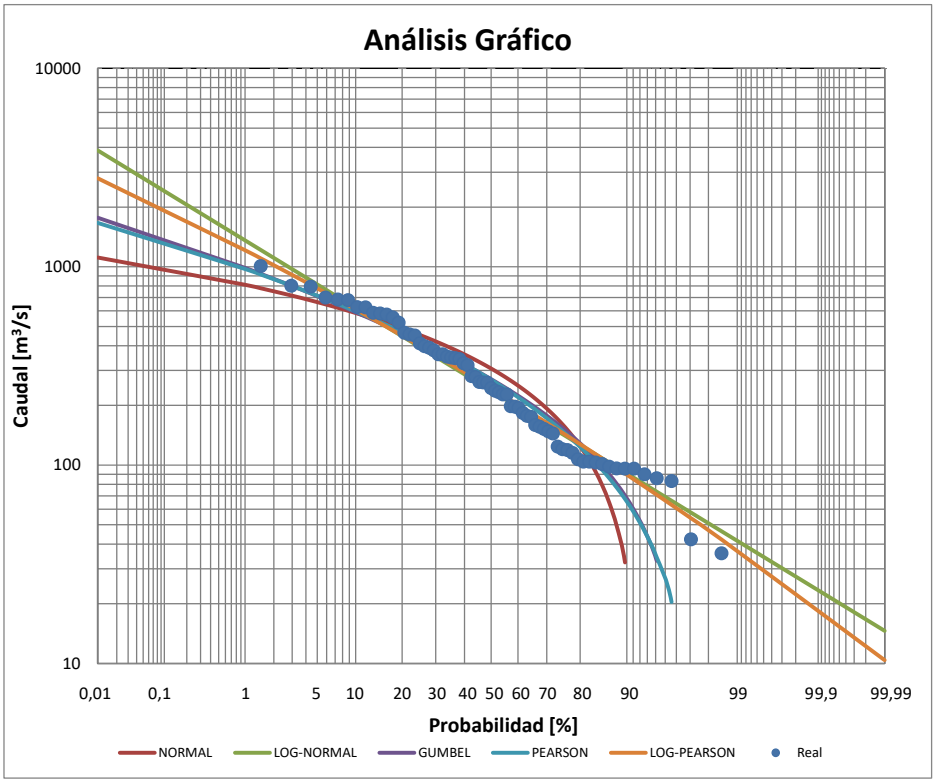


Figura A.19 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Teno después de Junta con Claro

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

A.21. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.74 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.74 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	6114.35	Número de datos	N	40
Desv. Estándar (x)	s_x	3144.98	$1.28255 / s_x$	a	0.0004
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.4530	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	4698.95
Promedio (ln(x))	y_m	8.54	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	712.33
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.71	$4 / G_x^2$	α	19.49
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.8053	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-7770.91

En la Tabla A.75, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.76.

Tabla A.75 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	17810.6	70795.2	27283.8	21014.3	11258.8
			0.01	**100.00**	13430.7	26467.9	15979.1	14464.3	11097.9
			0.02	**50.00**	12573.4	21831.5	14267.0	13311.4	10963.4
1	2006	13746	0.0244	41.00	12311.6	20584.7	13774.9	12967.5	10903.9
2	1972	12283	0.0488	20.50	11324.9	16492.8	12044.4	11704.9	10587.0
3	1991	11428	0.0732	13.67	10682.7	14277.1	11018.6	10911.1	10292.8
4	2003	10948	0.0976	10.25	10188.9	12778.2	10281.0	10315.8	10015.5
5	2002	10537	0.1220	8.20	9779.2	11654.6	9700.8	9831.5	9750.8
6	2001	10180	0.1463	6.83	9423.7	10760.1	9220.1	9418.3	9496.0
7	1983	9221	0.1707	5.86	9106.1	10019.3	8807.5	9054.8	9248.7
8	1986	8833	0.1951	5.13	8816.4	9388.1	8444.7	8727.7	9007.6
9	1993	8455	0.2195	4.56	8548.1	8838.9	8119.6	8428.5	8771.5
10	2000	7733	0.2439	4.10	8296.4	8353.0	7824.1	8151.1	8539.4
11	1997	7719	0.2683	3.73	8057.9	7917.3	7552.1	7891.3	8310.5
12	1974	7553	0.2927	3.42	7830.1	7522.4	7299.5	7645.8	8084.3
13	2005	7436	0.3171	3.15	7611.0	7161.2	7062.8	7412.1	7860.2
14	1992	7286	0.3415	2.93	7399.0	6828.1	6839.4	7188.1	7637.7
15	1994	7184	0.3659	2.73	7192.6	6518.8	6627.3	6972.3	7416.4
16	1982	6968	0.3902	2.56	6990.8	6229.9	6424.8	6763.2	7195.8
17	1985	6489	0.4146	2.41	6792.5	5958.5	6230.4	6559.8	6975.8
18	1989	6366	0.4390	2.28	6596.9	5702.3	6042.8	6360.9	6755.8
19	1984	6355	0.4634	2.16	6403.2	5459.5	5861.2	6165.8	6535.6
20	1975	5926	0.4878	2.05	6210.5	5228.2	5684.5	5973.5	6314.8
21	1971	5476	0.5122	1.95	6018.2	5007.2	5511.9	5783.4	6093.2

Tabla A.75 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1987	5286	0.5366	1.86	5825.5	4795.1	5342.6	5594.7	5870.3
23	1995	5161	0.5610	1.78	5631.8	4590.9	5176.0	5406.7	5645.9
24	2008	5127	0.5854	1.71	5436.2	4393.5	5011.4	5218.7	5419.5
25	1990	5088	0.6098	1.64	5237.9	4202.2	4848.1	5030.0	5190.8
26	1976	4913	0.6341	1.58	5036.1	4015.9	4685.5	4839.8	4959.4
27	2009	4201	0.6585	1.52	4829.7	3834.0	4522.7	4647.2	4724.8
28	1988	4113	0.6829	1.46	4617.7	3655.7	4359.2	4451.4	4486.4
29	1973	4059	0.7073	1.41	4398.6	3480.1	4194.0	4251.3	4243.6
30	1999	4031	0.7317	1.37	4170.8	3306.5	4026.2	4045.6	3995.8
31	2012	3907	0.7561	1.32	3932.3	3134.1	3854.7	3832.7	3742.0
32	2011	3378	0.7805	1.28	3680.6	2961.8	3678.1	3610.8	3481.2
33	2004	3364	0.8049	1.24	3412.3	2788.5	3494.7	3377.4	3212.2
34	2010	2903	0.8293	1.21	3122.6	2612.8	3302.1	3129.0	2933.1
35	1996	2733	0.8537	1.17	2805.0	2433.0	3097.1	2861.0	2641.8
36	2013	2420	0.8780	1.14	2449.5	2246.2	2874.8	2566.2	2335.1
37	2007	2367	0.9024	1.11	2039.8	2048.7	2627.6	2233.3	2008.4
38	1998	1839	0.9268	1.08	1546.0	1833.6	2341.8	1841.7	1654.0
39	1970	1257	0.9512	1.05	903.8	1587.3	1988.4	1347.8	1258.0
40	1981	305	0.9756	1.03	-82.9	1271.8	1481.8	622.5	786.7
			0.9999	**1.00**	-5582.0	369.8	-745.6	-2727.0	16.3

Tabla A.76 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Biobío en Desembocadura

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	5.2392	S/A	0.0925	S/A
LOG-NORMAL	5.6968	S/A	0.1095	S/A
GUMBEL	3.8869	S/A	0.0784	S/A
PEARSON	**3.6990**	S/A	**0.0670**	S/A
LOG-PEARSON	19386.0398	RECHAZA	0.1209	S/A

Los valores de la Tabla A.75 se muestran gráficamente en la Figura A.20.

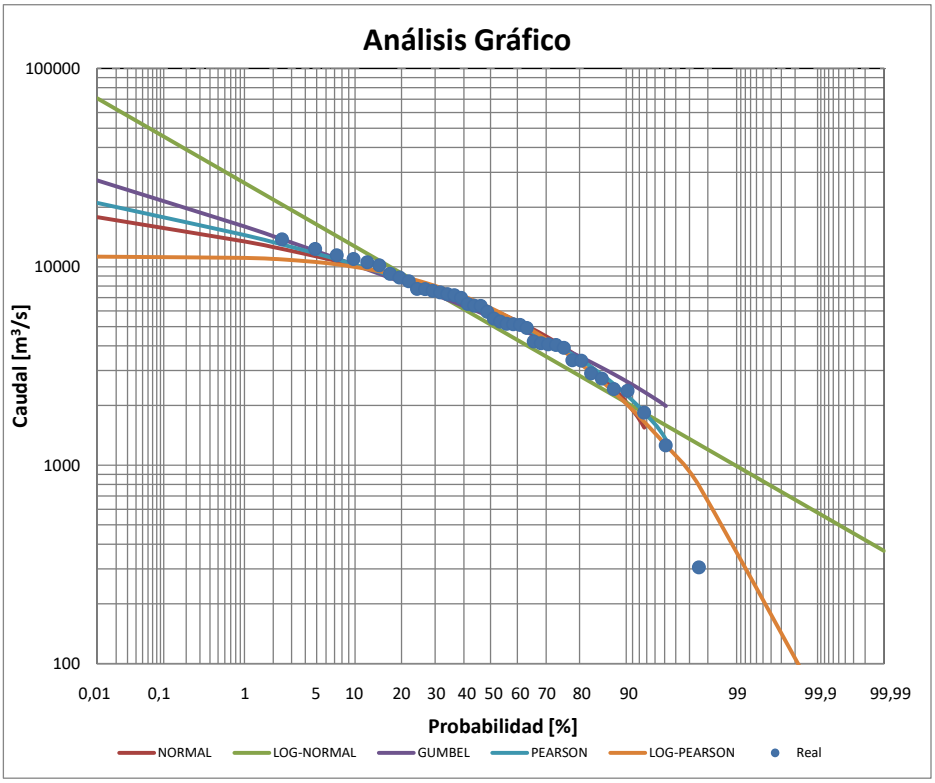


Figura A.20 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Biobío en Desembocadura

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.77 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.77 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Biobío en Desembocadura

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	15979.1 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	14267.0 m^3/s

A.22. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.78 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.78 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	199.78	Número de datos	N	54
Desv. Estándar (x)	s_x	169.97	1.28255 / s_x	a	0.0075
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.0718	x_m - 0.57721 / a	x_f	123.29
Promedio (ln(x))	y_m	4.89	S_x * Abs(G_x) / 2	b	91.08
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.98	4 / G_x^2	α	3.48
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.4349	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-117.39

En la Tabla A.79, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.80.

Tabla A.79 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	831.9	5148.9	1343.9	1262.3	2182.0
			0.01	**100.00**	595.2	1311.1	732.9	722.8	957.1
1	2006	650.0	0.0182	55.00	555.5	1042.4	653.1	649.1	815.8
2	2001	632.0	0.0364	27.50	504.8	777.7	560.0	561.4	658.9
3	2002	517.0	0.0545	18.33	472.1	643.9	505.1	508.5	570.8
4	2008	515.0	0.0727	13.75	447.2	557.6	465.7	470.2	510.1
5	2005	495.0	0.0909	11.00	426.7	495.3	434.8	439.8	464.1
6	2000	490.0	0.1091	9.17	409.1	447.3	409.3	414.5	427.2
7	1984	477.0	0.1273	7.86	393.4	408.6	387.6	392.7	396.4
8	1986	457.0	0.1455	6.88	379.3	376.5	368.5	373.5	370.2
9	1958	359.0	0.1636	6.11	366.3	349.3	351.5	356.3	347.3
10	1997	359.0	0.1818	5.50	354.2	325.7	336.1	340.7	327.1
11	1983	342.0	0.2000	5.00	342.8	305.0	322.1	326.4	309.0
12	1968	307.0	0.2182	4.58	332.1	286.6	309.1	313.0	292.6
13	1957	298.0	0.2364	4.23	321.8	270.2	297.0	300.6	277.7
14	1999	290.0	0.2545	3.93	312.0	255.2	285.6	288.9	264.0
15	1982	278.0	0.2727	3.67	302.5	241.7	274.9	277.8	251.3
16	1992	269.0	0.2909	3.44	293.4	229.2	264.8	267.3	239.5
17	1969	268.0	0.3091	3.24	284.5	217.7	255.1	257.3	228.5
18	2009	263.0	0.3273	3.06	275.8	207.1	245.9	247.7	218.2
19	1985	251.0	0.3455	2.89	267.4	197.2	237.1	238.5	208.5
20	2003	243.0	0.3636	2.75	259.1	188.0	228.5	229.6	199.3
21	1995	242.0	0.3818	2.62	250.9	179.3	220.3	221.0	190.7
22	1981	207.0	0.4000	2.50	242.8	171.2	212.3	212.7	182.4

Tabla A.79 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1994	152.0	0.4182	2.39	234.9	163.5	204.6	204.6	174.6
24	2013	150.0	0.4364	2.29	227.0	156.2	197.0	196.7	167.1
25	2011	147.0	0.4545	2.20	219.2	149.3	189.6	189.0	159.9
26	1959	139.0	0.4727	2.12	211.4	142.7	182.4	181.4	153.0
27	1991	119.0	0.4909	2.04	203.7	136.5	175.3	174.0	146.4
28	2004	117.0	0.5091	1.96	195.9	130.5	168.4	166.8	140.1
29	1978	109.0	0.5273	1.90	188.2	124.8	161.5	159.6	134.0
30	2012	108.0	0.5455	1.83	180.4	119.3	154.8	152.6	128.1
31	1996	105.0	0.5636	1.77	172.6	114.0	148.1	145.6	122.4
32	1965	100.0	0.5818	1.72	164.7	108.9	141.5	138.7	116.8
33	1979	96.8	0.6000	1.67	156.7	104.1	134.9	131.9	111.5
34	1980	96.8	0.6182	1.62	148.7	99.3	128.3	125.1	106.3
35	1962	90.7	0.6364	1.57	140.5	94.7	121.8	118.3	101.2
36	1961	84.3	0.6545	1.53	132.2	90.3	115.2	111.6	96.2
37	1966	84.0	0.6727	1.49	123.7	86.0	108.6	104.8	91.4
38	2007	77.9	0.6909	1.45	115.1	81.8	102.0	98.1	86.7
39	1964	77.7	0.7091	1.41	106.2	77.7	95.3	91.3	82.1
40	1970	76.8	0.7273	1.38	97.0	73.7	88.6	84.4	77.5
41	1963	76.1	0.7455	1.34	87.6	69.8	81.7	77.5	73.1
42	1971	72.4	0.7636	1.31	77.7	65.9	74.7	70.5	68.7
43	2010	70.6	0.7818	1.28	67.5	62.1	67.6	63.4	64.4
44	1977	68.7	0.8000	1.25	56.7	58.4	60.2	56.1	60.1
45	1967	56.5	0.8182	1.22	45.4	54.7	52.6	48.6	55.8
46	1975	52.9	0.8364	1.20	33.3	51.0	44.6	40.9	51.6
47	1998	48.2	0.8545	1.17	20.3	47.3	36.3	32.8	47.3
48	1976	46.4	0.8727	1.15	6.1	43.6	27.4	24.4	43.1
49	1972	45.0	0.8909	1.12	-9.5	39.8	17.9	15.4	38.8
50	1990	41.7	0.9091	1.10	-27.2	36.0	7.4	5.8	34.3
51	1987	24.3	0.9273	1.08	-47.7	31.9	-4.4	-4.8	29.8
52	1956	22.3	0.9455	1.06	-72.6	27.7	-18.2	-16.8	25.0
53	1989	12.2	0.9636	1.04	-105.2	22.9	-35.5	-31.3	19.7
54	1973	10.8	0.9818	1.02	-155.9	17.1	-60.7	-50.8	13.5
			0.9999	**1.00**	-432.3	3.5	-171.0	-108.5	1.3

Tabla A.80 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	38.6400	RECHAZA	0.2762	RECHAZA
LOG-NORMAL	12.4650	RECHAZA	**0.0880**	S/A
GUMBEL	21.4098	RECHAZA	0.2132	RECHAZA
PEARSON	19.2889	RECHAZA	0.2061	RECHAZA
LOG-PEARSON	**11.1165**	RECHAZA	0.0904	S/A

Los valores de la Tabla A.79 se muestran gráficamente en la Figura A.21.

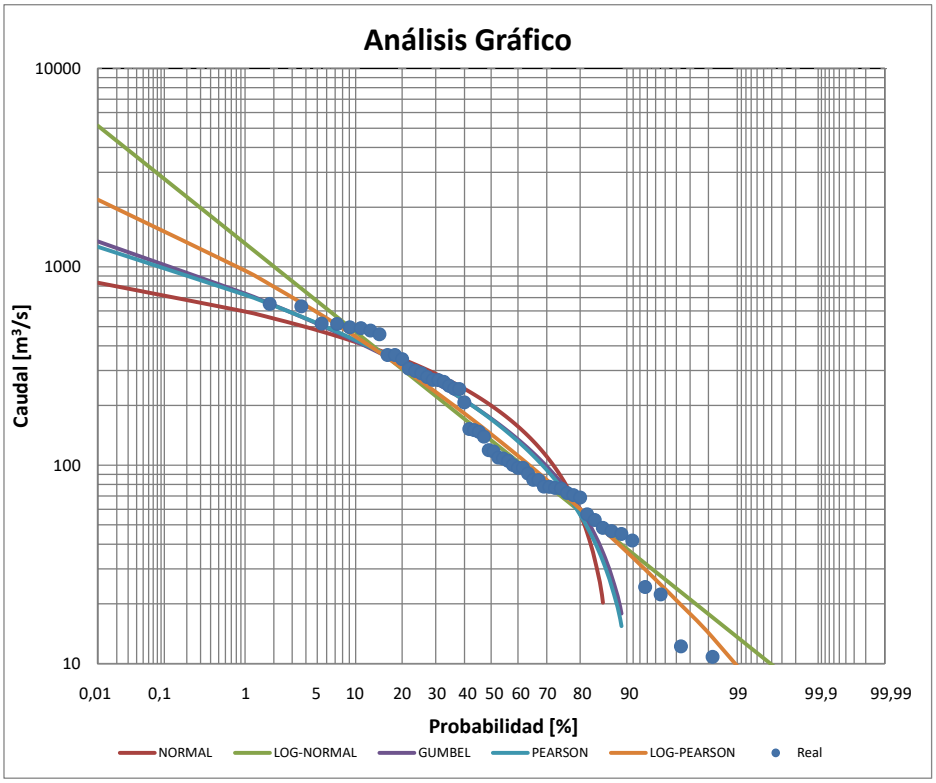


Figura A.21 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.81 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.81 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	957.1 m^3/s

A.23. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.82 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.82 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	484.62	Número de datos	N	53
Desv. Estándar (x)	s_x	293.57	1.28255 / s_x	a	0.0044
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.0509	x_m - 0.57721 / a	x_f	352.50
Promedio (ln(x))	y_m	5.95	S_x * Abs(G_x) / 2	b	154.26
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.82	4 / G_x^2	α	3.62
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.9591	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-74.07

En la Tabla A.83, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.84.

Tabla A.83 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1576.4	8136.0	2460.7	2304.4	911.3
			0.01	**100.00**	1167.6	2593.8	1405.4	1384.0	884.7
1	1993	1465.00	0.0185	54.00	1096.8	2128.2	1263.4	1254.0	879.4
2	2006	1139.00	0.0370	27.00	1009.0	1664.8	1102.6	1103.6	864.6
3	1972	1105.00	0.0556	18.00	952.3	1420.9	1007.6	1012.9	848.7
4	2000	935.00	0.0741	13.50	909.1	1259.3	939.5	947.0	832.6
5	2001	907.00	0.0926	10.80	873.6	1140.1	886.1	894.7	816.7
6	1994	901.00	0.1111	9.00	843.0	1046.5	842.1	851.2	800.9
7	1991	890.00	0.1296	7.71	815.8	970.0	804.4	813.7	785.2
8	2002	838.00	0.1481	6.75	791.2	905.6	771.5	780.7	769.7
9	2005	743.00	0.1667	6.00	768.6	850.1	742.1	751.0	754.3
10	1986	700.00	0.1852	5.40	747.6	801.6	715.5	724.0	739.1
11	1965	664.00	0.2037	4.91	727.8	758.5	691.1	699.2	723.9
12	1961	639.00	0.2222	4.50	709.1	719.8	668.6	676.2	708.9
13	1969	627.00	0.2407	4.15	691.3	684.8	647.7	654.7	693.9
14	1997	627.00	0.2593	3.86	674.2	652.8	628.0	634.5	679.1
15	2003	593.00	0.2778	3.60	657.7	623.3	609.5	615.3	664.2
16	1992	585.00	0.2963	3.38	641.7	596.1	591.9	597.1	649.5
17	1971	574.00	0.3148	3.18	626.2	570.8	575.1	579.7	634.7
18	1983	560.00	0.3333	3.00	611.1	547.2	559.1	563.1	620.0
19	1985	542.00	0.3519	2.84	596.3	525.0	543.8	547.1	605.4
20	1995	513.00	0.3704	2.70	581.8	504.1	528.9	531.6	590.7
21	2008	508.00	0.3889	2.57	567.5	484.4	514.6	516.7	576.0
22	1959	500.00	0.4074	2.45	553.4	465.7	500.8	502.2	561.4

Tabla A.83 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1958	472.00	0.4259	2.35	539.4	447.9	487.3	488.1	546.7
24	1984	462.00	0.4444	2.25	525.6	430.9	474.1	474.3	532.0
25	1979	453.00	0.4630	2.16	511.9	414.7	461.3	460.9	517.3
26	1999	452.00	0.4815	2.08	498.3	399.2	448.7	447.7	502.5
27	1982	434.00	0.5000	2.00	484.6	384.2	436.4	434.8	487.7
28	1978	401.00	0.5185	1.93	471.0	369.9	424.3	422.1	472.8
29	2011	398.00	0.5370	1.86	457.3	356.0	412.3	409.6	457.9
30	1973	394.00	0.5556	1.80	443.6	342.6	400.5	397.2	442.9
31	2009	381.00	0.5741	1.74	429.8	329.6	388.8	385.0	427.9
32	1966	380.00	0.5926	1.69	415.9	317.0	377.1	372.9	412.7
33	1957	376.00	0.6111	1.64	401.8	304.8	365.6	360.9	397.4
34	1963	373.00	0.6296	1.59	387.5	292.8	354.0	348.9	382.1
35	2007	363.00	0.6481	1.54	373.0	281.2	342.5	336.9	366.6
36	1981	359.00	0.6667	1.50	358.2	269.8	331.0	325.0	351.0
37	1988	336.00	0.6852	1.46	343.0	258.6	319.4	313.0	335.2
38	1989	336.00	0.7037	1.42	327.5	247.6	307.7	301.0	319.3
39	1970	306.00	0.7222	1.38	311.6	236.8	295.8	288.9	303.2
40	1967	289.00	0.7407	1.35	295.1	226.2	283.8	276.7	286.9
41	2004	287.00	0.7593	1.32	278.0	215.6	271.6	264.3	270.3
42	1990	254.00	0.7778	1.29	260.1	205.1	259.1	251.7	253.6
43	2012	228.00	0.7963	1.26	241.4	194.6	246.2	238.8	236.5
44	1987	223.00	0.8148	1.23	221.6	184.2	232.9	225.5	219.1
45	1996	221.00	0.8333	1.20	200.6	173.7	219.0	211.9	201.4
46	2013	212.00	0.8519	1.17	178.0	163.0	204.4	197.7	183.3
47	1962	194.00	0.8704	1.15	153.4	152.2	189.0	182.7	164.7
48	2010	138.00	0.8889	1.13	126.3	141.1	172.3	166.9	145.5
49	1964	121.00	0.9074	1.10	95.7	129.5	154.1	149.8	125.6
50	1998	98.50	0.9259	1.08	60.1	117.2	133.6	131.1	104.9
51	1968	93.30	0.9444	1.06	16.9	103.9	109.6	109.7	83.1
52	1956	85.60	0.9630	1.04	-39.7	88.7	79.5	84.0	59.7
53	1960	9.41	0.9815	1.02	-127.6	69.4	35.8	49.1	33.7
			0.9999	**1.00**	-607.2	18.1	-155.7	-56.1	0.3

Tabla A.84 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Diguillín en Longitudinal

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	8.8876	S/A	0.1010	S/A
LOG-NORMAL	5.5502	S/A	0.1036	S/A
GUMBEL	**1.5850**	S/A	0.0484	S/A
PEARSON	1.9433	S/A	**0.0460**	S/A
LOG-PEARSON	364998.0408	RECHAZA	0.1297	S/A

Los valores de la Tabla A.83 se muestran gráficamente en la Figura A.22. Además, se incluye la curva “Tendencia Gráfico”, que muestra la tendencia a simple vista de los datos medidos, sin corresponder ésta necesariamente a uno de los ajustes de probabilidad señalados. Esta tendencia se obtiene mediante análisis gráfico (visual) en primera instancia para luego obtener la ecuación que le corresponde mediante una regresión polinómica de segundo orden (se muestra en la misma figura).

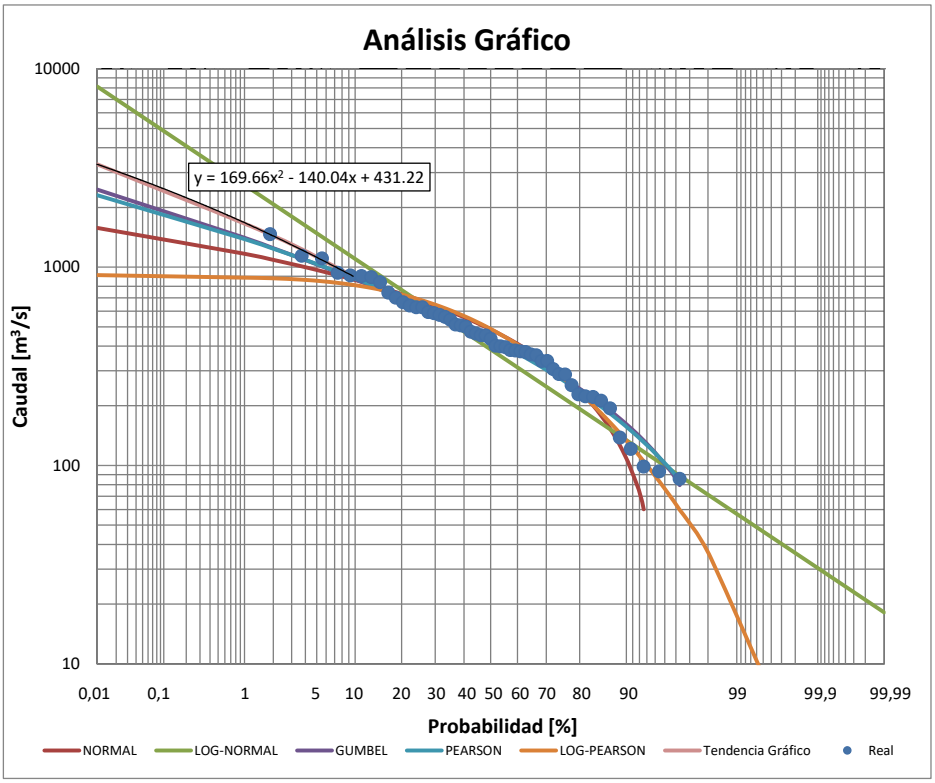


Figura A.22 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Diguillín en Longitudinal

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que ninguno de los ajustes probabilísticos analizados representa bien los datos, por lo que se usa la curva "Tendencia Gráfico" para obtener los caudales necesarios. En la Tabla A.85 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.85 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Diguillín en Longitudinal

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1678.6 m^3/s

A.24. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.86 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.86 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	1380.32	Número de datos	N	57
Desv. Estándar (x)	s_x	695.65	1.28255 / s_x	a	0.0018
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.2859	x_m - 0.57721 / a	x_f	1067.24
Promedio (ln(x))	y_m	7.06	S_x * Abs(G_x) / 2	b	99.43
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.66	4 / G_x^2	α	48.95
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.0838	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-3486.69

En la Tabla A.87, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.88.

Tabla A.87 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	3967.4	13496.8	6062.9	4407.1	3805.1
			0.01	**100.00**	2998.6	5391.3	3562.3	3143.8	3217.4
1	1983	3250	0.0172	58.00	2851.2	4688.5	3264.9	2964.3	3076.4
2	2006	2929	0.0345	29.00	2645.5	3858.4	2884.2	2719.2	2859.6
3	1974	2507	0.0517	19.33	2513.1	3403.7	2659.4	2564.8	2709.4
4	1960	2431	0.0690	14.50	2412.3	3093.9	2498.4	2449.1	2590.3
5	1972	2308	0.0862	11.60	2329.5	2860.5	2372.4	2355.1	2489.8
6	1993	2295	0.1034	9.67	2258.3	2673.9	2268.4	2275.0	2401.9
7	1982	2218	0.1207	8.29	2195.3	2519.0	2179.6	2204.8	2323.1
8	1965	2214	0.1379	7.25	2138.3	2386.7	2102.0	2141.8	2251.2
9	1980	2204	0.1552	6.44	2086.1	2271.3	2032.8	2084.4	2184.8
10	1969	2006	0.1724	5.80	2037.5	2169.2	1970.2	2031.4	2122.9
11	1992	1983	0.1897	5.27	1991.9	2077.6	1913.0	1982.0	2064.7
12	1991	1942	0.2069	4.83	1948.8	1994.5	1860.2	1935.6	2009.6
13	1959	1736	0.2241	4.46	1907.8	1918.5	1811.0	1891.6	1957.1
14	1986	1721	0.2414	4.14	1868.6	1848.5	1765.0	1849.8	1907.0
15	1978	1713	0.2586	3.87	1830.8	1783.6	1721.6	1809.7	1858.9
16	1975	1708	0.2759	3.63	1794.4	1723.0	1680.6	1771.2	1812.5
17	1961	1690	0.2931	3.41	1759.0	1666.2	1641.5	1734.1	1767.7
18	1979	1678	0.3103	3.22	1724.6	1612.8	1604.2	1698.1	1724.3
19	2005	1670	0.3276	3.05	1691.0	1562.3	1568.5	1663.1	1682.1
20	1958	1645	0.3448	2.90	1658.1	1514.4	1534.1	1629.1	1641.0
21	2000	1643	0.3621	2.76	1625.8	1468.8	1500.9	1595.8	1600.9
22	1984	1626	0.3793	2.64	1594.1	1425.3	1468.8	1563.2	1561.7

Tabla A.87 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	2002	1593	0.3966	2.52	1562.8	1383.6	1437.7	1531.2	1523.4
24	2001	1588	0.4138	2.42	1531.8	1343.7	1407.4	1499.6	1485.7
25	1963	1581	0.4310	2.32	1501.2	1305.2	1377.9	1468.6	1448.7
26	1977	1551	0.4483	2.23	1470.8	1268.1	1349.1	1437.8	1412.3
27	1971	1513	0.4655	2.15	1440.5	1232.3	1320.9	1407.4	1376.4
28	1997	1499	0.4828	2.07	1410.4	1197.7	1293.2	1377.2	1341.0
29	1994	1469	0.5000	2.00	1380.3	1164.0	1266.0	1347.2	1306.0
30	1957	1394	0.5172	1.93	1350.2	1131.3	1239.2	1317.4	1271.4
31	1981	1314	0.5345	1.87	1320.1	1099.5	1212.8	1287.6	1237.1
32	1985	1306	0.5517	1.81	1289.9	1068.4	1186.7	1257.8	1203.0
33	1987	1271	0.5690	1.76	1259.5	1038.1	1160.8	1227.9	1169.2
34	2008	1251	0.5862	1.71	1228.8	1008.4	1135.1	1198.0	1135.6
35	1995	1227	0.6034	1.66	1197.9	979.3	1109.6	1167.9	1102.1
36	1966	1125	0.6207	1.61	1166.5	950.7	1084.1	1137.6	1068.7
37	1973	1104	0.6379	1.57	1134.8	922.5	1058.7	1106.9	1035.3
38	1988	1085	0.6552	1.53	1102.5	894.7	1033.2	1076.0	1001.9
39	1999	1013	0.6724	1.49	1069.6	867.3	1007.7	1044.5	968.5
40	1970	993	0.6897	1.45	1036.1	840.1	982.0	1012.6	935.0
41	2003	989	0.7069	1.41	1001.6	813.2	956.2	980.0	901.3
42	1967	959	0.7241	1.38	966.3	786.4	930.0	946.7	867.3
43	1989	933	0.7414	1.35	929.8	759.7	903.5	912.5	833.1
44	2009	840	0.7586	1.32	892.1	733.0	876.5	877.3	798.5
45	2011	757	0.7759	1.29	852.8	706.3	848.9	840.9	763.4
46	1976	717	0.7931	1.26	811.8	679.3	820.7	803.1	727.8
47	1962	661	0.8103	1.23	768.7	652.2	791.5	763.6	691.4
48	2012	615	0.8276	1.21	723.2	624.6	761.3	722.1	654.2
49	2004	527	0.8448	1.18	674.6	596.5	729.7	678.2	616.0
50	1990	505	0.8621	1.16	622.3	567.7	696.5	631.2	576.4
51	1996	391	0.8793	1.14	565.3	537.9	661.1	580.5	535.3
52	2007	380	0.8966	1.12	502.3	506.7	622.9	524.8	492.1
53	1964	361	0.9138	1.09	431.1	473.7	581.0	462.6	446.2
54	2010	355	0.9310	1.07	348.3	437.9	533.7	391.0	396.7
55	1968	301	0.9483	1.05	247.5	398.1	478.3	305.0	341.9
56	1998	228	0.9655	1.04	115.2	351.2	408.7	194.1	278.5
57	1956	165	0.9828	1.02	-90.6	289.0	307.2	25.9	198.0
			0.9999	**1.00**	-1206.8	100.4	-137.1	-797.9	18.5

Tabla A.88 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	6.3618	S/A	**0.0700**	S/A
LOG-NORMAL	14.4072	RECHAZA	0.1476	S/A
GUMBEL	10.9495	RECHAZA	0.1014	S/A
PEARSON	6.0670	S/A	0.0752	S/A
LOG-PEARSON	**5.5794**	S/A	0.1017	S/A

Los valores de la Tabla A.87 se muestran gráficamente en la Figura A.23.

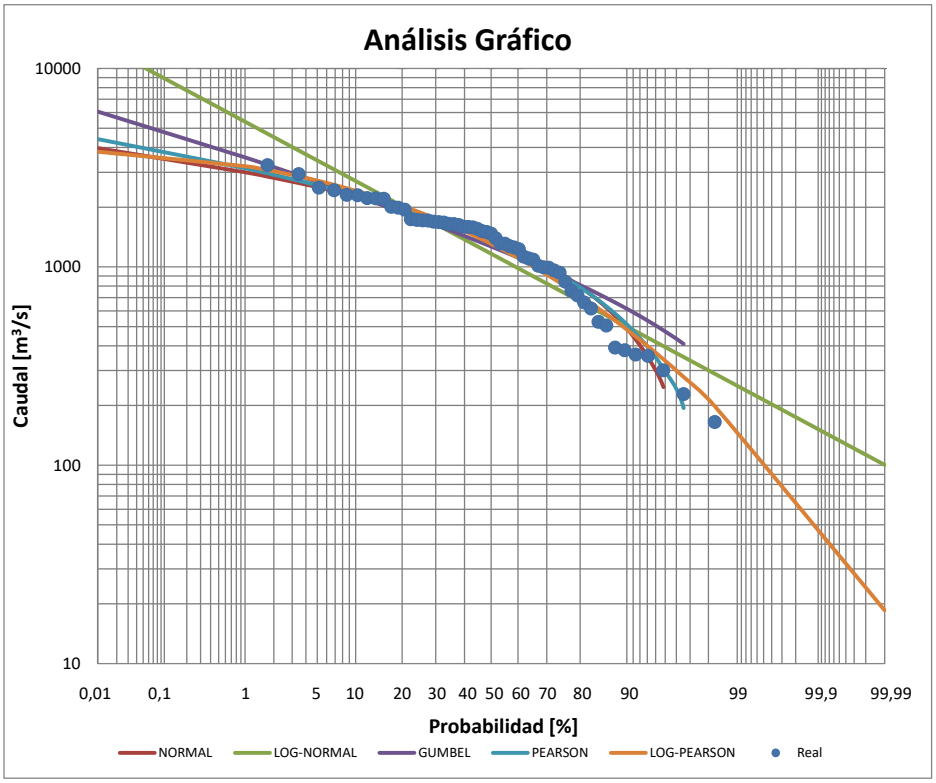


Figura A.23 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.89 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.89 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	3562.3 m^3/s

A.25. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.90 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.90 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	341.95	Número de datos	N	88
Desv. Estándar (x)	s_x	179.82	1.28255 / s_x	a	0.0071
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.9677	x_m - 0.57721 / a	x_f	261.02
Promedio (ln(x))	y_m	5.69	S_x * Abs(G_x) / 2	b	87.00
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.56	4 / G_x^2	α	4.27
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.4487	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-29.70

En la Tabla A.91, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.92.

Tabla A.91 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1010.7	2342.6	1552.3	1419.0	1421.3
			0.01	**100.00**	760.3	1080.9	906.0	883.0	899.6
1	1993	957.0	0.0112	89.00	752.3	1054.8	889.6	868.7	884.9
2	2006	771.0	0.0225	44.50	702.5	904.3	791.6	781.9	795.0
3	1983	735.0	0.0337	29.67	670.8	820.0	733.9	729.7	740.6
4	1994	717.0	0.0449	22.25	646.9	761.6	692.8	691.9	701.0
5	2001	698.0	0.0562	17.80	627.4	717.2	660.7	662.0	669.7
6	2000	684.0	0.0674	14.83	610.8	681.3	634.3	637.2	643.7
7	1991	676.0	0.0787	12.71	596.2	651.3	611.8	615.9	621.3
8	1979	646.0	0.0899	11.13	583.2	625.5	592.2	597.1	601.7
9	2002	622.0	0.1011	9.89	571.2	602.9	574.9	580.4	584.2
10	1986	613.0	0.1124	8.90	560.3	582.8	559.2	565.2	568.3
11	1982	606.0	0.1236	8.09	550.0	564.7	545.0	551.4	553.7
12	1961	525.0	0.1348	7.42	540.4	548.2	531.9	538.5	540.3
13	2003	509.0	0.1461	6.85	531.4	533.1	519.8	526.6	527.8
14	2005	501.0	0.1573	6.36	522.8	519.1	508.5	515.4	516.2
15	1965	495.0	0.1685	5.93	514.6	506.1	497.9	504.9	505.2
16	1989	488.0	0.1798	5.56	506.7	493.9	488.0	494.9	494.8
17	1980	478.0	0.1910	5.24	499.1	482.5	478.5	485.5	485.0
18	1997	474.0	0.2022	4.94	491.8	471.8	469.6	476.4	475.6
19	1969	473.0	0.2135	4.68	484.8	461.6	461.0	467.8	466.7
20	1977	472.0	0.2247	4.45	478.0	452.0	452.9	459.6	458.1
21	1985	471.0	0.2360	4.24	471.3	442.8	445.0	451.6	449.9
22	1972	448.0	0.2472	4.05	464.8	434.0	437.5	444.0	442.0

Tabla A.91 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1978	437.0	0.2584	3.87	458.5	425.6	430.3	436.6	434.3
24	1984	419.0	0.2697	3.71	452.3	417.6	423.3	429.4	426.9
25	1995	417.0	0.2809	3.56	446.3	409.9	416.6	422.5	419.8
26	1988	403.0	0.2921	3.42	440.3	402.4	410.0	415.8	412.9
27	1971	399.0	0.3034	3.30	434.5	395.2	403.7	409.2	406.2
28	1973	395.0	0.3146	3.18	428.8	388.3	397.5	402.8	399.6
29	2011	390.0	0.3258	3.07	423.1	381.6	391.5	396.6	393.3
30	1976	388.0	0.3371	2.97	417.6	375.1	385.7	390.5	387.1
31	2008	378.0	0.3483	2.87	412.1	368.7	379.9	384.6	381.0
32	1951	357.0	0.3596	2.78	406.6	362.6	374.4	378.8	375.1
33	1975	356.0	0.3708	2.70	401.2	356.6	368.9	373.1	369.3
34	1992	352.0	0.3820	2.62	395.9	350.8	363.5	367.5	363.6
35	1948	349.0	0.3933	2.54	390.6	345.2	358.3	362.0	358.0
36	2009	343.0	0.4045	2.47	385.4	339.6	353.2	356.6	352.6
37	1950	342.0	0.4157	2.41	380.2	334.2	348.1	351.3	347.2
38	1949	339.0	0.4270	2.34	375.1	328.9	343.1	346.1	341.9
39	1966	337.0	0.4382	2.28	369.9	323.7	338.2	340.9	336.7
40	1981	329.0	0.4494	2.23	364.8	318.7	333.4	335.8	331.6
41	1954	319.0	0.4607	2.17	359.7	313.7	328.6	330.8	326.6
42	1941	318.0	0.4719	2.12	354.6	308.8	323.9	325.9	321.6
43	1944	318.0	0.4831	2.07	349.5	304.0	319.3	321.0	316.7
44	1967	314.0	0.4944	2.02	344.5	299.3	314.7	316.1	311.9
45	1943	313.0	0.5056	1.98	339.4	294.6	310.1	311.3	307.1
46	1987	313.0	0.5169	1.93	334.3	290.1	305.6	306.5	302.4
47	1953	305.0	0.5281	1.89	329.3	285.6	301.2	301.8	297.7
48	1990	296.0	0.5393	1.85	324.2	281.1	296.7	297.1	293.0
49	1999	296.0	0.5506	1.82	319.1	276.7	292.3	292.5	288.4
50	1963	290.0	0.5618	1.78	314.0	272.4	288.0	287.9	283.9
51	1955	289.0	0.5730	1.75	308.8	268.1	283.6	283.2	279.3
52	2012	279.0	0.5843	1.71	303.7	263.9	279.3	278.7	274.8
53	2004	278.0	0.5955	1.68	298.5	259.6	275.0	274.1	270.3
54	2010	278.0	0.6067	1.65	293.2	255.5	270.7	269.5	265.9
55	1945	272.0	0.6180	1.62	288.0	251.4	266.4	265.0	261.5
56	2007	271.0	0.6292	1.59	282.6	247.3	262.1	260.5	257.0
57	1942	270.0	0.6404	1.56	277.3	243.2	257.8	255.9	252.6
58	1959	266.0	0.6517	1.53	271.8	239.1	253.6	251.4	248.2
59	1970	235.0	0.6629	1.51	266.3	235.1	249.3	246.9	243.9
60	1947	234.0	0.6742	1.48	260.8	231.1	245.0	242.3	239.5
61	2013	220.0	0.6854	1.46	255.1	227.1	240.6	237.8	235.1
62	1996	215.0	0.6966	1.44	249.4	223.1	236.3	233.2	230.7
63	1956	214.0	0.7079	1.41	243.6	219.1	231.9	228.6	226.3
64	1958	214.0	0.7191	1.39	237.6	215.2	227.5	223.9	221.9
65	1946	204.0	0.7303	1.37	231.6	211.2	223.1	219.3	217.5
66	1957	193.0	0.7416	1.35	225.4	207.2	218.6	214.6	213.0
67	1952	187.0	0.7528	1.33	219.1	203.2	214.1	209.8	208.5
68	1974	187.0	0.7640	1.31	212.6	199.2	209.5	205.0	204.0
69	1927	172.0	0.7753	1.29	205.9	195.1	204.8	200.2	199.4
70	1930	172.0	0.7865	1.27	199.1	191.0	200.1	195.2	194.8
71	1933	172.0	0.7978	1.25	192.0	186.9	195.3	190.2	190.1
72	1931	171.0	0.8090	1.24	184.8	182.7	190.3	185.1	185.4
73	1932	171.0	0.8202	1.22	177.2	178.5	185.3	179.9	180.6
74	1925	170.0	0.8315	1.20	169.3	174.2	180.1	174.6	175.7

Tabla A.91 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
75	1928	167.0	0.8427	1.19	161.1	169.9	174.8	169.1	170.7
76	1962	167.0	0.8539	1.17	152.5	165.4	169.3	163.5	165.6
77	1924	162.0	0.8652	1.16	143.5	160.9	163.6	157.7	160.3
78	1940	162.0	0.8764	1.14	133.9	156.2	157.6	151.7	154.9
79	1937	161.0	0.8876	1.13	123.6	151.3	151.4	145.4	149.2
80	1939	161.0	0.8989	1.11	112.6	146.3	144.8	138.9	143.3
81	1926	155.0	0.9101	1.10	100.7	141.0	137.7	131.9	137.2
82	1929	155.0	0.9213	1.09	87.6	135.4	130.2	124.5	130.7
83	1938	154.0	0.9326	1.07	73.1	129.4	121.9	116.6	123.7
84	1968	113.0	0.9438	1.06	56.5	123.0	112.8	107.8	116.1
85	1964	110.0	0.9551	1.05	37.0	115.8	102.3	98.0	107.7
86	1936	99.6	0.9663	1.03	13.1	107.5	89.9	86.7	98.1
87	1998	69.3	0.9775	1.02	-18.6	97.5	74.0	72.7	86.4
88	1960	50.5	0.9888	1.01	-68.5	83.6	50.5	53.0	70.4
			0.9999	**1.00**	-326.8	37.6	-50.3	-10.2	21.5

Tabla A.92 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Itata en Cholguán

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	12.0248	RECHAZA	0.0756	S/A
LOG-NORMAL	5.4135	S/A	0.0584	S/A
GUMBEL	**4.0772**	S/A	**0.0409**	S/A
PEARSON	4.0958	S/A	0.0463	S/A
LOG-PEARSON	4.1691	S/A	0.0479	S/A

Los valores de la Tabla A.91 se muestran gráficamente en la Figura A.24.

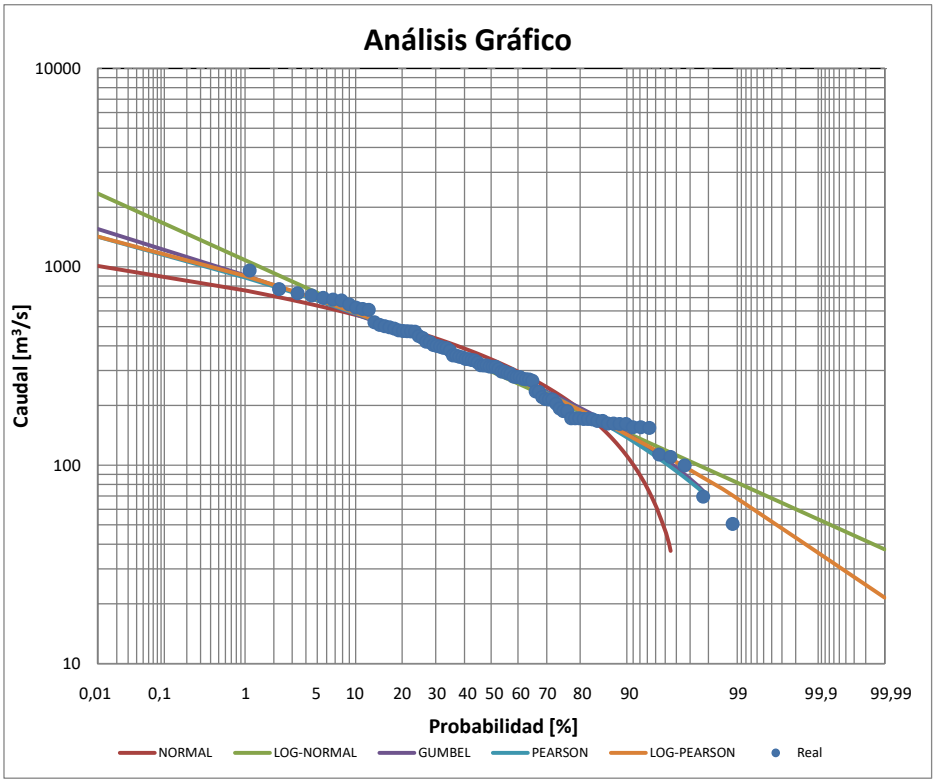


Figura A.24 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Cholguán

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Normal. En la Tabla A.93 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.93 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Itata en Cholguán

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1080.9 m^3/s

A.26. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.94 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.94 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	3486.59	Número de datos	N	29
Desv. Estándar (x)	s_x	1977.12	$1.28255 / s_x$	a	0.0006
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.2440	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	2596.78
Promedio (ln(x))	y_m	7.96	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	241.25
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.68	$4 / G_x^2$	α	67.16
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.5408	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-12716.45

En la Tabla A.95, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.96.

Tabla A.95 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	10839.5	36215.5	16795.0	11901.4	17486.4
			0.01	**100.00**	8086.1	14014.1	9688.2	8438.8	10684.1
			0.02	**50.00**	7547.1	11637.4	8611.8	7801.5	9501.5
1	1991	7152	0.0333	30.00	7112.5	10017.7	7813.9	7296.9	8597.6
2	1993	6488	0.0667	15.00	6454.4	7984.2	6718.5	6548.9	7321.1
3	2002	6250	0.1000	10.00	6020.4	6874.3	6065.9	6065.9	6543.0
4	2001	6043	0.1333	7.50	5682.7	6118.8	5593.9	5695.7	5973.9
5	2000	5780	0.1667	6.00	5399.3	5549.1	5220.5	5388.8	5520.9
6	1992	5736	0.2000	5.00	5150.6	5093.1	4909.0	5122.3	5142.2
7	2005	5541	0.2333	4.29	4925.8	4713.2	4639.9	4883.7	4814.8
8	2008	5067	0.2667	3.75	4718.2	4387.6	4401.5	4665.2	4525.2
9	1997	5047	0.3000	3.33	4523.4	4102.6	4186.0	4461.9	4264.3
10	1994	4746	0.3333	3.00	4338.2	3848.8	3988.4	4270.1	4026.1
11	1986	4712	0.3667	2.73	4160.2	3619.7	3804.7	4087.0	3806.0
12	2006	4242	0.4000	2.50	3987.5	3410.4	3632.3	3910.7	3600.6
13	2003	3515	0.4333	2.31	3818.5	3217.4	3468.8	3739.4	3407.5
14	1988	3163	0.4667	2.14	3652.0	3037.9	3312.4	3571.7	3224.4
15	1995	3060	0.5000	2.00	3486.6	2869.5	3161.8	3406.3	3049.8
16	1999	3049	0.5333	1.88	3321.2	2710.4	3015.5	3242.0	2882.1
17	2009	3038	0.5667	1.76	3154.6	2559.1	2872.5	3077.7	2720.3
18	1987	2490	0.6000	1.67	2985.7	2414.3	2731.6	2912.2	2563.1
19	1989	2477	0.6333	1.58	2813.0	2274.7	2591.7	2744.2	2409.5
20	2011	1945	0.6667	1.50	2635.0	2139.3	2451.8	2572.3	2258.6
21	2013	1666	0.7000	1.43	2449.8	2007.0	2310.6	2394.8	2109.2

Tabla A.95 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	2004	1627	0.7333	1.36	2255.0	1876.6	2166.8	2209.7	1960.5
23	1985	1567	0.7667	1.30	2047.4	1747.0	2018.4	2014.0	1811.0
24	1996	1460	0.8000	1.25	1822.6	1616.7	1863.2	1804.0	1659.2
25	2007	1377	0.8333	1.20	1573.9	1483.8	1697.8	1574.1	1503.1
26	1990	1228	0.8667	1.15	1290.5	1345.7	1516.8	1315.0	1339.6
27	2012	1146	0.9000	1.11	952.8	1197.8	1311.1	1010.5	1163.6
28	2010	921	0.9333	1.07	518.8	1031.3	1061.0	625.5	965.3
29	1998	578	0.9667	1.03	-139.3	821.9	709.7	55.7	718.0
			0.9999	**1.00**	-3866.4	227.4	-826.0	-2868.0	98.5

Tabla A.96 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Itata en Coelemu

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	15.8802	RECHAZA	0.2014	S/A
LOG-NORMAL	14.2559	RECHAZA	0.1612	S/A
GUMBEL	16.2210	RECHAZA	0.1729	S/A
PEARSON	14.6108	RECHAZA	0.1912	S/A
LOG-PEARSON	**11.3280**	RECHAZA	**0.1323**	S/A

Los valores de la Tabla A.95 se muestran gráficamente en la Figura A.25.

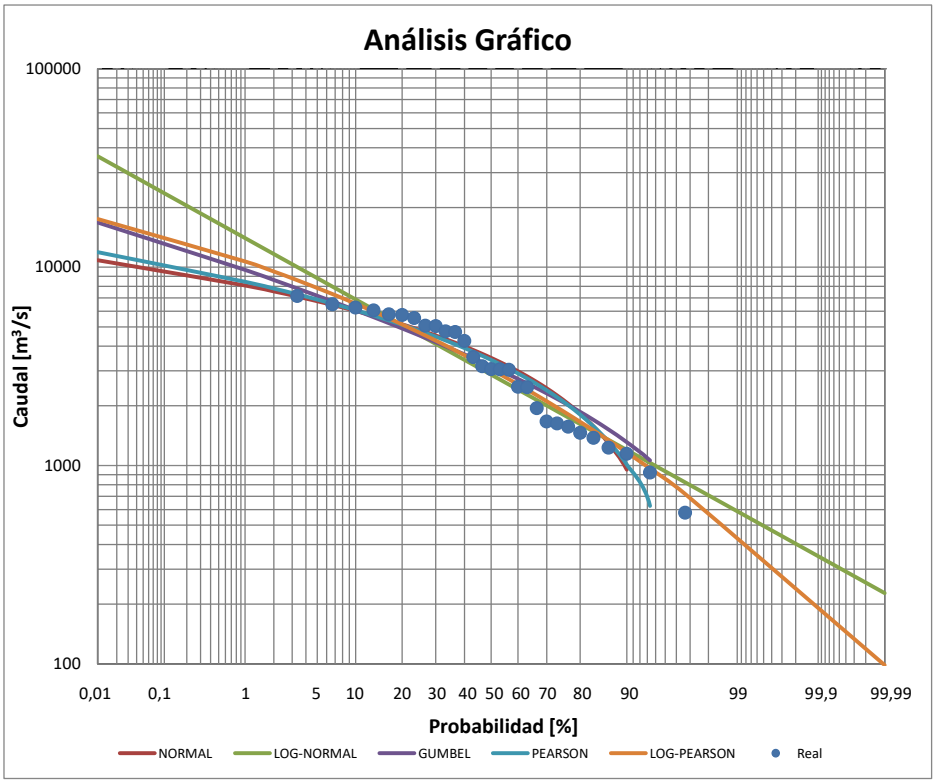


Figura A.25 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Itata en Coelemu

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Normal. En la Tabla A.97 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.97 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Itata en Coelemu

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	8086.1 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	7547.1 m^3/s

A.27. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.98 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.98 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	877.69	Número de datos	N	55
Desv. Estándar (x)	s_x	442.36	1.28255 / s_x	a	0.0029
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.4740	x_m - 0.57721 / a	x_f	678.61
Promedio (ln(x))	y_m	6.63	S_x * Abs(G_x) / 2	b	104.85
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.60	4 / G_x^2	α	17.80
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.7820	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-988.70

En la Tabla A.99, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.100.

Tabla A.99 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	2522.8	6964.6	3855.3	2995.3	2879.9
			0.01	**100.00**	1906.8	3030.6	2265.2	2058.8	2152.9
1	2006	2060	0.0179	56.00	1806.7	2647.5	2063.9	1922.1	2017.0
2	2003	1873	0.0357	28.00	1675.2	2216.5	1821.7	1748.8	1835.3
3	2002	1706	0.0536	18.67	1590.4	1976.8	1678.6	1640.8	1717.8
4	2001	1501	0.0714	14.00	1525.9	1811.7	1576.1	1560.5	1628.5
5	2005	1493	0.0893	11.20	1472.7	1686.3	1495.9	1495.7	1555.4
6	1972	1471	0.1071	9.33	1427.0	1585.4	1429.6	1440.8	1493.0
7	1986	1402	0.1250	8.00	1386.6	1501.0	1373.0	1392.9	1438.2
8	1991	1351	0.1429	7.00	1349.9	1428.6	1323.5	1350.0	1389.1
9	1983	1330	0.1607	6.22	1316.3	1365.1	1279.4	1311.2	1344.3
10	2008	1312	0.1786	5.60	1285.0	1308.7	1239.4	1275.4	1303.1
11	1982	1283	0.1964	5.09	1255.7	1257.8	1202.9	1242.2	1264.8
12	2000	1211	0.2143	4.67	1227.9	1211.5	1169.2	1211.0	1228.9
13	1969	1187	0.2321	4.31	1201.4	1168.9	1137.8	1181.6	1195.1
14	1961	1180	0.2500	4.00	1176.1	1129.6	1108.3	1153.7	1163.0
15	1979	1174	0.2679	3.73	1151.6	1092.9	1080.6	1127.0	1132.5
16	1980	1160	0.2857	3.50	1128.0	1058.7	1054.3	1101.5	1103.2
17	1971	1133	0.3036	3.29	1105.1	1026.4	1029.3	1076.9	1075.2
18	1993	1126	0.3214	3.11	1082.8	995.9	1005.4	1053.1	1048.1
19	1958	1083	0.3393	2.95	1061.0	967.0	982.4	1030.0	1022.0
20	1985	1058	0.3571	2.80	1039.6	939.5	960.3	1007.6	996.7
21	1981	1054	0.3750	2.67	1018.6	913.2	939.0	985.7	972.1
22	1978	1039	0.3929	2.55	998.0	888.1	918.4	964.3	948.2

Tabla A.99 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1975	972	0.4107	2.43	977.5	863.9	898.3	943.3	924.8
24	1965	942	0.4286	2.33	957.3	840.6	878.8	922.7	902.0
25	1960	853	0.4464	2.24	937.3	818.2	859.8	902.4	879.7
26	1959	851	0.4643	2.15	917.3	796.5	841.2	882.4	857.7
27	1997	824	0.4821	2.07	897.5	775.4	822.9	862.6	836.2
28	1994	796	0.5000	2.00	877.7	754.9	805.0	843.0	815.0
29	1963	791	0.5179	1.93	857.9	735.0	787.4	823.5	794.1
30	1995	761	0.5357	1.87	838.0	715.6	770.0	804.1	773.4
31	2009	731	0.5536	1.81	818.1	696.6	752.8	784.7	753.0
32	1966	721	0.5714	1.75	798.1	677.9	735.8	765.4	732.7
33	1987	707	0.5893	1.70	777.8	659.7	718.9	746.1	712.6
34	1977	701	0.6071	1.65	757.4	641.7	702.0	726.7	692.6
35	1988	683	0.6250	1.60	736.7	624.1	685.3	707.3	672.7
36	1984	680	0.6429	1.56	715.7	606.6	668.5	687.6	652.9
37	1989	654	0.6607	1.51	694.4	589.4	651.8	667.8	633.0
38	1990	652	0.6786	1.47	672.6	572.2	634.9	647.8	613.2
39	2012	615	0.6964	1.44	650.2	555.3	618.0	627.4	593.3
40	1967	585	0.7143	1.40	627.3	538.3	600.9	606.7	573.2
41	1992	581	0.7321	1.37	603.7	521.4	583.6	585.5	553.1
42	1957	563	0.7500	1.33	579.3	504.5	565.9	563.8	532.7
43	1999	494	0.7679	1.30	554.0	487.5	548.0	541.5	512.0
44	1996	489	0.7857	1.27	527.5	470.4	529.6	518.4	491.0
45	1970	471	0.8036	1.24	499.7	453.1	510.6	494.5	469.6
46	1976	448	0.8214	1.22	470.4	435.5	491.0	469.4	447.6
47	1962	419	0.8393	1.19	439.1	417.5	470.5	443.1	425.0
48	2004	374	0.8571	1.17	405.4	398.9	449.0	415.0	401.6
49	1968	328	0.8750	1.14	368.8	379.7	426.1	385.0	377.1
50	1964	296	0.8929	1.12	328.3	359.5	401.4	352.2	351.3
51	2010	263	0.9107	1.10	282.6	338.0	374.4	315.9	323.7
52	1998	247	0.9286	1.08	229.5	314.6	343.9	274.5	293.6
53	2007	246	0.9464	1.06	165.0	288.3	308.2	225.4	259.9
54	2013	215	0.9643	1.04	80.2	257.1	263.5	162.9	220.0
55	1974	133	0.9821	1.02	-51.3	215.3	198.3	70.2	167.6
			0.9999	**1.00**	-767.5	81.8	-87.2	-348.7	27.7

Tabla A.100 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Laja en Puente Perales

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	5.2309	S/A	0.0503	S/A
LOG-NORMAL	6.8187	S/A	0.0790	S/A
GUMBEL	5.4682	S/A	0.0685	S/A
PEARSON	3.7603	S/A	0.0491	S/A
LOG-PEARSON	**3.2625**	S/A	**0.0450**	S/A

Los valores de la Tabla A.99 se muestran gráficamente en la Figura A.26.

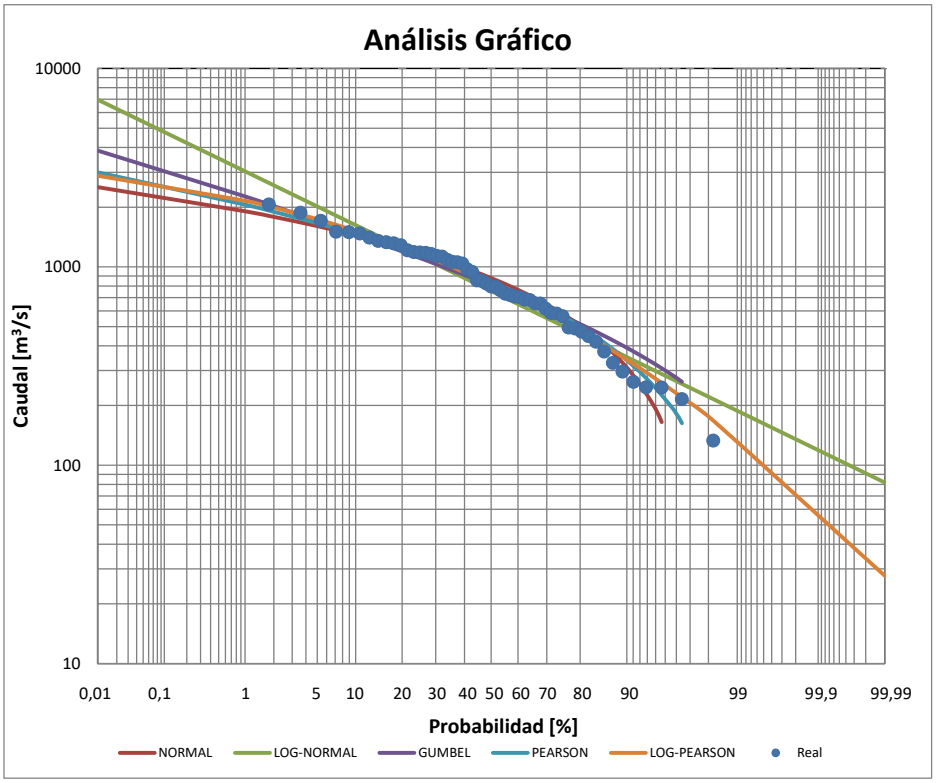


Figura A.26 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Laja en Puente Perales

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.101 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.101 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Laja en Puente Perales

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	2152.9 m^3/s

A.28. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.102 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.102 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	829.20	Número de datos	N	53
Desv. Estándar (x)	s_x	528.18	1.28255 / s_x	a	0.0024
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.0227	x_m - 0.57721 / a	x_f	591.49
Promedio (ln(x))	y_m	6.49	S_x * Abs(G_x) / 2	b	270.09
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.73	4 / G_x^2	α	3.82
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.5906	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-203.72

En la Tabla A.103, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.104.

Tabla A.103 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	2793.5	10008.3	4384.5	4065.8	4300.4
			0.01	**100.00**	2057.9	3618.6	2485.9	2437.7	2634.9
1	1991	2479.0	0.0185	54.00	1930.6	3034.5	2230.4	2206.7	2371.7
2	1993	2059.0	0.0370	27.00	1772.6	2438.8	1941.0	1939.2	2062.2
3	1979	2018.0	0.0556	18.00	1670.7	2118.2	1770.1	1777.7	1874.0
4	1986	1884.0	0.0741	13.50	1593.0	1902.3	1647.6	1660.1	1737.0
5	1972	1482.0	0.0926	10.80	1529.0	1741.2	1551.6	1566.9	1628.4
6	1994	1457.0	0.1111	9.00	1473.9	1613.5	1472.3	1489.2	1538.2
7	1969	1437.0	0.1296	7.71	1425.1	1508.1	1404.6	1422.1	1460.7
8	1980	1387.0	0.1481	6.75	1380.8	1418.6	1345.3	1363.0	1392.6
9	1978	1333.0	0.1667	6.00	1340.2	1341.0	1292.4	1310.0	1331.7
10	1983	1327.0	0.1852	5.40	1302.3	1272.6	1244.5	1261.7	1276.6
11	1981	1191.0	0.2037	4.91	1266.8	1211.6	1200.7	1217.2	1226.2
12	1982	1146.0	0.2222	4.50	1233.1	1156.4	1160.2	1176.0	1179.6
13	1997	1111.0	0.2407	4.15	1201.0	1106.2	1122.5	1137.4	1136.3
14	1961	1051.0	0.2593	3.86	1170.2	1060.1	1087.2	1101.1	1095.7
15	1971	980.0	0.2778	3.60	1140.5	1017.5	1053.8	1066.7	1057.6
16	1963	979.0	0.2963	3.38	1111.8	977.8	1022.2	1034.1	1021.5
17	1953	966.0	0.3148	3.18	1083.9	940.8	992.1	1002.8	987.2
18	1985	945.0	0.3333	3.00	1056.7	906.1	963.2	972.9	954.5
19	1987	943.0	0.3519	2.84	1030.1	873.3	935.6	944.1	923.3
20	1959	913.0	0.3704	2.70	1004.0	842.3	908.9	916.3	893.4
21	1992	870.0	0.3889	2.57	978.3	812.9	883.2	889.4	864.6
22	1955	858.0	0.4074	2.45	952.9	784.9	858.2	863.3	836.8

Tabla A.103 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1966	846.0	0.4259	2.35	927.8	758.2	834.0	837.9	810.0
24	1958	816.0	0.4444	2.25	903.0	732.6	810.3	813.1	784.0
25	1975	812.0	0.4630	2.16	878.3	708.0	787.2	788.9	758.8
26	1984	785.0	0.4815	2.08	853.7	684.3	764.6	765.1	734.2
27	1965	763.0	0.5000	2.00	829.2	661.5	742.4	741.8	710.3
28	1988	752.0	0.5185	1.93	804.7	639.4	720.6	718.9	687.0
29	1974	748.0	0.5370	1.86	780.1	618.0	699.1	696.3	664.1
30	1995	701.0	0.5556	1.80	755.4	597.3	677.8	673.9	641.8
31	1996	688.0	0.5741	1.74	730.6	577.1	656.7	651.8	619.8
32	1960	658.0	0.5926	1.69	705.5	557.5	635.8	629.9	598.2
33	1976	641.0	0.6111	1.64	680.1	538.2	615.0	608.1	577.0
34	1957	633.0	0.6296	1.59	654.4	519.5	594.3	586.4	556.0
35	1977	623.0	0.6481	1.54	628.3	501.0	573.5	564.8	535.3
36	1990	568.0	0.6667	1.50	601.7	482.9	552.8	543.1	514.8
37	1948	522.0	0.6852	1.46	574.5	465.1	531.9	521.4	494.4
38	1954	479.0	0.7037	1.42	546.6	447.5	510.8	499.6	474.2
39	1947	468.0	0.7222	1.38	517.9	430.0	489.5	477.6	454.0
40	1970	419.0	0.7407	1.35	488.2	412.8	467.9	455.4	433.9
41	1989	402.0	0.7593	1.32	457.4	395.5	445.9	432.8	413.8
42	1964	359.0	0.7778	1.29	425.3	378.4	423.4	409.9	393.5
43	1950	339.0	0.7963	1.26	391.6	361.2	400.2	386.4	373.1
44	1967	284.0	0.8148	1.23	356.1	343.8	376.3	362.2	352.5
45	1949	283.0	0.8333	1.20	318.2	326.3	351.3	337.3	331.6
46	1951	276.0	0.8519	1.17	277.6	308.4	325.1	311.3	310.2
47	1962	215.0	0.8704	1.15	233.3	290.1	297.3	284.0	288.1
48	1956	211.0	0.8889	1.13	184.5	271.2	267.3	254.9	265.3
49	1952	210.0	0.9074	1.10	129.4	251.3	234.5	223.6	241.3
50	1973	196.0	0.9259	1.08	65.4	230.0	197.6	189.1	215.6
51	1946	190.0	0.9444	1.06	-12.3	206.6	154.4	149.7	187.5
52	1968	148.0	0.9630	1.04	-114.2	179.4	100.3	102.1	155.3
53	1998	96.4	0.9815	1.02	-272.3	144.2	21.7	37.2	114.5
			0.9999	**1.00**	-1135.1	43.7	-322.9	-164.1	16.4

Tabla A.104 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Ñuble en San Fabián

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	11.7897	RECHAZA	0.1181	S/A
LOG-NORMAL	5.9205	S/A	0.0879	S/A
GUMBEL	5.1530	S/A	0.0669	S/A
PEARSON	4.6038	S/A	0.0553	S/A
LOG-PEARSON	**4.1136**	S/A	**0.0639**	S/A

Los valores de la Tabla A.103 se muestran gráficamente en la Figura A.27.

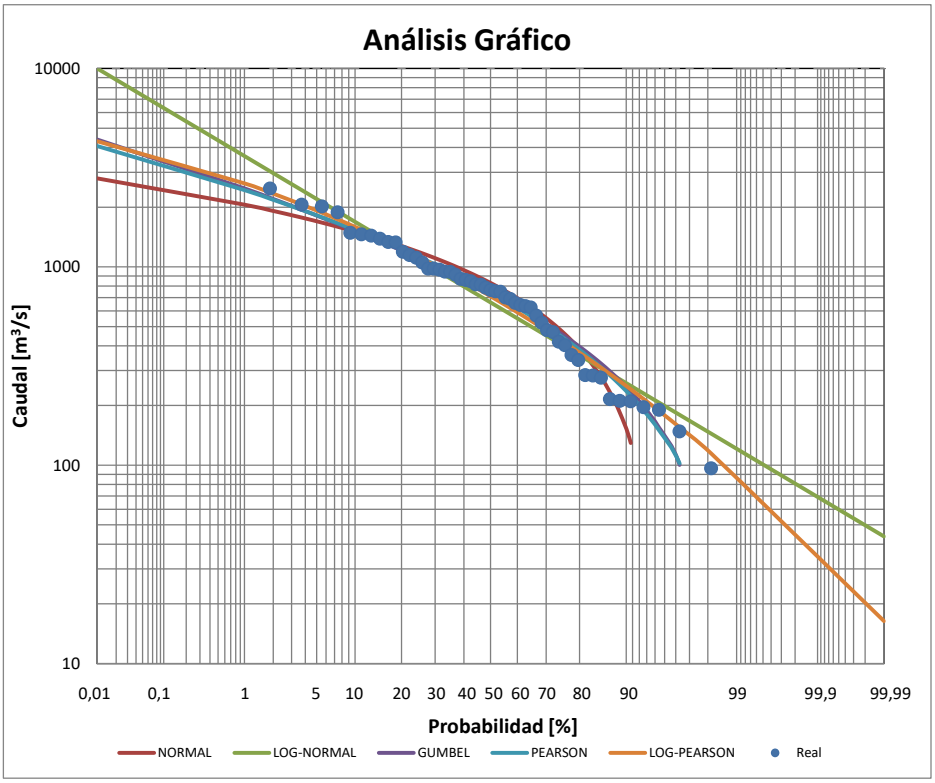


Figura A.27 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Ñuble en San Fabián

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.105 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.105 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Ñuble en San Fabián

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	2634.9 m^3/s

A.29. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.106 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.106 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	704.22	Número de datos	N	67
Desv. Estándar (x)	s_x	255.59	1.28255 / s_x	a	0.0050
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.2351	x_m - 0.57721 / a	x_f	589.20
Promedio (ln(x))	y_m	6.48	S_x * Abs(G_x) / 2	b	30.05
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.41	4 / G_x^2	α	72.36
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.7128	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-1469.92

En la Tabla A.107, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.108.

Tabla A.107 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1654.8	2970.8	2424.7	1786.9	1704.4
			0.01	**100.00**	1298.8	1685.4	1505.9	1342.8	1362.4
1	1976	1350	0.0147	68.00	1260.9	1586.6	1428.6	1298.0	1320.6
2	2002	1236	0.0294	34.00	1187.2	1410.9	1289.0	1212.3	1237.5
3	2001	1220	0.0441	22.67	1139.9	1308.7	1206.7	1158.3	1183.2
4	1961	1197	0.0588	17.00	1104.2	1236.2	1147.8	1117.9	1141.7
5	2008	1098	0.0735	13.60	1074.8	1179.8	1101.8	1085.1	1107.5
6	2003	1087	0.0882	11.33	1049.7	1133.5	1063.9	1057.2	1078.1
7	2006	1081	0.1029	9.71	1027.5	1094.2	1031.6	1032.8	1052.2
8	1958	1049	0.1176	8.50	1007.6	1060.0	1003.3	1010.9	1028.8
9	1993	1011	0.1324	7.56	989.3	1029.6	978.2	991.0	1007.5
10	1957	937	0.1471	6.80	972.4	1002.2	955.6	972.7	987.7
11	1980	912	0.1618	6.18	956.6	977.3	934.9	955.6	969.3
12	1972	876	0.1765	5.67	941.6	954.3	915.8	939.6	951.9
13	1995	872	0.1912	5.23	927.5	933.1	898.2	924.5	935.5
14	1954	870	0.2059	4.86	914.0	913.3	881.6	910.2	919.9
15	1978	847	0.2206	4.53	901.1	894.7	866.1	896.5	905.0
16	1979	847	0.2353	4.25	888.6	877.1	851.4	883.3	890.7
17	1981	842	0.2500	4.00	876.6	860.5	837.5	870.7	876.9
18	1982	841	0.2647	3.78	865.0	844.7	824.2	858.5	863.5
19	1994	839	0.2794	3.58	853.6	829.6	811.5	846.6	850.6
20	1959	837	0.2941	3.40	842.6	815.1	799.4	835.1	838.1
21	1973	828	0.3088	3.24	831.8	801.2	787.7	823.9	825.9
22	1997	819	0.3235	3.09	821.2	787.8	776.4	813.0	814.0

Tabla A.107 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1984	815	0.3382	2.96	810.9	774.9	765.5	802.3	802.3
24	1965	814	0.3529	2.83	800.7	762.5	754.9	791.8	791.0
25	1950	802	0.3676	2.72	790.6	750.4	744.7	781.5	779.8
26	1951	801	0.3824	2.62	780.7	738.6	734.7	771.4	768.8
27	1971	780	0.3971	2.52	770.9	727.2	725.0	761.4	758.0
28	2010	770	0.4118	2.43	761.2	716.0	715.5	751.5	747.3
29	1983	767	0.4265	2.34	751.6	705.1	706.2	741.8	736.8
30	1992	746	0.4412	2.27	742.0	694.5	697.1	732.2	726.4
31	1985	742	0.4559	2.19	732.5	684.1	688.2	722.6	716.1
32	1949	740	0.4706	2.13	723.1	673.8	679.4	713.1	706.0
33	1953	732	0.4853	2.06	713.6	663.8	670.7	703.6	695.9
34	1977	730	0.5000	2.00	704.2	653.9	662.2	694.2	685.8
35	1991	712	0.5147	1.94	694.8	644.2	653.8	684.8	675.9
36	2005	705	0.5294	1.89	685.4	634.6	645.5	675.5	665.9
37	2000	702	0.5441	1.84	675.9	625.1	637.3	666.1	656.0
38	1960	684	0.5588	1.79	666.4	615.7	629.2	656.7	646.2
39	1986	664	0.5735	1.74	656.8	606.4	621.1	647.3	636.3
40	2004	637	0.5882	1.70	647.2	597.2	613.0	637.9	626.4
41	1963	623	0.6029	1.66	637.5	588.0	605.0	628.4	616.5
42	2012	619	0.6176	1.62	627.7	578.9	597.0	618.9	606.6
43	1947	607	0.6324	1.58	617.8	569.8	589.1	609.2	596.7
44	1946	590	0.6471	1.55	607.8	560.8	581.1	599.5	586.7
45	1989	590	0.6618	1.51	597.6	551.8	573.1	589.6	576.6
46	1962	586	0.6765	1.48	587.2	542.7	565.1	579.6	566.4
47	1969	549	0.6912	1.45	576.6	533.7	557.1	569.5	556.2
48	1988	548	0.7059	1.42	565.8	524.6	549.0	559.2	545.8
49	1948	533	0.7206	1.39	554.8	515.4	540.8	548.7	535.2
50	1999	526	0.7353	1.36	543.5	506.2	532.5	537.9	524.5
51	1966	522	0.7500	1.33	531.8	496.9	524.1	526.9	513.6
52	1970	519	0.7647	1.31	519.8	487.5	515.6	515.5	502.5
53	1990	509	0.7794	1.28	507.4	477.9	506.9	503.8	491.2
54	2009	500	0.7941	1.26	494.4	468.2	498.0	491.7	479.5
55	1974	484	0.8088	1.24	480.9	458.3	488.8	479.2	467.5
56	1967	438	0.8235	1.21	466.8	448.0	479.4	466.1	455.1
57	1952	430	0.8382	1.19	451.9	437.5	469.7	452.3	442.2
58	1975	426	0.8529	1.17	436.1	426.7	459.5	437.8	428.8
59	1987	422	0.8676	1.15	419.2	415.3	448.9	422.3	414.7
60	1964	346	0.8824	1.13	400.9	403.4	437.6	405.7	399.7
61	2007	316	0.8971	1.11	380.9	390.8	425.5	387.6	383.8
62	1968	305	0.9118	1.10	358.7	377.2	412.4	367.7	366.5
63	1955	295	0.9265	1.08	333.6	362.4	398.0	345.4	347.6
64	2011	292	0.9412	1.06	304.3	345.9	381.7	319.5	326.2
65	1956	291	0.9559	1.05	268.5	326.7	362.4	288.3	301.3
66	1996	240	0.9706	1.03	221.3	303.1	338.0	247.6	270.4
67	1998	238	0.9853	1.01	147.6	269.5	302.3	185.4	226.6
			0.9999	**1.00**	-246.3	143.9	146.7	-121.8	73.8

Tabla A.108 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Allipén en Los Laureles

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	10.1556	S/A	**0.0655**	S/A
LOG-NORMAL	12.9448	RECHAZA	0.1134	S/A
GUMBEL	17.1473	RECHAZA	0.1012	S/A
PEARSON	9.6588	RECHAZA	0.0718	S/A
LOG-PEARSON	**8.7853**	S/A	0.0833	S/A

Los valores de la Tabla A.107 se muestran gráficamente en la Figura A.28.

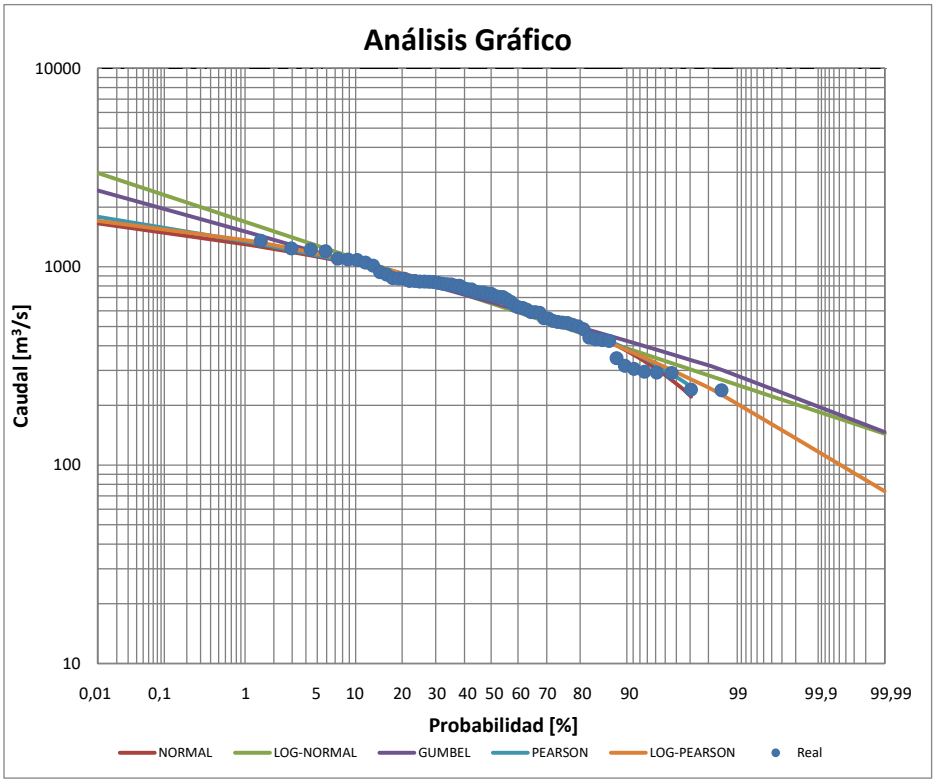


Figura A.28 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Allipén en Los Laureles

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Normal. En la Tabla A.109 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.109 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Allipén en Los Laureles

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1362.4 m^3/s

A.30. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.110 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.110 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	477.69	Número de datos	N	84
Desv. Estándar (x)	s_x	157.51	$1.28255 / s_x$	a	0.0081
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.2401	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	406.80
Promedio (ln(x))	y_m	6.11	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	18.91
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.36	$4 / G_x^2$	α	69.38
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.7254	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-834.32

En la Tabla A.111, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.112.

Tabla A.111 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1063.5	1735.8	1537.9	1146.7	1049.5
			0.01	**100.00**	844.1	1046.9	971.8	871.8	863.1
1	1937	948	0.0118	85.00	834.4	1023.8	951.7	860.2	853.5
2	1959	799	0.0235	42.50	790.5	925.2	865.8	808.7	808.8
3	1930	748	0.0353	28.33	762.5	867.4	815.3	776.4	779.6
4	1950	738	0.0471	21.25	741.4	826.2	779.2	752.3	757.1
5	1949	731	0.0588	17.00	724.2	794.0	751.0	732.8	738.6
6	1944	730	0.0706	14.17	709.5	767.6	727.9	716.3	722.7
7	1957	725	0.0824	12.14	696.5	745.1	708.2	701.9	708.6
8	1976	693	0.0941	10.63	684.9	725.4	691.0	689.1	696.0
9	1993	683	0.1059	9.44	674.4	708.0	675.8	677.4	684.4
10	1932	667	0.1176	8.50	664.6	692.2	662.0	666.7	673.6
11	1965	654	0.1294	7.73	655.5	677.9	649.5	656.8	663.6
12	2006	641	0.1412	7.08	647.0	664.7	638.0	647.6	654.2
13	1934	636	0.1529	6.54	639.0	652.5	627.4	638.8	645.3
14	1961	626	0.1647	6.07	631.3	641.1	617.4	630.6	636.9
15	2001	622	0.1765	5.67	624.0	630.4	608.1	622.7	628.8
16	1953	607	0.1882	5.31	617.0	620.3	599.3	615.2	621.1
17	1991	607	0.2000	5.00	610.3	610.7	591.0	608.0	613.6
18	1940	606	0.2118	4.72	603.7	601.6	583.1	601.1	606.4
19	1972	599	0.2235	4.47	597.5	592.9	575.6	594.4	599.5
20	1954	595	0.2353	4.25	591.3	584.6	568.4	588.0	592.8
21	1939	592	0.2471	4.05	585.4	576.7	561.5	581.7	586.2
22	1981	584	0.2588	3.86	579.6	569.0	554.9	575.6	579.8

Tabla A.111 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1951	582	0.2706	3.70	573.9	561.7	548.5	569.7	573.6
24	1941	579	0.2824	3.54	568.4	554.5	542.3	563.9	567.5
25	1963	574	0.2941	3.40	563.0	547.6	536.3	558.3	561.6
26	1986	572	0.3059	3.27	557.6	540.9	530.5	552.7	555.7
27	1936	563	0.3176	3.15	552.4	534.5	524.9	547.3	550.0
28	1945	551	0.3294	3.04	547.2	528.1	519.5	542.0	544.4
29	2005	539	0.3412	2.93	542.2	522.0	514.1	536.7	538.9
30	1980	534	0.3529	2.83	537.1	516.0	508.9	531.6	533.4
31	2003	534	0.3647	2.74	532.2	510.1	503.9	526.5	528.0
32	1995	533	0.3765	2.66	527.3	504.4	498.9	521.4	522.7
33	2002	532	0.3882	2.58	522.4	498.8	494.1	516.5	517.5
34	1978	530	0.4000	2.50	517.6	493.3	489.3	511.6	512.3
35	1992	514	0.4118	2.43	512.8	487.9	484.6	506.7	507.1
36	1994	512	0.4235	2.36	508.1	482.5	480.0	501.9	502.0
37	1933	511	0.4353	2.30	503.4	477.3	475.5	497.1	497.0
38	1938	502	0.4471	2.24	498.7	472.2	471.1	492.4	492.0
39	2008	502	0.4588	2.18	494.0	467.1	466.7	487.7	487.0
40	1935	499	0.4706	2.13	489.3	462.1	462.4	483.0	482.1
41	1960	499	0.4824	2.07	484.7	457.2	458.1	478.4	477.1
42	2010	486	0.4941	2.02	480.0	452.3	453.9	473.7	472.2
43	1979	478	0.5059	1.98	475.4	447.5	449.7	469.1	467.4
44	1989	465	0.5176	1.93	470.7	442.7	445.6	464.5	462.5
45	1966	462	0.5294	1.89	466.1	438.0	441.5	459.8	457.6
46	2000	459	0.5412	1.85	461.4	433.3	437.5	455.2	452.8
47	1985	455	0.5529	1.81	456.7	428.7	433.4	450.6	447.9
48	1962	452	0.5647	1.77	452.0	424.1	429.4	446.0	443.1
49	1982	444	0.5765	1.73	447.3	419.5	425.4	441.3	438.2
50	1977	437	0.5882	1.70	442.6	414.9	421.5	436.7	433.3
51	1955	414	0.6000	1.67	437.8	410.4	417.5	432.0	428.5
52	1984	406	0.6118	1.63	433.0	405.8	413.6	427.3	423.6
53	2012	406	0.6235	1.60	428.1	401.3	409.7	422.6	418.6
54	1973	396	0.6353	1.57	423.2	396.8	405.7	417.8	413.7
55	1969	395	0.6471	1.55	418.2	392.3	401.8	413.0	408.7
56	1997	393	0.6588	1.52	413.2	387.8	397.9	408.2	403.7
57	2009	381	0.6706	1.49	408.1	383.3	393.9	403.3	398.6
58	2004	379	0.6824	1.47	403.0	378.7	390.0	398.3	393.5
59	1958	376	0.6941	1.44	397.7	374.2	386.0	393.3	388.4
60	1990	373	0.7059	1.42	392.4	369.6	382.0	388.2	383.2
61	1931	367	0.7176	1.39	387.0	365.0	378.0	383.1	377.9
62	1964	363	0.7294	1.37	381.4	360.4	373.9	377.8	372.5
63	1974	363	0.7412	1.35	375.8	355.7	369.8	372.4	367.1
64	1956	358	0.7529	1.33	370.0	351.0	365.6	367.0	361.6
65	1947	354	0.7647	1.31	364.0	346.2	361.4	361.4	355.9
66	1948	345	0.7765	1.29	357.9	341.4	357.2	355.6	350.2
67	1929	344	0.7882	1.27	351.6	336.5	352.8	349.7	344.3
68	1942	336	0.8000	1.25	345.1	331.5	348.4	343.7	338.3
69	1999	325	0.8118	1.23	338.4	326.3	343.8	337.4	332.1
70	1971	321	0.8235	1.21	331.4	321.1	339.2	330.9	325.7
71	1946	315	0.8353	1.20	324.1	315.8	334.4	324.2	319.2
72	1983	314	0.8471	1.18	316.4	310.2	329.4	317.1	312.4
73	1988	312	0.8588	1.16	308.4	304.5	324.3	309.8	305.3
74	2011	304	0.8706	1.15	299.8	298.6	319.0	302.0	297.8

Tabla A.111 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
75	1987	299	0.8824	1.13	290.8	292.4	313.4	293.8	290.1
76	1952	294	0.8941	1.12	281.0	285.9	307.5	285.0	281.8
77	1967	287	0.9059	1.10	270.4	279.0	301.2	275.5	273.0
78	1943	264	0.9176	1.09	258.8	271.7	294.4	265.2	263.6
79	2007	260	0.9294	1.08	245.9	263.7	287.1	253.7	253.2
80	1970	230	0.9412	1.06	231.2	254.9	278.9	240.8	241.8
81	1996	208	0.9529	1.05	214.0	245.0	269.6	225.8	228.8
82	1975	199	0.9647	1.04	192.9	233.4	258.5	207.6	213.4
83	1968	173	0.9765	1.02	164.9	218.8	244.5	183.8	194.0
84	1998	141	0.9882	1.01	121.0	197.7	223.7	147.1	165.9
			0.9999	**1.00**	-108.1	116.6	134.1	-29.8	63.6

Tabla A.112 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	**0.7559**	S/A	**0.0142**	S/A
LOG-NORMAL	5.9533	S/A	0.0630	S/A
GUMBEL	10.4154	S/A	0.0769	S/A
PEARSON	0.9075	S/A	0.0227	S/A
LOG-PEARSON	1.1730	S/A	0.0261	S/A

Los valores de la Tabla A.111 se muestran gráficamente en la Figura A.29.

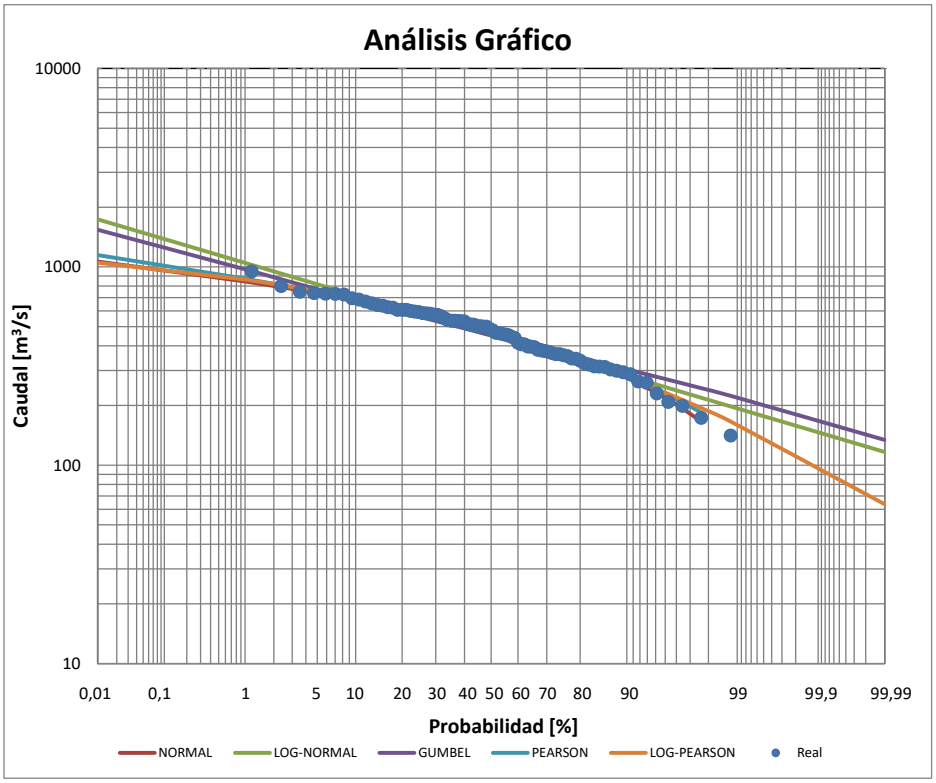


Figura A.29 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.113 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.113 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	971.8 m^3/s

A.31. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.114 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.114 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	960.59	Número de datos	N	39
Desv. Estándar (x)	s_x	354.82	$1.28255 / s_x$	a	0.0036
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.4806	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	800.90
Promedio (ln(x))	y_m	6.80	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	85.27
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.40	$4 / G_x^2$	α	17.32
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.5698	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-515.95

En la Tabla A.115, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.116.

Tabla A.115 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	2280.2	3946.0	3348.9	2664.7	2523.2
			0.01	**100.00**	1786.0	2262.7	2073.5	1909.6	1914.0
			0.02	**50.00**	1689.3	2029.3	1880.4	1777.4	1790.4
1	1980	1987	0.0250	40.00	1656.0	1954.7	1817.9	1733.1	1747.9
2	2008	1583	0.0500	20.00	1544.2	1723.6	1622.6	1588.3	1606.2
3	1993	1424	0.0750	13.33	1471.4	1587.9	1506.8	1497.4	1514.9
4	1984	1407	0.1000	10.00	1415.3	1490.8	1423.5	1429.2	1445.6
5	1978	1372	0.1250	8.00	1368.8	1414.7	1357.9	1373.8	1388.7
6	1992	1336	0.1500	6.67	1328.3	1351.8	1303.6	1326.6	1339.9
7	2006	1270	0.1750	5.71	1292.2	1297.9	1256.9	1285.0	1296.7
8	1991	1246	0.2000	5.00	1259.2	1250.6	1215.9	1247.6	1257.7
9	1994	1221	0.2250	4.44	1228.6	1208.3	1179.1	1213.4	1222.0
10	2000	1214	0.2500	4.00	1199.9	1169.9	1145.6	1181.7	1188.8
11	1977	1201	0.2750	3.64	1172.7	1134.6	1114.8	1152.0	1157.6
12	1982	1140	0.3000	3.33	1146.7	1101.8	1086.1	1123.9	1128.2
13	2002	1110	0.3250	3.08	1121.6	1071.2	1059.3	1097.2	1100.2
14	1986	1108	0.3500	2.86	1097.3	1042.3	1033.9	1071.6	1073.3
15	2005	1077	0.3750	2.67	1073.6	1014.9	1009.8	1046.9	1047.4
16	1979	1069	0.4000	2.50	1050.5	988.8	986.7	1022.9	1022.4
17	2001	1029	0.4250	2.35	1027.7	963.8	964.6	999.6	998.0
18	1974	1020	0.4500	2.22	1005.2	939.6	943.2	976.8	974.2
19	1995	940	0.4750	2.11	982.8	916.3	922.5	954.4	950.8
20	2003	925	0.5000	2.00	960.6	893.7	902.3	932.4	927.9
21	1989	924	0.5250	1.90	938.3	871.6	882.5	910.5	905.2

Tabla A.115 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1997	907	0.5500	1.82	916.0	849.9	863.2	888.8	882.7
23	1985	857	0.5750	1.74	893.5	828.6	844.0	867.1	860.4
24	1975	848	0.6000	1.67	870.7	807.7	825.1	845.4	838.1
25	2009	843	0.6250	1.60	847.5	786.9	806.3	823.6	815.7
26	1981	839	0.6500	1.54	823.9	766.2	787.5	801.5	793.3
27	2004	792	0.6750	1.48	799.6	745.5	768.6	779.2	770.5
28	1999	706	0.7000	1.43	774.5	724.8	749.5	756.3	747.5
29	1983	702	0.7250	1.38	748.5	703.9	730.2	732.9	724.0
30	2010	688	0.7500	1.33	721.3	682.6	710.5	708.7	699.9
31	1987	656	0.7750	1.29	692.6	660.9	690.3	683.5	675.0
32	2007	643	0.8000	1.25	662.0	638.6	669.2	657.1	649.1
33	1976	581	0.8250	1.21	629.0	615.3	647.2	629.0	621.8
34	1990	557	0.8500	1.18	592.8	590.8	623.8	598.8	592.7
35	1988	556	0.8750	1.14	552.4	564.5	598.4	565.6	561.3
36	1996	498	0.9000	1.11	505.9	535.7	570.2	528.2	526.4
37	2011	478	0.9250	1.08	449.8	502.9	537.6	484.4	486.3
38	2012	399	0.9500	1.05	377.0	463.3	497.4	429.2	437.4
39	1998	310	0.9750	1.03	265.2	408.6	439.8	348.6	369.0
			0.9999	**1.00**	-359.0	202.4	186.6	-18.8	120.6

Tabla A.116 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cholchol en Cholchol

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	1.3334	S/A	**0.0255**	S/A
LOG-NORMAL	3.0463	S/A	0.0845	S/A
GUMBEL	2.8594	S/A	0.0697	S/A
PEARSON	**1.2004**	S/A	0.0484	S/A
LOG-PEARSON	1.3921	S/A	0.0558	S/A

Los valores de la Tabla A.115 se muestran gráficamente en la Figura A.30.

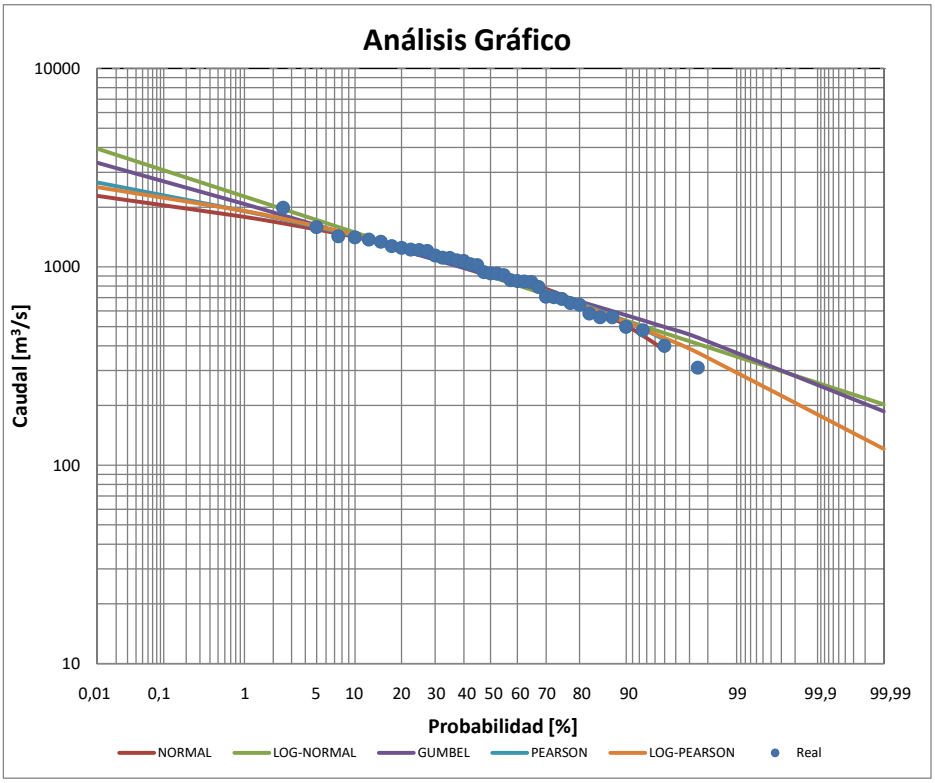


Figura A.30 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cholchol en Cholchol

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Normal. En la Tabla A.117 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.117 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cholchol en Cholchol

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	2262.7 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	2029.3 m^3/s

A.32. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.118 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.118 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	193.98	Número de datos	N	48
Desv. Estándar (x)	s_x	77.41	1.28255 / s_x	a	0.0166
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.6568	x_m - 0.57721 / a	x_f	159.14
Promedio (ln(x))	y_m	5.19	S_x * Abs(G_x) / 2	b	25.42
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.42	4 / G_x^2	α	9.27
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.4134	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-41.75

En la Tabla A.119, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.120.

Tabla A.119 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	481.9	850.5	715.0	598.3	599.6
			0.01	**100.00**	374.1	474.3	436.8	410.6	417.4
			0.02	**50.00**	353.0	423.1	394.6	378.8	384.8
1	2008	390.0	0.0204	49.00	352.3	421.6	393.4	377.8	383.8
2	2002	357.0	0.0408	24.50	328.8	371.1	350.9	344.2	348.9
3	1978	354.0	0.0612	16.33	313.5	341.7	325.8	323.4	327.2
4	2004	341.0	0.0816	12.25	301.9	320.8	307.8	308.1	311.1
5	1993	333.0	0.1020	9.80	292.3	304.6	293.7	295.7	298.2
6	2009	286.0	0.1224	8.17	284.0	291.2	282.0	285.3	287.2
7	2005	260.0	0.1429	7.00	276.6	279.8	272.0	276.2	277.7
8	1969	259.0	0.1633	6.13	269.9	269.8	263.2	268.1	269.2
9	2000	257.0	0.1837	5.44	263.8	261.0	255.4	260.8	261.6
10	1995	252.0	0.2041	4.90	258.0	253.0	248.3	254.0	254.5
11	1971	250.0	0.2245	4.45	252.6	245.6	241.8	247.8	248.0
12	1980	250.0	0.2449	4.08	247.4	238.9	235.8	241.9	241.9
13	2001	241.0	0.2653	3.77	242.5	232.6	230.2	236.4	236.1
14	2006	240.0	0.2857	3.50	237.8	226.7	224.9	231.1	230.7
15	1984	229.0	0.3061	3.27	233.2	221.2	219.9	226.1	225.5
16	1992	225.0	0.3265	3.06	228.8	215.9	215.2	221.3	220.5
17	1967	214.0	0.3469	2.88	224.4	210.9	210.6	216.7	215.8
18	1982	212.0	0.3673	2.72	220.2	206.1	206.3	212.2	211.2
19	1994	206.0	0.3878	2.58	216.1	201.5	202.1	207.8	206.7
20	1997	194.0	0.4082	2.45	212.0	197.1	198.1	203.6	202.4
21	1985	189.0	0.4286	2.33	207.9	192.8	194.2	199.5	198.1

Tabla A.119 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1999	184.0	0.4490	2.23	203.9	188.7	190.4	195.4	194.0
23	1977	178.0	0.4694	2.13	199.9	184.7	186.7	191.5	190.0
24	1991	178.0	0.4898	2.04	196.0	180.8	183.0	187.5	186.0
25	1983	176.0	0.5102	1.96	192.0	176.9	179.5	183.7	182.1
26	1965	172.0	0.5306	1.88	188.0	173.2	176.0	179.9	178.2
27	1975	171.0	0.5510	1.81	184.1	169.5	172.6	176.1	174.4
28	1987	168.0	0.5714	1.75	180.0	165.8	169.1	172.3	170.6
29	1976	164.0	0.5918	1.69	176.0	162.2	165.8	168.5	166.9
30	1973	160.0	0.6122	1.63	171.9	158.7	162.4	164.7	163.1
31	1966	158.0	0.6327	1.58	167.7	155.1	159.1	161.0	159.3
32	1986	155.0	0.6531	1.53	163.5	151.6	155.7	157.1	155.6
33	2003	152.0	0.6735	1.48	159.2	148.1	152.3	153.3	151.8
34	2010	152.0	0.6939	1.44	154.7	144.6	149.0	149.4	148.0
35	1990	151.0	0.7143	1.40	150.2	141.0	145.5	145.5	144.1
36	1970	148.0	0.7347	1.36	145.4	137.5	142.1	141.4	140.2
37	1989	147.0	0.7551	1.32	140.5	133.9	138.5	137.3	136.2
38	2012	142.0	0.7755	1.29	135.4	130.2	134.9	133.1	132.1
39	1972	137.0	0.7959	1.26	130.0	126.4	131.2	128.7	127.9
40	1974	137.0	0.8163	1.23	124.2	122.5	127.3	124.1	123.6
41	2007	135.0	0.8367	1.20	118.0	118.5	123.3	119.2	119.0
42	1981	110.0	0.8571	1.17	111.3	114.3	119.0	114.1	114.2
43	1988	101.0	0.8776	1.14	104.0	109.8	114.4	108.6	109.1
44	2011	93.5	0.8980	1.11	95.7	105.0	109.3	102.5	103.5
45	1968	87.2	0.9184	1.09	86.1	99.7	103.7	95.7	97.4
46	1996	80.0	0.9388	1.07	74.4	93.6	97.1	87.7	90.3
47	1979	73.5	0.9592	1.04	59.2	86.2	89.0	77.8	81.6
48	1998	61.9	0.9796	1.02	35.6	75.9	77.1	63.4	69.4
			0.9999	**1.00**	-93.9	37.6	25.1	4.5	25.5

Tabla A.120 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Dónguil en Gorbea

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	6.8806	S/A	0.0732	S/A
LOG-NORMAL	3.4391	S/A	0.0463	S/A
GUMBEL	4.7531	S/A	0.0430	S/A
PEARSON	3.8558	S/A	0.0487	S/A
LOG-PEARSON	**3.3551**	S/A	**0.0416**	S/A

Los valores de la Tabla A.119 se muestran gráficamente en la Figura A.31.

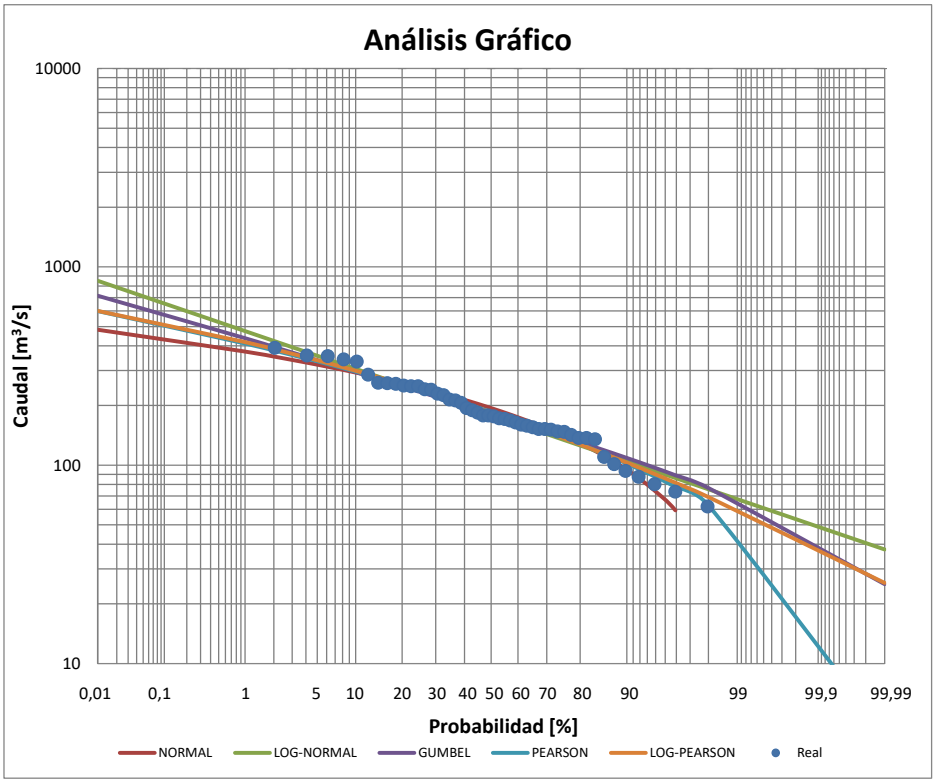


Figura A.31 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Dónguil en Gorbea

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.121 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.121 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Dónguil en Gorbea

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	436.8 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	394.6 m^3/s

A.33. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.122 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.122 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	133.73	Número de datos	N	66
Desv. Estándar (x)	s_x	72.49	1.28255 / s_x	a	0.0177
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.3624	x_m - 0.57721 / a	x_f	101.11
Promedio (ln(x))	y_m	4.71	S_x * Abs(G_x) / 2	b	13.13
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.69	4 / G_x^2	α	30.46
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.0423	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-266.38

En la Tabla A.123, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.124.

Tabla A.123 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	403.3	1461.0	621.7	461.9	400.2
			0.01	**100.00**	302.4	555.6	361.1	321.5	329.0
1	1978	292.0	0.0149	67.00	291.2	499.2	338.3	307.2	317.4
2	2008	282.0	0.0299	33.50	270.2	408.4	298.7	280.9	294.0
3	1953	273.0	0.0448	22.33	256.8	359.1	275.4	264.6	278.0
4	1980	268.0	0.0597	16.75	246.6	325.8	258.7	252.4	265.5
5	1949	243.0	0.0746	13.40	238.3	300.8	245.6	242.5	255.0
6	1994	243.0	0.0896	11.17	231.1	280.8	234.9	234.1	245.9
7	1957	238.0	0.1045	9.57	224.8	264.4	225.7	226.9	237.8
8	1951	237.0	0.1194	8.38	219.1	250.4	217.7	220.3	230.5
9	1954	230.0	0.1343	7.44	213.9	238.2	210.5	214.4	223.8
10	1993	222.0	0.1493	6.70	209.1	227.4	204.1	209.0	217.5
11	1979	220.0	0.1642	6.09	204.6	217.8	198.2	204.0	211.7
12	1992	218.0	0.1791	5.58	200.3	209.1	192.8	199.2	206.2
13	1977	215.0	0.1940	5.15	196.3	201.2	187.8	194.8	200.9
14	1965	198.0	0.2090	4.79	192.5	193.9	183.1	190.6	196.0
15	1958	196.0	0.2239	4.47	188.8	187.2	178.7	186.6	191.2
16	1984	190.0	0.2388	4.19	185.2	180.9	174.5	182.7	186.7
17	1960	189.0	0.2537	3.94	181.8	175.1	170.6	179.0	182.3
18	2006	187.0	0.2687	3.72	178.5	169.6	166.8	175.4	178.0
19	1991	173.0	0.2836	3.53	175.2	164.4	163.2	172.0	173.9
20	1982	172.0	0.2985	3.35	172.1	159.5	159.7	168.7	170.0
21	1950	168.0	0.3134	3.19	169.0	154.9	156.4	165.4	166.1
22	1969	166.0	0.3284	3.05	166.0	150.5	153.2	162.2	162.3

Tabla A.123 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1995	157.0	0.3433	2.91	163.0	146.2	150.1	159.1	158.7
24	2000	150.0	0.3582	2.79	160.1	142.2	147.1	156.1	155.1
25	1972	149.0	0.3731	2.68	157.2	138.3	144.1	153.1	151.6
26	1959	145.0	0.3881	2.58	154.3	134.6	141.3	150.2	148.2
27	1961	144.0	0.4030	2.48	151.5	131.1	138.5	147.3	144.8
28	1986	144.0	0.4179	2.39	148.8	127.6	135.8	144.5	141.5
29	1948	142.0	0.4328	2.31	146.0	124.3	133.2	141.7	138.3
30	2003	139.0	0.4478	2.23	143.3	121.1	130.6	138.9	135.1
31	2005	137.0	0.4627	2.16	140.5	117.9	128.0	136.2	131.9
32	1985	127.0	0.4776	2.09	137.8	114.9	125.5	133.4	128.8
33	1997	125.0	0.4925	2.03	135.1	112.0	123.0	130.7	125.7
34	1975	123.0	0.5075	1.97	132.4	109.1	120.6	128.0	122.7
35	2001	122.0	0.5224	1.91	129.7	106.3	118.2	125.3	119.7
36	2002	121.0	0.5373	1.86	126.9	103.6	115.8	122.7	116.7
37	1989	119.0	0.5522	1.81	124.2	100.9	113.5	120.0	113.8
38	1966	108.0	0.5672	1.76	121.5	98.3	111.1	117.3	110.9
39	2009	107.0	0.5821	1.72	118.7	95.7	108.8	114.6	107.9
40	1956	100.0	0.5970	1.68	115.9	93.2	106.5	112.0	105.1
41	1970	99.6	0.6119	1.63	113.1	90.7	104.2	109.3	102.2
42	1963	97.1	0.6269	1.60	110.3	88.3	101.9	106.5	99.3
43	1967	92.9	0.6418	1.56	107.4	85.9	99.6	103.8	96.5
44	1981	91.0	0.6567	1.52	104.5	83.5	97.3	101.0	93.6
45	1999	90.1	0.6716	1.49	101.5	81.2	95.0	98.2	90.8
46	1971	87.7	0.6866	1.46	98.5	78.9	92.7	95.4	87.9
47	1990	87.6	0.7015	1.43	95.4	76.6	90.4	92.5	85.0
48	2004	87.3	0.7164	1.40	92.3	74.3	88.0	89.6	82.2
49	1987	86.5	0.7313	1.37	89.0	72.0	85.7	86.6	79.3
50	2010	82.2	0.7463	1.34	85.7	69.8	83.3	83.6	76.4
51	2007	76.7	0.7612	1.31	82.3	67.5	80.8	80.4	73.5
52	1983	73.5	0.7761	1.29	78.7	65.2	78.3	77.2	70.5
53	1964	64.4	0.7910	1.26	75.0	63.0	75.8	73.9	67.5
54	1976	61.5	0.8060	1.24	71.2	60.7	73.2	70.4	64.5
55	1988	59.0	0.8209	1.22	67.1	58.4	70.5	66.9	61.4
56	1962	58.7	0.8358	1.20	62.9	56.1	67.7	63.1	58.3
57	2011	56.6	0.8507	1.18	58.4	53.7	64.8	59.2	55.1
58	1947	50.7	0.8657	1.16	53.5	51.3	61.7	55.0	51.8
59	1955	49.5	0.8806	1.14	48.3	48.8	58.5	50.5	48.4
60	1996	41.6	0.8955	1.12	42.7	46.2	55.1	45.7	44.8
61	1952	38.7	0.9104	1.10	36.3	43.5	51.3	40.3	41.1
62	2012	29.7	0.9254	1.08	29.2	40.6	47.2	34.4	37.2
63	1998	28.8	0.9403	1.06	20.8	37.5	42.5	27.5	33.0
64	1968	28.3	0.9552	1.05	10.7	34.0	37.0	19.3	28.3
65	1973	15.7	0.9701	1.03	-2.8	29.9	30.1	8.7	22.9
66	1974	12.0	0.9851	1.02	-23.7	24.5	19.9	-7.3	16.1
			0.9999	**1.00**	-135.9	8.4	-24.4	-82.5	1.5

Tabla A.124 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Lumaco en Lumaco

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	6.3523	S/A	0.0784	S/A
LOG-NORMAL	10.5243	S/A	0.0882	S/A
GUMBEL	7.8676	S/A	**0.0465**	S/A
PEARSON	5.0939	S/A	0.0657	S/A
LOG-PEARSON	**3.4146**	S/A	0.0476	S/A

Los valores de la Tabla A.123 se muestran gráficamente en la Figura A.32.

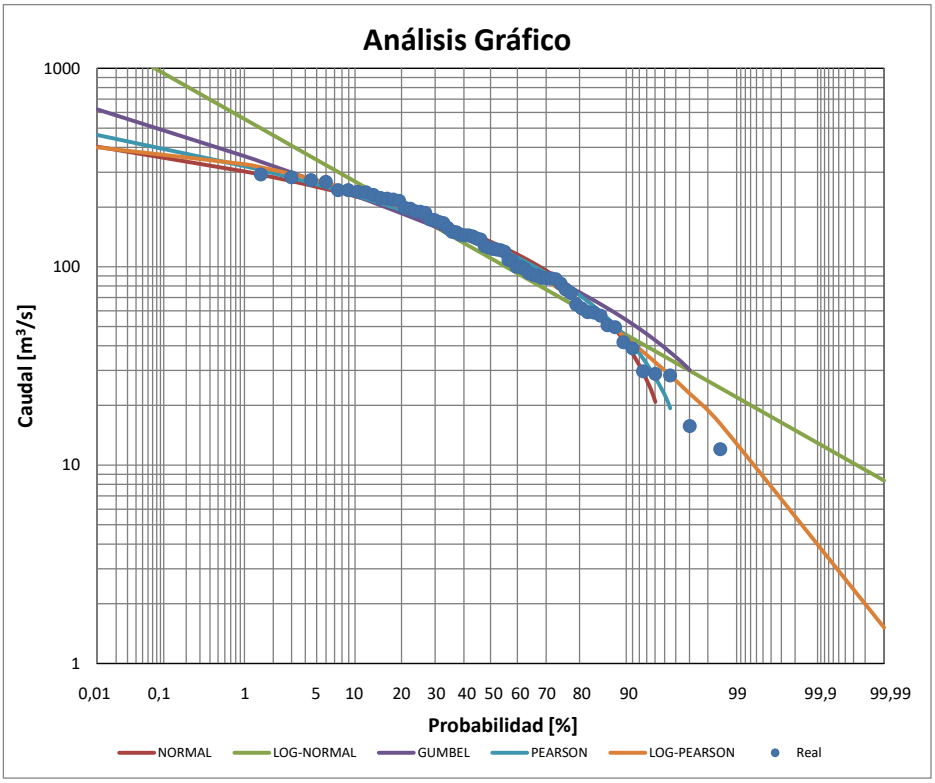


Figura A.32 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Lumaco en Lumaco

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.125 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.125 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Lumaco en Lumaco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	329.0 m^3/s

A.34. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.126 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.126 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	574.46	Número de datos	N	50
Desv. Estándar (x)	s_x	259.64	1.28255 / s_x	a	0.0049
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.5133	x_m - 0.57721 / a	x_f	457.61
Promedio (ln(x))	y_m	6.22	S_x * Abs(G_x) / 2	b	66.63
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.60	4 / G_x^2	α	15.18
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-1.8563	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-437.29

En la Tabla A.127, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.128.

Tabla A.127 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1540.1	4620.3	2322.2	1841.5	964.8
			0.01	**100.00**	1178.5	2014.2	1388.9	1274.9	951.7
1	2002	1245	0.0196	51.00	1109.8	1720.4	1251.6	1179.3	944.0
2	2008	1243	0.0392	25.50	1031.4	1436.9	1109.2	1074.4	927.4
3	1976	1107	0.0588	17.00	980.7	1279.1	1025.1	1009.2	911.1
4	1993	948	0.0784	12.75	942.0	1170.4	964.7	960.6	895.3
5	1978	885	0.0980	10.20	910.1	1087.7	917.4	921.4	880.0
6	1992	875	0.1176	8.50	882.6	1021.1	878.3	888.2	865.0
7	1980	852	0.1373	7.29	858.2	965.4	844.9	859.1	850.4
8	1979	825	0.1569	6.38	836.0	917.5	815.6	833.2	836.0
9	1971	801	0.1765	5.67	815.6	875.6	789.4	809.6	821.8
10	1995	759	0.1961	5.10	796.6	838.2	765.7	787.9	807.8
11	1982	748	0.2157	4.64	778.8	804.5	744.0	767.7	793.9
12	1984	718	0.2353	4.25	761.8	773.7	724.0	748.7	780.1
13	1994	715	0.2549	3.92	745.6	745.5	705.3	730.8	766.3
14	2006	712	0.2745	3.64	730.0	719.3	687.7	713.8	752.7
15	1972	707	0.2941	3.40	715.0	695.0	671.1	697.5	739.1
16	1963	685	0.3137	3.19	700.5	672.1	655.4	681.8	725.5
17	1985	668	0.3333	3.00	686.3	650.6	640.4	666.8	711.9
18	2005	657	0.3529	2.83	672.4	630.2	626.0	652.1	698.2
19	2004	620	0.3725	2.68	658.9	610.9	612.1	637.9	684.6
20	1977	606	0.3922	2.55	645.5	592.5	598.8	624.1	670.9
21	1969	597	0.4118	2.43	632.4	574.8	585.9	610.6	657.2
22	2003	574	0.4314	2.32	619.3	557.9	573.4	597.3	643.4

Tabla A.127 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
23	1997	563	0.4510	2.22	606.4	541.6	561.1	584.3	629.5
24	2009	563	0.4706	2.13	593.6	525.9	549.2	571.4	615.5
25	1991	561	0.4902	2.04	580.8	510.7	537.6	558.7	601.4
26	1965	550	0.5098	1.96	568.1	495.9	526.1	546.1	587.1
27	1986	547	0.5294	1.89	555.3	481.6	514.8	533.7	572.7
28	1966	546	0.5490	1.82	542.5	467.6	503.7	521.2	558.2
29	2000	539	0.5686	1.76	529.6	454.0	492.7	508.8	543.5
30	1989	532	0.5882	1.70	516.6	440.6	481.8	496.4	528.5
31	2010	511	0.6078	1.65	503.4	427.5	471.0	484.0	513.4
32	2001	510	0.6275	1.59	490.0	414.6	460.2	471.5	498.0
33	1981	456	0.6471	1.55	476.5	401.9	449.4	459.0	482.3
34	1983	452	0.6667	1.50	462.6	389.3	438.6	446.2	466.3
35	1975	451	0.6863	1.46	448.5	376.8	427.7	433.4	450.0
36	1999	443	0.7059	1.42	433.9	364.4	416.7	420.3	433.3
37	1990	434	0.7255	1.38	418.9	352.1	405.6	406.9	416.2
38	1967	418	0.7451	1.34	403.3	339.7	394.3	393.2	398.7
39	1970	382	0.7647	1.31	387.1	327.3	382.8	379.0	380.6
40	1964	370	0.7843	1.28	370.2	314.8	371.0	364.4	361.8
41	2007	329	0.8039	1.24	352.3	302.2	358.8	349.2	342.5
42	1988	318	0.8235	1.21	333.3	289.3	346.1	333.3	322.3
43	2011	302	0.8431	1.19	312.9	276.0	332.8	316.4	301.1
44	2012	302	0.8627	1.16	290.7	262.3	318.7	298.3	278.8
45	1987	288	0.8824	1.13	266.3	248.0	303.6	278.8	255.2
46	1968	264	0.9020	1.11	238.8	232.8	287.0	257.1	229.8
47	1998	186	0.9216	1.09	206.9	216.4	268.5	232.6	202.1
48	1996	180	0.9412	1.06	168.2	198.0	246.8	203.6	171.3
49	1974	140	0.9608	1.04	117.5	176.3	219.7	167.0	135.5
50	1962	39	0.9804	1.02	39.1	147.2	180.4	113.0	90.6
			0.9999	**1.00**	-391.2	54.8	8.1	-126.8	3.6

Tabla A.128 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Quepe en Quepe

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	6.0745	S/A	0.0572	S/A
LOG-NORMAL	8.4362	S/A	0.1140	S/A
GUMBEL	8.0011	S/A	0.0515	S/A
PEARSON	**4.7172**	S/A	**0.0504**	S/A
LOG-PEARSON	184253.4206	RECHAZA	0.0979	S/A

Los valores de la Tabla A.127 se muestran gráficamente en la Figura A.33.

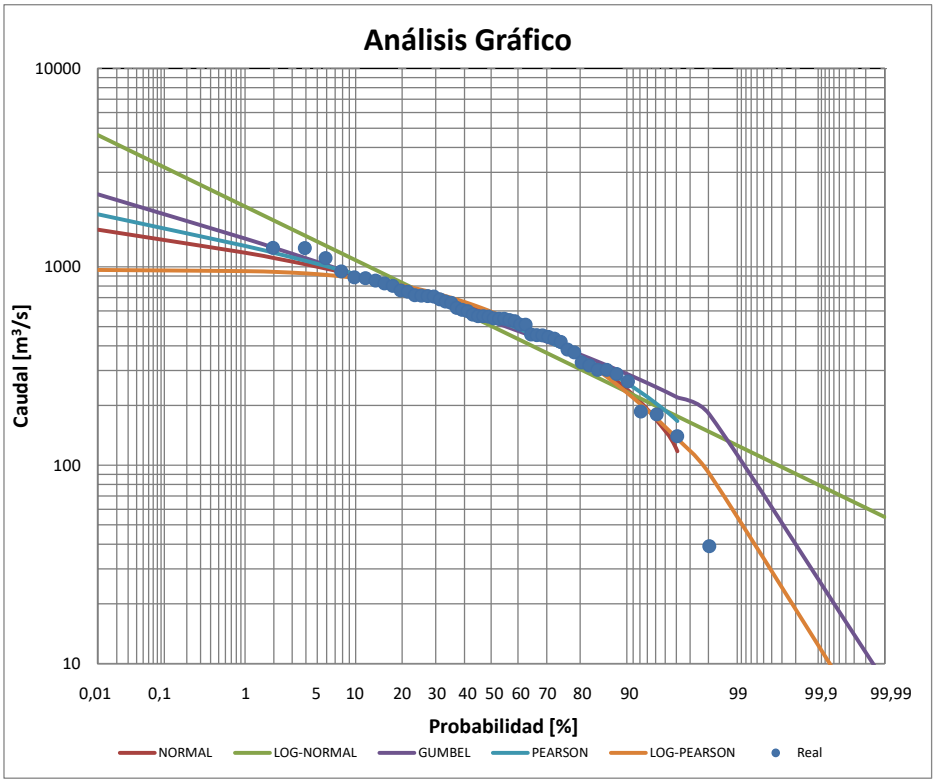


Figura A.33 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Quepe en Quepe

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.129 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.129 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Quepe en Quepe

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1388.9 m^3/s

A.35. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.130 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.130 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	611.28	Número de datos	N	43
Desv. Estándar (x)	s_x	233.59	1.28255 / s_x	a	0.0055
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.1528	x_m - 0.57721 / a	x_f	506.15
Promedio (ln(x))	y_m	6.33	S_x * Abs(G_x) / 2	b	17.85
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.45	4 / G_x^2	α	171.30
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.9144	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-2445.98

En la Tabla A.131, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.132.

Tabla A.131 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1480.0	2957.4	2183.6	1557.8	1394.1
			0.01	**100.00**	1154.7	1587.0	1344.0	1180.9	1178.3
			0.02	**50.00**	1091.0	1404.9	1216.8	1110.0	1120.4
1	2002	1224	0.0227	44.00	1078.6	1371.8	1193.3	1096.2	1108.6
2	2001	967	0.0455	22.00	1006.2	1194.4	1064.9	1017.0	1036.7
3	2008	955	0.0682	14.67	959.2	1091.7	988.9	966.2	987.6
4	1976	915	0.0909	11.00	923.2	1019.0	934.3	927.5	948.9
5	1971	902	0.1136	8.80	893.3	962.4	891.4	895.8	916.3
6	1997	902	0.1364	7.33	867.5	916.0	855.8	868.4	887.6
7	1993	890	0.1591	6.29	844.5	876.5	825.4	844.2	861.9
8	2004	808	0.1818	5.50	823.5	842.0	798.7	822.2	838.3
9	1991	780	0.2045	4.89	804.1	811.4	774.7	802.0	816.4
10	1981	778	0.2273	4.40	786.0	783.7	753.0	783.1	795.9
11	1995	763	0.2500	4.00	768.8	758.4	733.1	765.4	776.4
12	1985	762	0.2727	3.67	752.5	735.1	714.6	748.6	757.9
13	2000	742	0.2955	3.38	736.8	713.4	697.3	732.5	740.1
14	2006	735	0.3182	3.14	721.7	693.0	680.9	717.0	723.0
15	1984	731	0.3409	2.93	707.0	673.9	665.5	702.0	706.4
16	1980	722	0.3636	2.75	692.7	655.7	650.8	687.4	690.3
17	2009	699	0.3864	2.59	678.7	638.3	636.7	673.2	674.5
18	1982	695	0.4091	2.44	665.0	621.7	623.1	659.3	659.1
19	2005	658	0.4318	2.32	651.4	605.8	610.0	645.6	643.9
20	1972	624	0.4545	2.20	638.0	590.4	597.3	632.0	629.0
21	1978	618	0.4773	2.10	624.6	575.5	585.0	618.7	614.2

Tabla A.131 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1994	617	0.5000	2.00	611.3	561.0	572.9	605.3	599.6
23	1973	574	0.5227	1.91	598.0	546.9	561.1	592.1	585.1
24	1986	562	0.5455	1.83	584.6	533.1	549.4	578.8	570.6
25	1990	550	0.5682	1.76	571.2	519.6	538.0	565.4	556.2
26	1979	547	0.5909	1.69	557.6	506.2	526.6	552.0	541.7
27	2010	546	0.6136	1.63	543.8	493.1	515.3	538.5	527.2
28	1983	537	0.6364	1.57	529.8	480.1	504.1	524.7	512.5
29	1999	517	0.6591	1.52	515.5	467.1	492.8	510.7	497.7
30	1977	495	0.6818	1.47	500.8	454.2	481.5	496.4	482.7
31	2012	493	0.7045	1.42	485.7	441.2	470.0	481.6	467.5
32	1987	474	0.7273	1.38	470.1	428.2	458.5	466.5	451.9
33	1992	459	0.7500	1.33	453.7	415.0	446.7	450.7	435.9
34	2003	459	0.7727	1.29	436.6	401.6	434.6	434.2	419.4
35	1975	375	0.7955	1.26	418.5	387.9	422.0	416.8	402.2
36	1989	368	0.8182	1.22	399.1	373.8	409.0	398.3	384.3
37	1974	344	0.8409	1.19	378.1	359.1	395.3	378.3	365.4
38	1988	328	0.8636	1.16	355.1	343.6	380.6	356.5	345.1
39	2011	305	0.8864	1.13	329.2	327.0	364.7	332.2	323.2
40	2007	291	0.9091	1.10	299.4	308.9	346.9	304.3	298.9
41	1996	205	0.9318	1.07	263.4	288.3	326.2	270.9	271.0
42	1998	197	0.9545	1.05	216.4	263.5	300.6	227.7	237.1
43	1970	172	0.9773	1.02	144.0	229.4	263.8	162.0	190.4
			0.9999	**1.00**	-257.5	106.4	101.8	-182.6	40.9

Tabla A.132 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	1.5675	S/A	0.0383	S/A
LOG-NORMAL	4.8235	S/A	0.1035	S/A
GUMBEL	5.0254	S/A	0.0966	S/A
PEARSON	**1.5519**	S/A	**0.0371**	S/A
LOG-PEARSON	1.8567	S/A	0.0508	S/A

Los valores de la Tabla A.131 se muestran gráficamente en la Figura A.34. Además, se incluye la curva “Tendencia Gráfico”, que muestra la tendencia a simple vista de los datos medidos, sin corresponder ésta necesariamente a uno de los ajustes de probabilidad señalados. Esta tendencia se obtiene mediante análisis gráfico (visual) en primera instancia para luego obtener la ecuación que le corresponde mediante una regresión polinómica de segundo orden (se muestra en la misma figura).

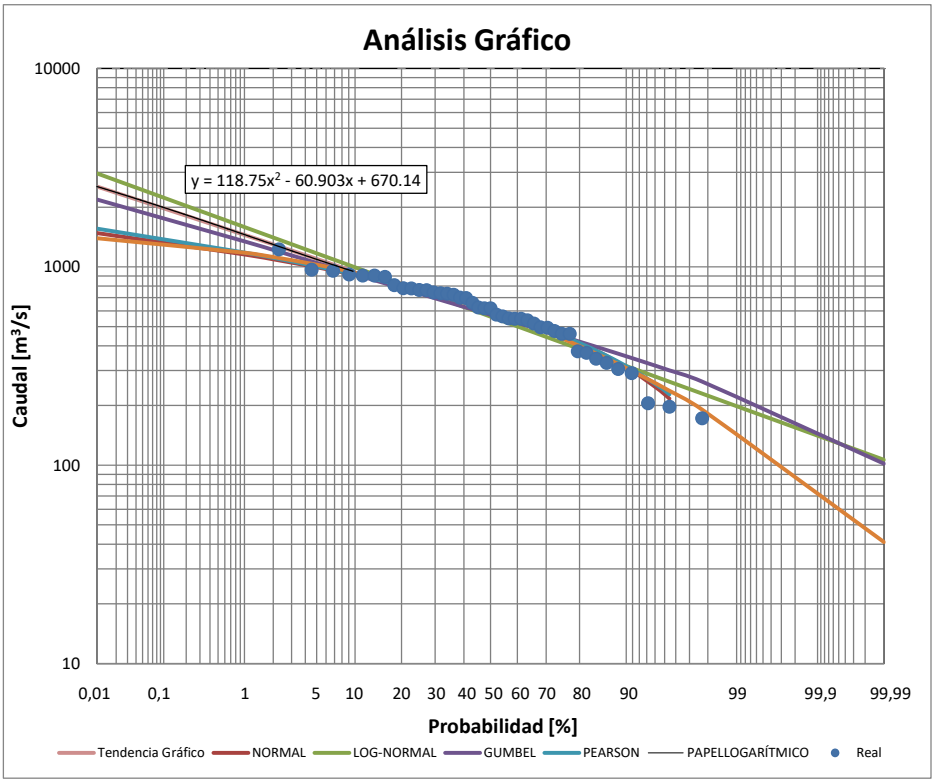


Figura A.34 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que ninguno de los ajustes probabilísticos analizados representa bien los datos, por lo que se usa la curva "Tendencia Gráfico" para obtener los caudales necesarios. En la Tabla A.133 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.133 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1456.7 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1294.0 m^3/s

A.36. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.134 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.134 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	487.99	Número de datos	N	47
Desv. Estándar (x)	s_x	221.50	1.28255 / s_x	a	0.0058
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.1467	x_m - 0.57721 / a	x_f	388.31
Promedio (ln(x))	y_m	6.03	S_x * Abs(G_x) / 2	b	16.24
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.75	4 / G_x^2	α	185.92
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-3.1617	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-2532.18

En la Tabla A.135 se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.136.

Tabla A.135 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1311.7	6624.2	1978.9	1382.5	1588.8
			0.01	**100.00**	1003.3	2345.2	1182.8	1027.1	690.4
			0.02	**50.00**	942.9	1913.9	1062.2	960.1	664.5
1	1984	999.0	0.0208	48.00	939.1	1889.9	1055.1	956.0	663.5
2	1974	881.0	0.0417	24.00	871.6	1505.3	933.5	882.1	652.2
3	1991	851.0	0.0625	16.00	827.8	1299.1	861.6	834.9	650.3
4	1980	837.0	0.0833	12.00	794.3	1160.7	810.0	799.0	650.1
5	1992	819.0	0.1042	9.60	766.7	1057.5	769.5	769.6	650.0
6	1977	761.0	0.1250	8.00	742.8	975.9	736.0	744.3	649.6
7	1972	731.0	0.1458	6.86	721.6	908.5	707.4	721.9	648.6
8	1978	719.0	0.1667	6.00	702.3	851.4	682.2	701.7	647.1
9	1982	712.0	0.1875	5.33	684.5	802.0	659.8	683.1	645.0
10	1986	711.0	0.2083	4.80	667.9	758.4	639.4	665.9	642.3
11	1981	633.0	0.2292	4.36	652.3	719.5	620.8	649.6	639.0
12	1987	627.0	0.2500	4.00	637.4	684.4	603.5	634.3	635.1
13	1969	601.0	0.2708	3.69	623.2	652.4	587.3	619.6	630.6
14	2005	587.0	0.2917	3.43	609.5	623.0	572.2	605.6	625.6
15	2001	585.0	0.3125	3.20	596.3	595.9	557.8	592.0	620.0
16	2000	584.0	0.3333	3.00	583.4	570.6	544.2	578.9	613.8
17	1997	581.0	0.3542	2.82	570.9	547.1	531.2	566.1	607.1
18	2002	561.0	0.3750	2.67	558.6	524.9	518.7	553.6	599.9
19	1993	550.0	0.3958	2.53	546.5	504.0	506.7	541.4	592.0
20	2003	530.0	0.4167	2.40	534.6	484.2	495.0	529.4	583.6
21	1985	527.0	0.4375	2.29	522.8	465.4	483.8	517.5	574.7

Tabla A.135 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1990	526.0	0.4583	2.18	511.2	447.5	472.8	505.8	565.1
23	1994	515.0	0.4792	2.09	499.6	430.3	462.1	494.2	555.0
24	1979	495.0	0.5000	2.00	488.0	413.9	451.6	482.6	544.2
25	2006	493.0	0.5208	1.92	476.4	398.1	441.3	471.0	532.8
26	1975	463.0	0.5417	1.85	464.8	382.8	431.2	459.5	520.8
27	1989	441.0	0.5625	1.78	453.1	368.1	421.2	447.9	508.2
28	1970	434.0	0.5833	1.71	441.4	353.8	411.3	436.3	494.9
29	1988	423.0	0.6042	1.66	429.5	339.9	401.4	424.5	480.8
30	1995	422.0	0.6250	1.60	417.4	326.4	391.7	412.6	466.1
31	1999	388.0	0.6458	1.55	405.1	313.2	381.9	400.6	450.6
32	1976	385.0	0.6667	1.50	392.6	300.2	372.1	388.3	434.2
33	1973	354.0	0.6875	1.45	379.7	287.5	362.2	375.7	417.1
34	2007	334.0	0.7083	1.41	366.5	275.0	352.3	362.9	399.1
35	1983	326.0	0.7292	1.37	352.8	262.6	342.2	349.6	380.1
36	1971	301.0	0.7500	1.33	338.6	250.3	331.9	335.8	360.2
37	2008	281.0	0.7708	1.30	323.7	238.1	321.4	321.5	339.2
38	2009	270.0	0.7917	1.26	308.1	225.9	310.6	306.4	317.1
39	2004	268.0	0.8125	1.23	291.5	213.6	299.3	290.5	293.7
40	1996	266.0	0.8333	1.20	273.7	201.2	287.6	273.6	269.1
41	2011	239.0	0.8542	1.17	254.4	188.6	275.2	255.3	242.9
42	2010	235.0	0.8750	1.14	233.2	175.6	261.9	235.2	215.1
43	1967	188.0	0.8958	1.12	209.3	162.0	247.4	212.7	185.5
44	2012	182.0	0.9167	1.09	181.7	147.6	231.1	186.9	153.8
45	1968	156.0	0.9375	1.07	148.2	131.9	212.2	155.8	119.8
46	1998	155.0	0.9583	1.04	104.4	113.8	188.6	115.5	82.8
47	1964	8.7	0.9792	1.02	36.8	90.6	154.5	54.0	42.4
			0.9999	**1.00**	-335.8	25.9	4.9	-267.6	0.1

Tabla A.136 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Vergara en Tijeral

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	4.4669	S/A	0.0887	S/A
LOG-NORMAL	11.8896	RECHAZA	0.0926	S/A
GUMBEL	5.7126	S/A	0.1184	S/A
PEARSON	**4.1758**	S/A	**0.0831**	S/A
LOG-PEARSON	252.8221	RECHAZA	0.2398	RECHAZA

Los valores de la Tabla A.135 se muestran gráficamente en la Figura A.35.

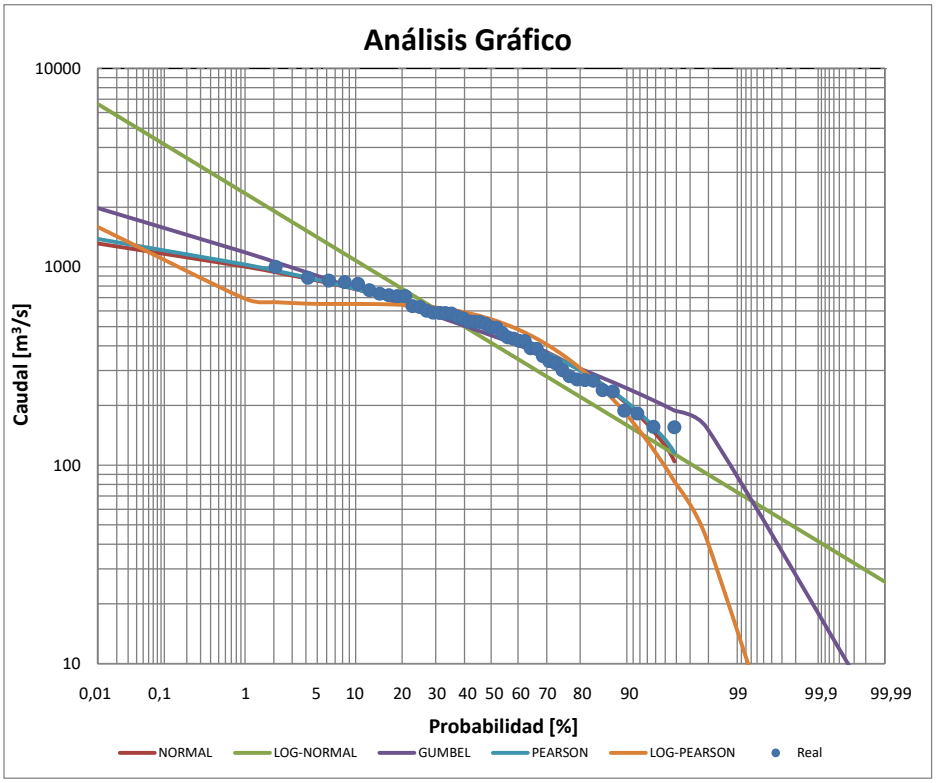


Figura A.35 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Vergara en Tijeral

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.137 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.137 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Vergara en Tijeral

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1182.8 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1062.2 m^3/s

A.37. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.138 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.138 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	592.27	Número de datos	N	44
Desv. Estándar (x)	s_x	191.68	$1.28255 / s_x$	a	0.0067
Coef. Asimetría (x)	G_x	-0.0900	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	506.01
Promedio (ln(x))	y_m	6.33	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	8.63
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.36	$4 / G_x^2$	α	493.49
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.6550	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	4850.28

En la Tabla A.139, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.140.

Tabla A.139 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	1305.1	2138.5	1882.5	1268.6	1353.1
			0.01	**100.00**	1038.2	1293.5	1193.5	1025.5	1087.3
			0.02	**50.00**	985.9	1172.3	1089.2	976.6	1028.9
1	2008	939	0.0222	45.00	977.5	1153.8	1073.2	968.7	1019.4
2	1971	879	0.0444	22.50	918.4	1032.2	967.9	912.8	951.6
3	1969	856	0.0667	15.00	880.0	960.2	905.6	876.3	907.2
4	1993	855	0.0889	11.25	850.6	908.5	860.8	848.2	873.0
5	1973	841	0.1111	9.00	826.2	867.8	825.7	824.8	844.7
6	1978	837	0.1333	7.50	805.2	834.0	796.6	804.4	820.3
7	2000	822	0.1556	6.43	786.4	805.1	771.6	786.3	798.5
8	2002	821	0.1778	5.63	769.4	779.6	749.8	769.7	778.8
9	1980	804	0.2000	5.00	753.6	756.8	730.2	754.4	760.6
10	1995	763	0.2222	4.50	738.8	736.1	712.4	740.0	743.7
11	1984	739	0.2444	4.09	724.9	717.0	696.1	726.4	727.7
12	2005	730	0.2667	3.75	711.7	699.3	681.0	713.4	712.7
13	1977	725	0.2889	3.46	699.0	682.8	666.8	700.9	698.3
14	2009	720	0.3111	3.21	686.7	667.2	653.5	688.8	684.4
15	2004	715	0.3333	3.00	674.8	652.5	640.9	677.1	671.1
16	1982	711	0.3556	2.81	663.3	638.4	628.9	665.7	658.2
17	2006	689	0.3778	2.65	651.9	624.9	617.4	654.5	645.6
18	1976	685	0.4000	2.50	640.8	612.0	606.4	643.5	633.4
19	2001	677	0.4222	2.37	629.9	599.5	595.7	632.6	621.3
20	1991	618	0.4444	2.25	619.1	587.4	585.4	621.9	609.5
21	1970	612	0.4667	2.14	608.3	575.6	575.4	611.2	597.9

Tabla A.139 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1985	579	0.4889	2.05	597.6	564.2	565.6	600.5	586.4
23	2003	568	0.5111	1.96	586.9	552.9	556.0	589.8	575.0
24	1997	562	0.5333	1.88	576.2	541.9	546.6	579.1	563.7
25	1979	559	0.5556	1.80	565.5	531.0	537.3	568.3	552.4
26	1983	549	0.5778	1.73	554.7	520.3	528.2	557.4	541.1
27	1992	516	0.6000	1.67	543.7	509.7	519.1	546.4	529.7
28	1987	513	0.6222	1.61	532.6	499.1	510.0	535.2	518.4
29	1986	505	0.6444	1.55	521.3	488.6	501.0	523.8	506.9
30	1994	497	0.6667	1.50	509.7	478.1	492.0	512.1	495.2
31	1972	481	0.6889	1.45	497.8	467.5	482.9	500.1	483.4
32	1975	467	0.7111	1.41	485.6	456.8	473.7	487.6	471.4
33	1989	462	0.7333	1.36	472.9	446.0	464.3	474.7	459.1
34	2010	443	0.7556	1.32	459.6	435.0	454.8	461.2	446.4
35	1999	396	0.7778	1.29	445.7	423.8	445.0	446.9	433.2
36	2012	383	0.8000	1.25	431.0	412.2	434.9	431.9	419.5
37	1974	377	0.8222	1.22	415.2	400.1	424.3	415.7	405.1
38	2007	375	0.8444	1.18	398.1	387.5	413.2	398.1	389.8
39	1990	370	0.8667	1.15	379.4	374.0	401.3	378.8	373.4
40	1981	337	0.8889	1.13	358.3	359.5	388.4	357.0	355.4
41	1998	308	0.9111	1.10	334.0	343.4	373.9	331.7	335.3
42	1988	288	0.9333	1.07	304.5	324.8	357.1	301.0	311.9
43	1996	256	0.9556	1.05	266.2	302.2	336.3	260.8	282.8
44	2011	231	0.9778	1.02	207.0	270.3	306.2	198.3	241.5
			0.9999	**1.00**	-120.6	145.9	174.2	-157.9	84.9

Tabla A.140 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Cruces en Rucaco

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	3.1712	S/A	0.0489	S/A
LOG-NORMAL	5.2154	S/A	0.0581	S/A
GUMBEL	9.6142	RECHAZA	0.0644	S/A
PEARSON	3.1809	S/A	0.0485	S/A
LOG-PEARSON	**2.3431**	S/A	**0.0466**	S/A

Los valores de la Tabla A.139 se muestran gráficamente en la Figura A.36.

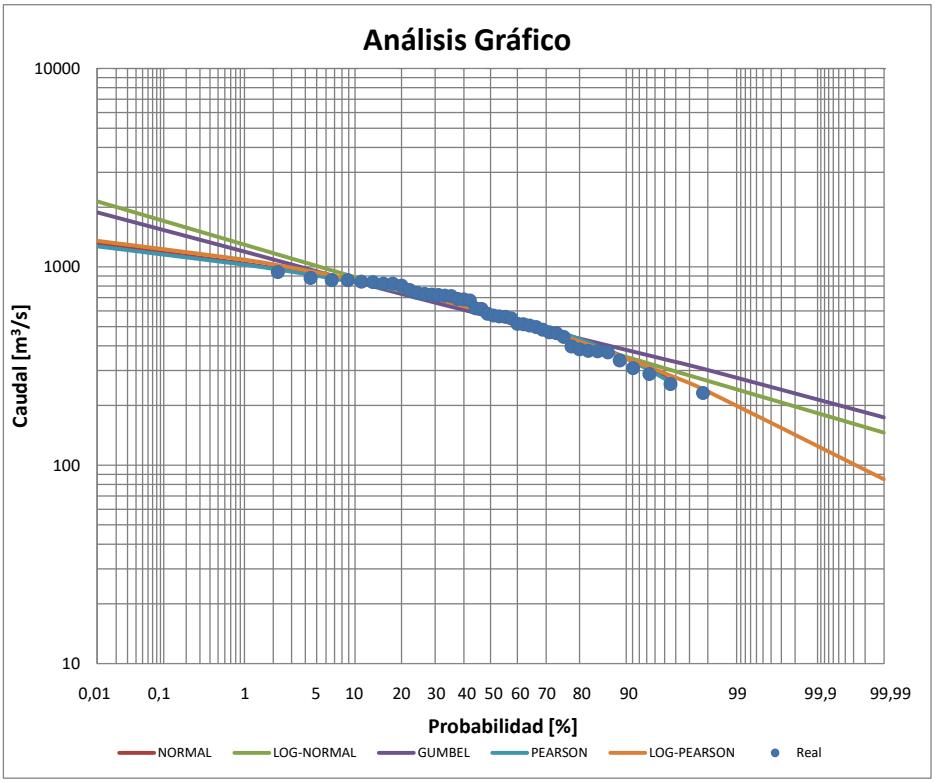


Figura A.36 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Cruces en Rucaco

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.141 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.141 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Cruces en Rucaco

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1087.3 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1028.9 m^3/s

A.38. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.142 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.142 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	1038.44	Número de datos	N	27
Desv. Estándar (x)	s_x	288.15	1.28255 / s_x	a	0.0045
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.0721	x_m - 0.57721 / a	x_f	908.76
Promedio (ln(x))	y_m	6.91	S_x * Abs(G_x) / 2	b	10.39
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.29	4 / G_x^2	α	768.71
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.3812	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-6950.69

En la Tabla A.143, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.144.

Tabla A.143 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	2110.1	2963.6	2978.0	2154.9	2363.9
			0.01	**100.00**	1708.8	1971.7	1942.3	1724.0	1816.0
			0.02	**50.00**	1630.2	1820.5	1785.4	1641.3	1712.7
1	1997	1522	0.0357	28.00	1557.9	1691.6	1653.3	1565.6	1619.4
2	2000	1490	0.0714	14.00	1460.7	1532.5	1493.4	1464.5	1497.0
3	2004	1466	0.1071	9.33	1396.3	1435.5	1398.0	1398.1	1418.1
4	2006	1448	0.1429	7.00	1346.1	1364.1	1328.9	1346.5	1357.8
5	2008	1401	0.1786	5.60	1303.8	1306.8	1274.1	1303.2	1308.0
6	2002	1314	0.2143	4.67	1266.6	1258.3	1228.3	1265.2	1264.9
7	2005	1263	0.2500	4.00	1232.8	1215.9	1188.7	1230.9	1226.4
8	1993	1170	0.2857	3.50	1201.5	1177.9	1153.5	1199.1	1191.3
9	1990	1167	0.3214	3.11	1172.1	1143.2	1121.6	1169.3	1158.7
10	1991	1144	0.3571	2.80	1143.9	1111.0	1092.3	1140.9	1128.0
11	1995	1123	0.3929	2.55	1116.8	1080.8	1064.9	1113.6	1098.8
12	1987	1087	0.4286	2.33	1090.3	1052.1	1039.2	1086.9	1070.7
13	2009	1058	0.4643	2.15	1064.3	1024.7	1014.7	1060.8	1043.4
14	1999	1044	0.5000	2.00	1038.4	998.1	991.1	1035.0	1016.8
15	1989	1006	0.5357	1.87	1012.6	972.3	968.3	1009.2	990.5
16	1992	989	0.5714	1.75	986.6	946.9	946.0	983.2	964.4
17	2010	980	0.6071	1.65	960.1	921.8	924.0	956.9	938.3
18	2011	946	0.6429	1.56	933.0	896.7	902.2	930.0	912.0
19	1994	919	0.6786	1.47	904.8	871.5	880.3	902.1	885.2
20	2012	773	0.7143	1.40	875.4	845.8	858.1	873.1	857.6
21	2001	756	0.7500	1.33	844.1	819.3	835.4	842.3	828.9

Tabla A.143 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	2003	738	0.7857	1.27	810.3	791.7	811.7	809.1	798.6
23	1986	714	0.8214	1.22	773.1	762.4	786.6	772.6	765.9
24	2007	698	0.8571	1.17	730.8	730.3	759.2	731.4	729.9
25	1988	673	0.8929	1.12	680.6	694.0	728.2	682.6	688.6
26	1998	609	0.9286	1.08	616.2	650.1	690.7	620.3	637.8
27	1996	540	0.9643	1.04	519.0	589.0	638.3	526.8	566.0
			0.9999	**1.00**	-33.2	336.2	409.9	10.8	262.0

Tabla A.144 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Rahue en Forrahue

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	**6.1131**	S/A	**0.0984**	S/A
LOG-NORMAL	7.4467	S/A	0.1137	S/A
GUMBEL	10.2708	RECHAZA	0.1219	S/A
PEARSON	6.1564	RECHAZA	0.0999	S/A
LOG-PEARSON	6.2326	RECHAZA	0.1050	S/A

Los valores de la Tabla A.143 se muestran gráficamente en la Figura A.37.

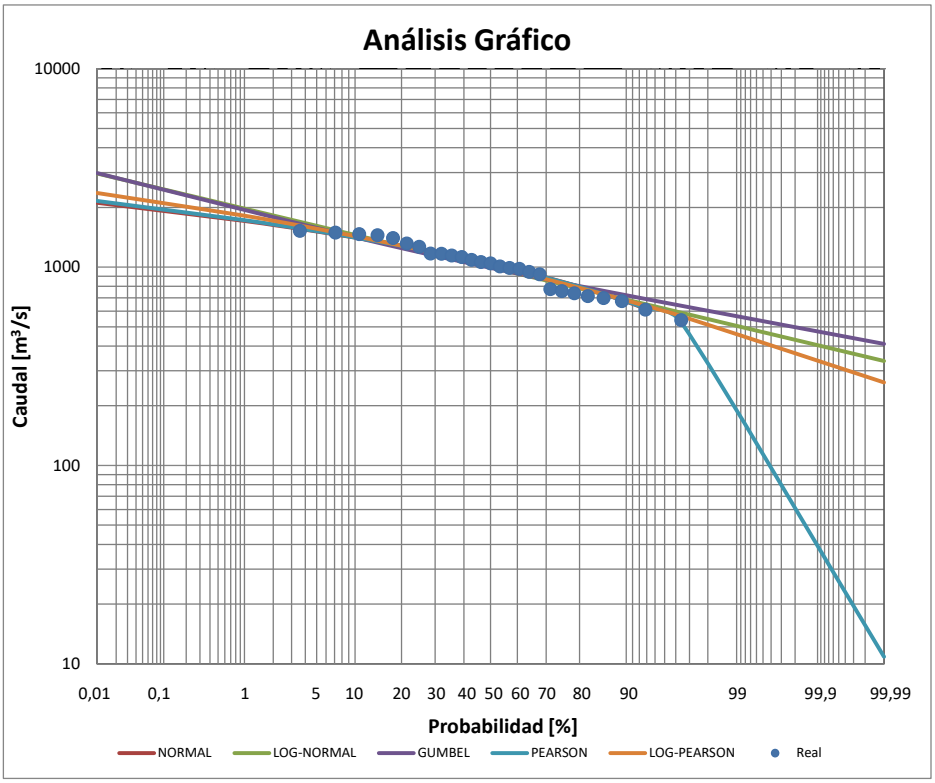


Figura A.37 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Rahue en Forrahue

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Pearson. En la Tabla A.145 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.145 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Rahue en Forrahue

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	1724.0 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	1641.3 m^3/s

A.39. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.146 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.146 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	89.73	Número de datos	N	32
Desv. Estándar (x)	s_x	34.11	$1.28255 / s_x$	a	0.0376
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.2244	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	74.37
Promedio (ln(x))	y_m	4.43	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	20.88
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.36	$4 / G_x^2$	α	2.67
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.2101	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	34.01

En la Tabla A.147, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.148.

Tabla A.147 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	216.6	321.2	319.3	316.2	379.2
			0.01	**100.00**	169.1	194.5	196.7	198.0	205.6
			0.02	**50.00**	159.8	176.3	178.1	179.6	183.5
1	2006	199.0	0.0303	33.00	153.7	165.4	167.0	168.5	170.6
2	2011	159.0	0.0606	16.50	142.6	147.1	148.1	149.4	149.6
3	1990	133.0	0.0909	11.00	135.3	136.1	136.9	137.9	137.4
4	2001	130.0	0.1212	8.25	129.6	128.2	128.8	129.6	128.7
5	2012	127.0	0.1515	6.60	124.9	122.0	122.4	122.9	122.0
6	2009	112.0	0.1818	5.50	120.7	116.7	117.1	117.4	116.4
7	1987	106.0	0.2121	4.71	117.0	112.2	112.5	112.6	111.6
8	1997	106.0	0.2424	4.13	113.6	108.2	108.5	108.4	107.5
9	1995	104.0	0.2727	3.67	110.3	104.6	104.8	104.5	103.7
10	2003	101.0	0.3030	3.30	107.3	101.3	101.5	101.1	100.4
11	2005	101.0	0.3333	3.00	104.4	98.3	98.4	97.8	97.2
12	1983	96.7	0.3636	2.75	101.6	95.4	95.5	94.8	94.3
13	1993	96.5	0.3939	2.54	98.9	92.7	92.8	92.0	91.6
14	2008	95.2	0.4242	2.36	96.2	90.2	90.2	89.3	89.0
15	2004	91.5	0.4545	2.20	93.6	87.7	87.7	86.7	86.6
16	2002	85.6	0.4848	2.06	91.0	85.3	85.3	84.3	84.2
17	1992	82.1	0.5152	1.94	88.4	83.0	83.0	81.9	82.0
18	2007	80.9	0.5455	1.83	85.8	80.8	80.7	79.6	79.8
19	1985	79.2	0.5758	1.74	83.2	78.6	78.5	77.3	77.6
20	1991	78.4	0.6061	1.65	80.5	76.4	76.3	75.1	75.5
21	1981	74.3	0.6364	1.57	77.8	74.2	74.1	72.9	73.4

Tabla A.147 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	2010	72.0	0.6667	1.50	75.0	72.1	71.9	70.8	71.4
23	1998	71.3	0.6970	1.43	72.1	69.9	69.7	68.6	69.3
24	1996	64.3	0.7273	1.38	69.1	67.7	67.4	66.5	67.2
25	1989	60.5	0.7576	1.32	65.9	65.4	65.1	64.3	65.1
26	1984	57.8	0.7879	1.27	62.5	63.1	62.7	62.0	62.9
27	1986	56.7	0.8182	1.22	58.7	60.7	60.2	59.7	60.6
28	1982	54.4	0.8485	1.18	54.6	58.1	57.5	57.4	58.2
29	2000	53.8	0.8788	1.14	49.9	55.2	54.5	54.8	55.5
30	1999	49.7	0.9091	1.10	44.2	52.0	51.1	52.0	52.6
31	1988	46.9	0.9394	1.06	36.9	48.2	47.0	48.8	49.1
32	1994	45.4	0.9697	1.03	25.7	42.8	41.1	44.6	44.2
			0.9999	**1.00**	-37.1	22.0	15.3	34.5	25.8

Tabla A.148 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	11.0090	RECHAZA	0.1223	S/A
LOG-NORMAL	4.3938	S/A	**0.0658**	S/A
GUMBEL	4.3470	S/A	0.0676	S/A
PEARSON	**4.0922**	S/A	0.0785	S/A
LOG-PEARSON	4.1708	S/A	0.0748	S/A

Los valores de la Tabla A.147 se muestran gráficamente en la Figura A.38.

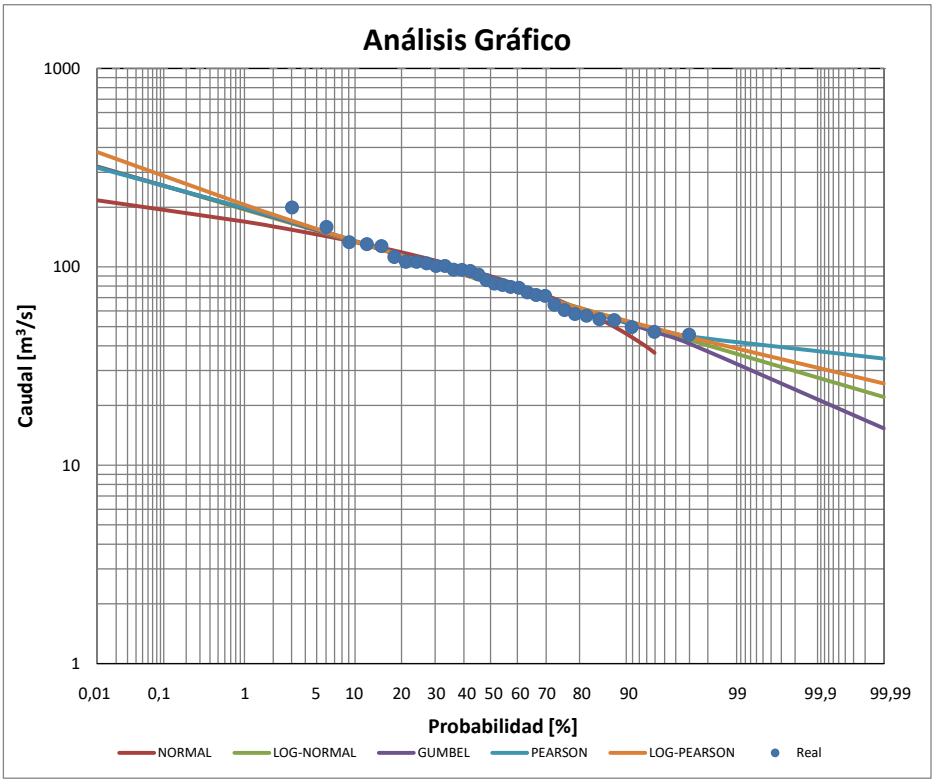


Figura A.38 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 y T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

A.40. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.149 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.149 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	11.21	Número de datos	N	29
Desv. Estándar (x)	s_x	7.90	1.28255 / s_x	a	0.1623
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.5970	x_m - 0.57721 / a	x_f	7.65
Promedio (ln(x))	y_m	2.24	S_x * Abs(G_x) / 2	b	10.26
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.58	4 / G_x^2	α	0.59
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.3379	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	5.12

En la Tabla A.150, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.151.

Tabla A.150 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	40.6	82.6	64.4	91.7	128.1
			0.01	**100.00**	29.6	36.6	36.0	41.9	42.3
			0.02	**50.00**	27.4	31.2	31.7	35.2	34.6
1	2011	43.5	0.0333	30.00	25.7	27.5	28.5	30.4	29.6
2	1991	20.4	0.0667	15.00	23.1	22.6	24.1	24.2	23.5
3	2003	18.6	0.1000	10.00	21.3	19.9	21.5	20.8	20.2
4	2004	18.1	0.1333	7.50	20.0	18.0	19.6	18.4	18.1
5	2006	17.2	0.1667	6.00	18.9	16.5	18.1	16.6	16.5
6	2005	17.1	0.2000	5.00	17.9	15.4	16.9	15.1	15.2
7	2000	16.8	0.2333	4.29	17.0	14.4	15.8	13.9	14.1
8	1984	15.0	0.2667	3.75	16.1	13.5	14.9	12.9	13.2
9	1994	11.9	0.3000	3.33	15.4	12.8	14.0	12.0	12.5
10	2001	10.6	0.3333	3.00	14.6	12.1	13.2	11.3	11.8
11	1997	10.5	0.3667	2.73	13.9	11.5	12.5	10.6	11.1
12	2009	10.4	0.4000	2.50	13.2	10.9	11.8	10.0	10.6
13	1995	10.0	0.4333	2.31	12.5	10.4	11.1	9.4	10.0
14	1992	9.7	0.4667	2.14	11.9	9.9	10.5	8.9	9.6
15	1996	8.7	0.5000	2.00	11.2	9.4	9.9	8.5	9.1
16	2002	8.6	0.5333	1.88	10.5	9.0	9.3	8.1	8.7
17	1983	7.6	0.5667	1.76	9.9	8.5	8.8	7.7	8.3
18	2012	7.5	0.6000	1.67	9.2	8.1	8.2	7.3	7.9
19	1998	7.5	0.6333	1.58	8.5	7.7	7.6	7.0	7.5
20	1989	7.4	0.6667	1.50	7.8	7.3	7.1	6.7	7.1
21	1993	6.9	0.7000	1.43	7.1	6.9	6.5	6.4	6.8

Tabla A.150 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1999	6.9	0.7333	1.36	6.3	6.5	5.9	6.2	6.4
23	1987	6.7	0.7667	1.30	5.5	6.1	5.3	6.0	6.1
24	2008	6.3	0.8000	1.25	4.6	5.8	4.7	5.8	5.7
25	1982	5.6	0.8333	1.20	3.6	5.3	4.1	5.6	5.3
26	2010	5.3	0.8667	1.15	2.4	4.9	3.3	5.4	5.0
27	2007	3.8	0.9000	1.11	1.1	4.4	2.5	5.3	4.6
28	1990	3.4	0.9333	1.07	-0.7	3.9	1.5	5.2	4.1
29	1988	3.2	0.9667	1.03	-3.3	3.2	0.1	5.2	3.5
			0.9999	**1.00**	-18.2	1.1	-6.0	2.1	1.6

Tabla A.151 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	67.6371	RECHAZA	0.2724	RECHAZA
LOG-NORMAL	9.8224	RECHAZA	**0.1018**	S/A
GUMBEL	10.4226	RECHAZA	0.1790	S/A
PEARSON	**8.3939**	RECHAZA	0.1152	S/A
LOG-PEARSON	8.7929	RECHAZA	0.1115	S/A

Los valores de la Tabla A.150 se muestran gráficamente en la Figura A.39.

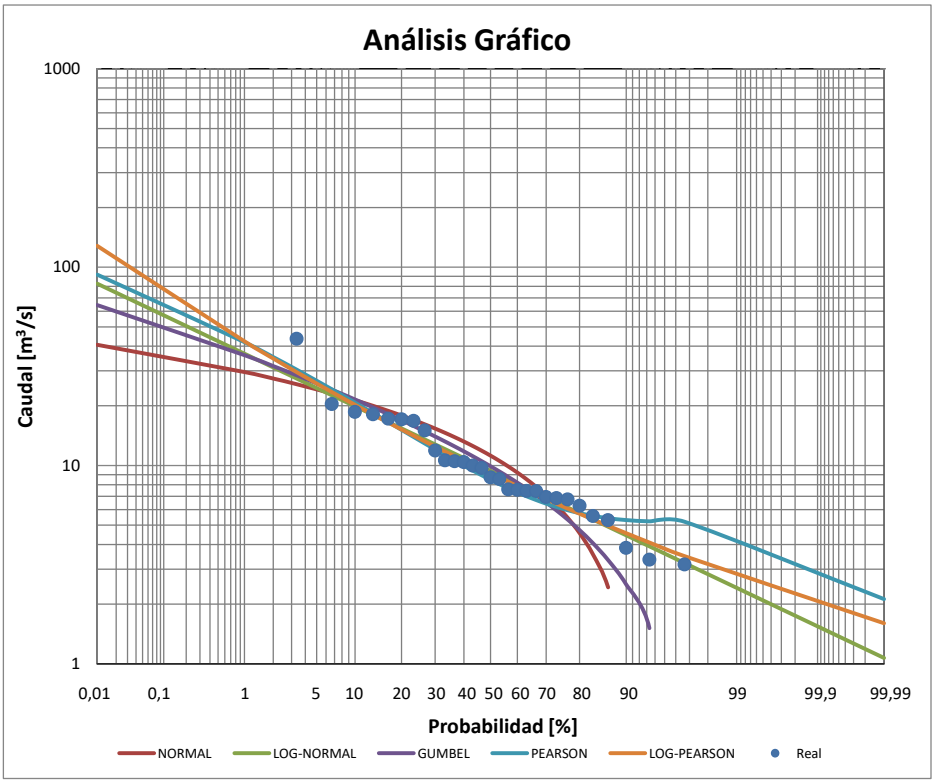


Figura A.39 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 y T100 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 100 años.

A.41. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.152 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.152 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	14.65	Número de datos	N	33
Desv. Estándar (x)	s_x	5.96	$1.28255 / s_x$	a	0.2152
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.8490	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	11.97
Promedio (ln(x))	y_m	2.61	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	2.53
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.41	$4 / G_x^2$	α	5.55
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.0162	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	0.61

En la Tabla A.153, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.154.

Tabla A.153 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	36.8	61.2	54.8	48.6	60.3
			0.01	**100.00**	28.5	34.8	33.3	32.1	34.6
			0.02	**50.00**	26.9	31.1	30.1	29.4	31.0
1	1981	32.10	0.0294	34.00	25.9	29.1	28.3	27.9	29.0
2	2001	25.20	0.0588	17.00	24.0	25.5	25.0	25.0	25.5
3	2006	23.00	0.0882	11.33	22.7	23.4	23.0	23.2	23.4
4	2011	22.40	0.1176	8.50	21.7	21.9	21.6	21.8	21.9
5	2007	21.60	0.1471	6.80	20.9	20.7	20.5	20.8	20.7
6	1990	20.00	0.1765	5.67	20.2	19.7	19.6	19.9	19.7
7	2008	19.20	0.2059	4.86	19.5	18.9	18.8	19.1	18.9
8	1980	18.60	0.2353	4.25	18.9	18.1	18.1	18.4	18.1
9	1986	18.10	0.2647	3.78	18.4	17.5	17.4	17.8	17.5
10	1994	17.40	0.2941	3.40	17.9	16.9	16.9	17.2	16.9
11	1995	16.50	0.3235	3.09	17.4	16.3	16.3	16.6	16.3
12	1992	16.10	0.3529	2.83	16.9	15.8	15.8	16.1	15.8
13	1991	16.00	0.3824	2.62	16.4	15.3	15.4	15.6	15.3
14	2005	15.50	0.4118	2.43	16.0	14.8	14.9	15.1	14.8
15	2009	15.10	0.4412	2.27	15.5	14.4	14.5	14.7	14.4
16	1997	14.80	0.4706	2.13	15.1	13.9	14.1	14.2	14.0
17	2012	14.40	0.5000	2.00	14.6	13.5	13.7	13.8	13.6
18	1987	14.00	0.5294	1.89	14.2	13.1	13.3	13.4	13.2
19	2002	13.70	0.5588	1.79	13.8	12.7	12.9	13.0	12.8
20	2003	12.80	0.5882	1.70	13.3	12.4	12.5	12.6	12.4
21	2000	11.40	0.6176	1.62	12.9	12.0	12.1	12.2	12.0

Tabla A.153 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1999	10.80	0.6471	1.55	12.4	11.6	11.8	11.8	11.6
23	2010	10.60	0.6765	1.48	11.9	11.2	11.4	11.4	11.3
24	1983	10.50	0.7059	1.42	11.4	10.9	11.0	11.0	10.9
25	1993	9.65	0.7353	1.36	10.9	10.5	10.6	10.5	10.5
26	2004	9.52	0.7647	1.31	10.3	10.1	10.2	10.1	10.1
27	1996	8.58	0.7941	1.26	9.8	9.7	9.8	9.7	9.7
28	1984	8.29	0.8235	1.21	9.1	9.3	9.4	9.2	9.3
29	1998	8.24	0.8529	1.17	8.4	8.8	8.9	8.7	8.8
30	1988	7.95	0.8824	1.13	7.6	8.4	8.4	8.1	8.4
31	1985	7.90	0.9118	1.10	6.6	7.8	7.8	7.5	7.8
32	1982	7.22	0.9412	1.06	5.3	7.2	7.1	6.7	7.2
33	1989	6.22	0.9706	1.03	3.4	6.3	6.1	5.7	6.3
			0.9999	**1.00**	-7.5	3.0	1.6	1.9	3.0

Tabla A.154 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	7.3959	S/A	0.1377	S/A
LOG-NORMAL	4.1169	S/A	0.1326	S/A
GUMBEL	4.5771	S/A	0.1330	S/A
PEARSON	**3.9884**	S/A	**0.1113**	S/A
LOG-PEARSON	4.1089	S/A	0.1319	S/A

Los valores de la Tabla A.153 se muestran gráficamente en la Figura A.40.

.

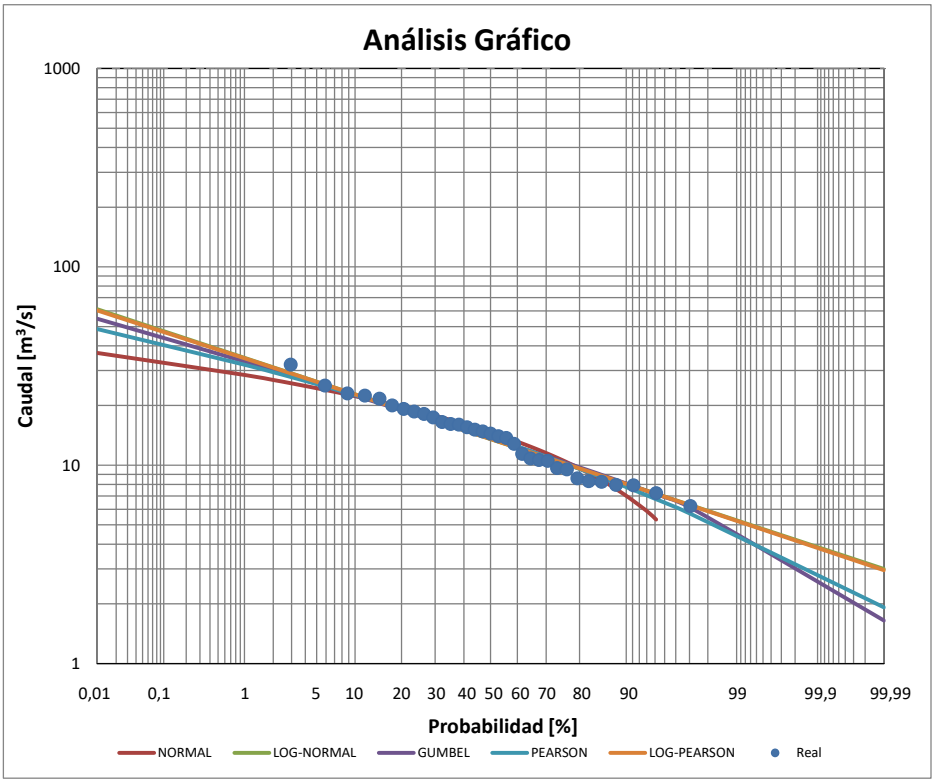


Figura A.40 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 50 años. Para el período de retorno T100, el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Normal. En la Tabla A.155 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.155 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	34.8 m^3/s

A.42. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.156 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.156 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	92.07	Número de datos	N	33
Desv. Estándar (x)	s_x	30.35	1.28255 / s_x	a	0.0423
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.0855	x_m - 0.57721 / a	x_f	78.41
Promedio (ln(x))	y_m	4.47	S_x * Abs(G_x) / 2	b	16.47
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.31	4 / G_x^2	α	3.39
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.4471	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	36.14

En la Tabla A.157, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.158.

Tabla A.157 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	205.0	275.7	296.4	282.9	375.7
			0.01	**100.00**	162.7	179.6	187.3	185.7	198.5
			0.02	**50.00**	154.4	165.2	170.8	170.4	177.4
1	2012	176.0	0.0294	34.00	149.4	157.0	161.5	161.6	166.1
2	2006	160.0	0.0588	17.00	139.6	142.1	144.7	145.5	146.4
3	1986	142.0	0.0882	11.33	133.1	133.1	134.8	135.7	135.2
4	2000	135.0	0.1176	8.50	128.1	126.5	127.6	128.5	127.3
5	2002	123.0	0.1471	6.80	123.9	121.2	121.9	122.8	121.2
6	2011	122.0	0.1765	5.67	120.3	116.8	117.2	118.0	116.2
7	1981	118.0	0.2059	4.86	117.0	113.0	113.1	113.8	111.9
8	1997	115.0	0.2353	4.25	114.0	109.6	109.5	110.1	108.2
9	1998	106.0	0.2647	3.78	111.2	106.5	106.3	106.8	104.9
10	2003	106.0	0.2941	3.40	108.5	103.7	103.4	103.7	101.9
11	2008	102.0	0.3235	3.09	106.0	101.1	100.6	100.9	99.1
12	1990	95.9	0.3529	2.83	103.5	98.6	98.1	98.3	96.6
13	2004	90.0	0.3824	2.62	101.2	96.3	95.7	95.7	94.2
14	1987	88.7	0.4118	2.43	98.8	94.0	93.4	93.4	91.9
15	1995	87.2	0.4412	2.27	96.6	91.9	91.2	91.1	89.8
16	1982	85.0	0.4706	2.13	94.3	89.8	89.1	88.9	87.8
17	1991	84.9	0.5000	2.00	92.1	87.8	87.1	86.8	85.8
18	1980	83.0	0.5294	1.89	89.8	85.8	85.1	84.7	83.9
19	2009	79.8	0.5588	1.79	87.6	83.9	83.2	82.7	82.1
20	1984	77.3	0.5882	1.70	85.3	82.0	81.2	80.7	80.3
21	2001	74.9	0.6176	1.62	83.0	80.1	79.3	78.7	78.5

Tabla A.157 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1999	73.9	0.6471	1.55	80.6	78.2	77.4	76.8	76.7
23	1992	72.9	0.6765	1.48	78.2	76.2	75.5	74.8	75.0
24	1983	72.8	0.7059	1.42	75.6	74.3	73.6	72.9	73.2
25	2005	70.2	0.7353	1.36	73.0	72.3	71.7	70.9	71.5
26	1988	68.7	0.7647	1.31	70.2	70.3	69.7	68.9	69.7
27	1996	66.9	0.7941	1.26	67.2	68.2	67.6	66.8	67.8
28	1994	66.6	0.8235	1.21	63.9	66.0	65.4	64.7	65.9
29	2010	65.8	0.8529	1.17	60.2	63.6	63.0	62.4	63.9
30	1985	62.7	0.8824	1.13	56.0	60.9	60.4	60.0	61.7
31	2007	62.7	0.9118	1.10	51.0	57.9	57.4	57.3	59.2
32	1989	52.1	0.9412	1.06	44.6	54.2	53.8	54.1	56.2
33	1993	51.3	0.9706	1.03	34.7	49.1	48.6	49.8	52.2
			0.9999	**1.00**	-20.8	27.9	25.9	37.6	36.8

Tabla A.158 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Penitente en Morro Chico

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	12.5272	RECHAZA	0.1073	S/A
LOG-NORMAL	6.0566	S/A	0.0782	S/A
GUMBEL	5.0606	S/A	0.0706	S/A
PEARSON	**4.4205**	S/A	**0.0619**	S/A
LOG-PEARSON	4.5649	S/A	0.0657	S/A

Los valores de la Tabla A.157 se muestran gráficamente en la Figura A.41.

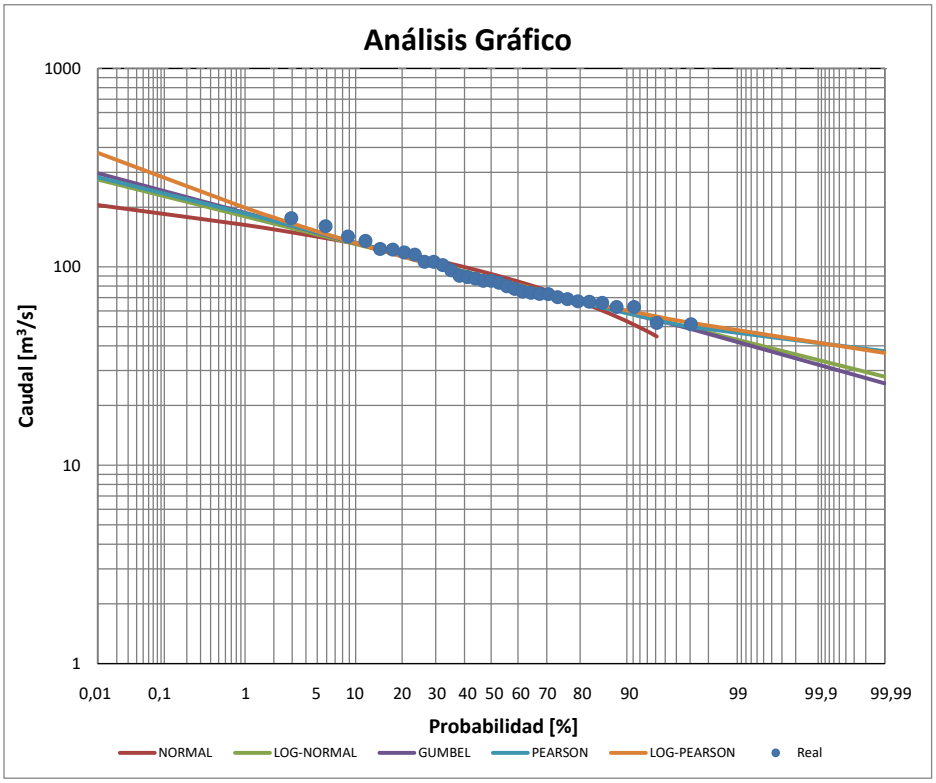


Figura A.41 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Penitente en Morro Chico

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.159 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.159 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Penitente en Morro Chico

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	198.5 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	177.4 m^3/s

A.43. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.160 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.160 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	64.11	Número de datos	N	22
Desv. Estándar (x)	s_x	27.25	$1.28255 / s_x$	a	0.0471
Coef. Asimetría (x)	G_x	2.1945	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	51.84
Promedio (ln(x))	y_m	4.09	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	29.90
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.36	$4 / G_x^2$	α	0.83
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	0.7723	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	39.27

En la Tabla A.161, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.162.

Tabla A.161 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	165.5	226.8	247.6	313.5	429.5
			0.01	**100.00**	127.5	137.8	149.6	165.1	167.9
			0.02	**50.00**	120.1	125.0	134.8	144.5	143.6
1	1996	159.0	0.0435	23.00	110.8	110.6	118.0	121.9	119.5
2	2011	102.0	0.0870	11.50	101.2	97.5	102.8	102.4	100.2
3	1994	93.3	0.1304	7.67	94.8	89.7	93.7	91.2	89.8
4	2012	80.3	0.1739	5.75	89.7	83.9	87.0	83.3	82.7
5	2010	73.4	0.2174	4.60	85.4	79.3	81.7	77.4	77.3
6	2003	71.2	0.2609	3.83	81.6	75.4	77.3	72.5	72.9
7	2005	66.2	0.3043	3.29	78.1	72.0	73.4	68.4	69.3
8	2007	64.8	0.3478	2.88	74.8	69.0	69.9	64.9	66.1
9	1998	63.6	0.3913	2.56	71.6	66.2	66.7	61.9	63.3
10	1999	61.4	0.4348	2.30	68.6	63.6	63.8	59.1	60.7
11	2008	59.9	0.4783	2.09	65.6	61.1	61.0	56.7	58.4
12	2002	57.0	0.5217	1.92	62.6	58.8	58.3	54.4	56.3
13	2006	55.7	0.5652	1.77	59.6	56.5	55.7	52.4	54.2
14	1993	52.5	0.6087	1.64	56.6	54.3	53.2	50.5	52.3
15	2004	50.6	0.6522	1.53	53.4	52.1	50.7	48.8	50.4
16	2000	48.5	0.6957	1.44	50.2	49.9	48.2	47.2	48.6
17	2001	48.1	0.7391	1.35	46.6	47.7	45.6	45.7	46.8
18	1997	45.9	0.7826	1.28	42.8	45.4	42.9	44.3	44.9
19	1992	44.8	0.8261	1.21	38.5	42.9	40.0	42.9	43.0
20	1995	42.1	0.8696	1.15	33.5	40.1	36.7	41.7	41.0
21	2009	40.5	0.9130	1.10	27.1	36.9	32.9	40.6	38.7

Tabla A.161 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	1991	29.6	0.9565	1.05	17.5	32.5	27.6	39.7	35.8
			0.9999	**1.00**	-37.2	15.9	4.7	36.4	26.8

Tabla A.162 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Pérez en Desembocadura

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	17.1156	RECHAZA	0.1489	S/A
LOG-NORMAL	6.0500	S/A	0.0592	S/A
GUMBEL	4.3637	S/A	0.0774	S/A
PEARSON	**3.0733**	S/A	0.0742	S/A
LOG-PEARSON	3.1136	S/A	**0.0376**	S/A

Los valores de la Tabla A.161 se muestran gráficamente en la Figura A.42.

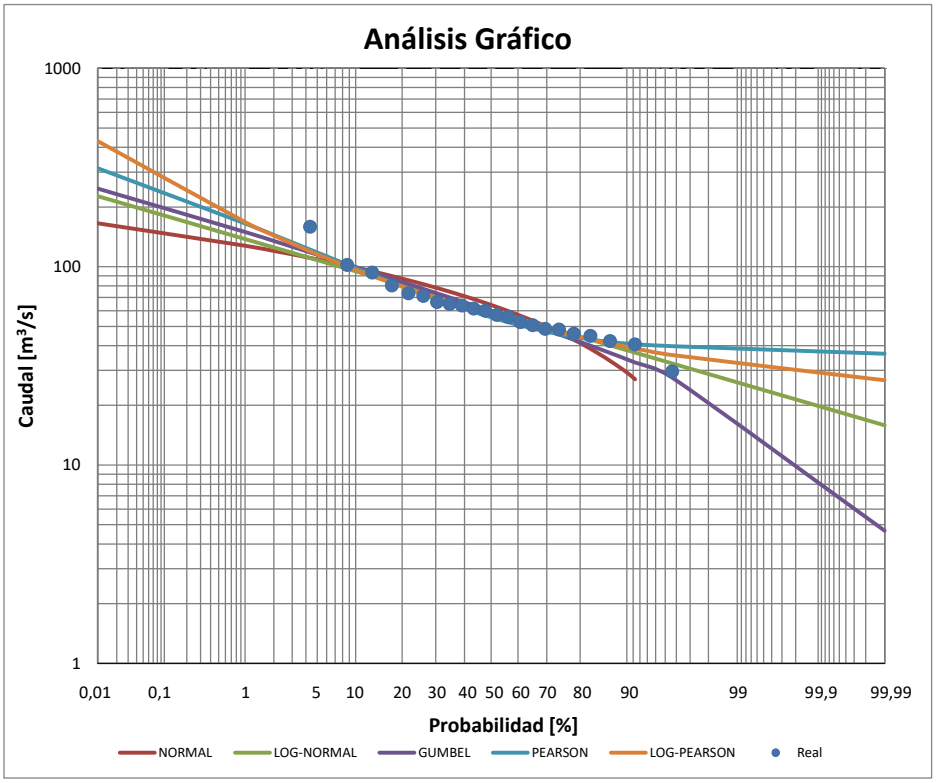


Figura A.42 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Pérez en Desembocadura

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 50 años. Para

el período de retorno T100, el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.163 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.163 – Caudal obtenido para T100, Estación Río Pérez en Desembocadura

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	167.9 m^3/s

A.44. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.164 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.164 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	116.44	Número de datos	N	40
Desv. Estándar (x)	s_x	54.15	1.28255 / s_x	a	0.0237
Coef. Asimetría (x)	G_x	0.6340	x_m - 0.57721 / a	x_f	92.07
Promedio (ln(x))	y_m	4.64	S_x * Abs(G_x) / 2	b	17.17
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.52	4 / G_x^2	α	9.95
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.7677	x_m - 2 * S_x / G_x	x_0	-54.37

En la Tabla A.165, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.166.

Tabla A.165 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	317.8	725.3	480.9	396.3	338.5
			0.01	**100.00**	242.4	349.7	286.3	267.1	260.5
			0.02	**50.00**	227.6	303.2	256.8	245.1	242.8
1	1984	273.0	0.0244	41.00	223.1	290.3	248.3	238.6	237.2
2	2011	203.0	0.0488	20.50	206.1	246.3	218.5	214.9	216.2
3	1983	200.0	0.0732	13.67	195.1	221.3	200.9	200.2	202.4
4	1994	193.0	0.0976	10.25	186.6	203.8	188.2	189.3	191.8
5	2012	184.0	0.1220	8.20	179.5	190.4	178.2	180.5	183.1
6	2003	179.0	0.1463	6.83	173.4	179.4	169.9	173.0	175.6
7	2005	176.0	0.1707	5.86	167.9	170.2	162.8	166.4	168.9
8	2004	171.0	0.1951	5.13	163.0	162.2	156.6	160.6	162.9
9	2006	171.0	0.2195	4.56	158.3	155.1	151.0	155.2	157.4
10	1981	155.0	0.2439	4.10	154.0	148.7	145.9	150.3	152.2
11	2002	148.0	0.2683	3.73	149.9	142.9	141.2	145.7	147.4
12	1986	145.0	0.2927	3.42	146.0	137.6	136.8	141.4	142.9
13	2009	144.0	0.3171	3.15	142.2	132.7	132.8	137.3	138.5
14	1990	135.0	0.3415	2.93	138.6	128.1	128.9	133.4	134.4
15	1991	127.0	0.3659	2.73	135.0	123.7	125.3	129.6	130.4
16	1998	124.0	0.3902	2.56	131.5	119.6	121.8	126.0	126.6
17	1996	118.0	0.4146	2.41	128.1	115.8	118.4	122.5	122.8
18	1997	118.0	0.4390	2.28	124.7	112.1	115.2	119.0	119.2
19	2007	109.0	0.4634	2.16	121.4	108.5	112.1	115.7	115.6
20	2008	108.0	0.4878	2.05	118.1	105.1	109.0	112.4	112.2
21	1993	104.0	0.5122	1.95	114.8	101.8	106.1	109.2	108.7

Tabla A.165 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	2000	103.0	0.5366	1.86	111.5	98.5	103.2	106.0	105.4
23	2001	102.0	0.5610	1.78	108.1	95.4	100.3	102.8	102.0
24	1972	99.1	0.5854	1.71	104.8	92.4	97.4	99.6	98.7
25	1995	99.0	0.6098	1.64	101.3	89.4	94.6	96.5	95.4
26	1992	93.4	0.6341	1.58	97.9	86.4	91.8	93.3	92.1
27	1971	88.7	0.6585	1.52	94.3	83.5	89.0	90.1	88.8
28	1987	81.1	0.6829	1.46	90.7	80.6	86.2	86.8	85.5
29	1999	79.8	0.7073	1.41	86.9	77.7	83.4	83.5	82.1
30	1989	77.0	0.7317	1.37	83.0	74.8	80.5	80.2	78.7
31	1982	70.9	0.7561	1.32	78.9	71.9	77.5	76.7	75.2
32	1974	68.0	0.7805	1.28	74.5	68.9	74.5	73.1	71.6
33	1985	64.4	0.8049	1.24	69.9	65.9	71.3	69.3	67.9
34	1988	62.8	0.8293	1.21	64.9	62.8	68.0	65.4	64.1
35	2010	62.4	0.8537	1.17	59.5	59.6	64.5	61.1	60.0
36	1970	59.1	0.8780	1.14	53.3	56.2	60.7	56.4	55.7
37	1980	57.0	0.9024	1.11	46.3	52.5	56.4	51.2	51.0
38	1976	53.8	0.9268	1.08	37.8	48.3	51.5	45.2	45.6
39	1973	27.9	0.9512	1.05	26.7	43.4	45.4	37.7	39.3
40	1975	23.1	0.9756	1.03	9.7	36.8	36.7	26.9	30.8
			0.9999	**1.00**	-84.9	14.7	-1.7	-18.2	5.8

Tabla A.166 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río San Juan en Desembocadura

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	4.8077	S/A	0.0942	S/A
LOG-NORMAL	5.3665	S/A	0.0928	S/A
GUMBEL	4.3765	S/A	0.0873	S/A
PEARSON	3.7334	S/A	0.0727	S/A
LOG-PEARSON	**3.5697**	S/A	**0.0672**	S/A

Los valores de la Tabla A.165 se muestran gráficamente en la Figura A.43.

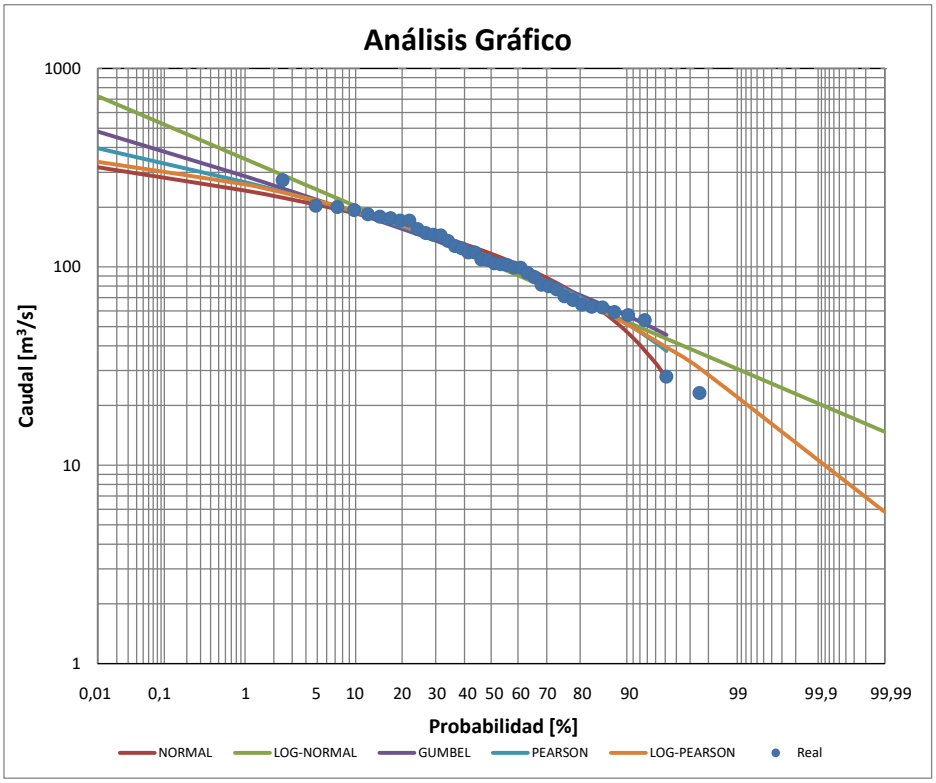


Figura A.43 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río San Juan en Desembocadura

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el caudal asociado al período de retorno T50 ya se encuentra incluido dentro de la estadística de datos analizada, ya que el valor más alto medido se sale de la tendencia de los datos medidos y se concluye que tiene un período de retorno mayor a 50 años. Para el período de retorno T100, el mejor ajuste probabilístico es el de la función Gumbel. En la Tabla A.167 se muestra el caudal obtenido para T100.

Tabla A.167 – Caudal obtenido para T100, Estación Río San Juan en Desembocadura

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	286.3 m^3/s

A.45. Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

Como se señala en el subcapítulo 3.4, ordenan los caudales máximos diarios anuales de la estación de mayor a menor y se les asigna una probabilidad de excedencia de Weibull. En la Tabla A.168 se resumen los valores y parámetros relevantes obtenidos de los datos para su análisis.

Tabla A.168 – Parámetros para el Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

Parámetro	Símbolo	Valor	Parámetro	Símbolo	Valor
Promedio (x)	x_m	19.21	Número de datos	N	30
Desv. Estándar (x)	s_x	12.01	$1.28255 / s_x$	a	0.1068
Coef. Asimetría (x)	G_x	1.1978	$x_m - 0.57721 / a$	x_f	13.80
Promedio (ln(x))	y_m	2.77	$S_x * Abs(G_x) / 2$	b	7.20
Desv. Estándar (ln(x))	s_y	0.64	$4 / G_x^2$	α	2.79
Coef. Asimetría (ln(x))	G_y	-0.1994	$x_m - 2 * S_x / G_x$	x_0	-0.85

En la Tabla A.169, se tabulan los valores obtenidos de algunas funciones de probabilidad (ver subcapítulo 2.8) para las probabilidades de excedencia de las que se tiene datos medidos, y para las asociadas al período de retorno 50 y 100 años, según corresponda. Se realiza para cada ajuste probabilístico, el Test de Chi-Cuadrado y el Test de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se muestran en la Tabla A.170.

Tabla A.169 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
			0.0001	**10000.00**	63.9	171.1	100.1	98.2	131.3
			0.01	**100.00**	47.2	70.3	56.9	57.1	64.0
			0.02	**50.00**	43.9	59.1	50.4	50.7	55.2
1	2002	51.50	0.0323	31.00	41.4	51.9	45.8	46.3	49.2
2	1985	45.60	0.0645	15.50	37.4	42.0	39.2	39.6	40.8
3	2003	44.20	0.0968	10.33	34.8	36.5	35.2	35.6	36.0
4	1991	31.40	0.1290	7.75	32.8	32.8	32.3	32.6	32.6
5	2004	31.30	0.1613	6.20	31.1	30.0	30.1	30.3	29.9
6	2011	29.10	0.1935	5.17	29.6	27.7	28.2	28.3	27.8
7	1994	23.10	0.2258	4.43	28.3	25.8	26.6	26.6	26.0
8	2005	22.90	0.2581	3.88	27.0	24.1	25.1	25.1	24.4
9	1997	21.60	0.2903	3.44	25.8	22.7	23.8	23.8	23.0
10	1983	20.70	0.3226	3.10	24.7	21.4	22.6	22.5	21.7
11	1996	20.50	0.3548	2.82	23.7	20.2	21.5	21.4	20.6
12	2009	20.20	0.3871	2.58	22.7	19.1	20.5	20.3	19.5
13	1982	19.60	0.4194	2.38	21.7	18.1	19.5	19.3	18.5
14	2000	18.50	0.4516	2.21	20.7	17.2	18.6	18.3	17.6
15	1995	18.20	0.4839	2.07	19.7	16.4	17.7	17.4	16.7
16	1998	17.80	0.5161	1.94	18.7	15.5	16.8	16.5	15.9
17	2006	17.60	0.5484	1.82	17.7	14.7	16.0	15.6	15.1
18	2001	15.50	0.5806	1.72	16.8	14.0	15.1	14.7	14.3
19	2008	15.00	0.6129	1.63	15.8	13.3	14.3	13.9	13.5
20	1986	11.20	0.6452	1.55	14.7	12.6	13.5	13.1	12.8
21	1987	11.10	0.6774	1.48	13.7	11.9	12.6	12.3	12.1

Tabla A.169 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos (Continuación)

N°	Año	$Q_{máxda}$ [m^3/s]	P_{exc}	T_R [año]	NORMAL	LOG-NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEARSON
22	2010	10.50	0.7097	1.41	12.6	11.2	11.8	11.5	11.4
23	1999	10.20	0.7419	1.35	11.4	10.5	11.0	10.6	10.7
24	1992	9.38	0.7742	1.29	10.2	9.9	10.1	9.8	10.0
25	1989	8.72	0.8065	1.24	8.8	9.2	9.2	8.9	9.2
26	1993	7.81	0.8387	1.19	7.3	8.5	8.2	8.1	8.5
27	2007	6.87	0.8710	1.15	5.6	7.7	7.1	7.1	7.7
28	1990	6.43	0.9032	1.11	3.6	7.0	5.9	6.0	6.9
29	1988	5.98	0.9355	1.07	1.0	6.0	4.4	4.8	5.9
30	1984	3.77	0.9677	1.03	-3.0	4.9	2.2	3.3	4.7
			0.9999	**1.00**	-25.5	1.5	-7.0	-0.6	1.1

Tabla A.170 – Resultados de Test Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

	CHI-CUADRADO		KOLMOGOROV-SMIRNOV	
	X^2_m	CRITERIO	T	CRITERIO
NORMAL	21.3064	RECHAZA	0.1994	S/A
LOG-NORMAL	**9.4773**	RECHAZA	0.0809	S/A
GUMBEL	11.9695	RECHAZA	0.1337	S/A
PEARSON	10.3372	RECHAZA	0.1070	S/A
LOG-PEARSON	9.6722	RECHAZA	**0.0788**	S/A

Los valores de la Tabla A.169 se muestran gráficamente en la Figura A.44.

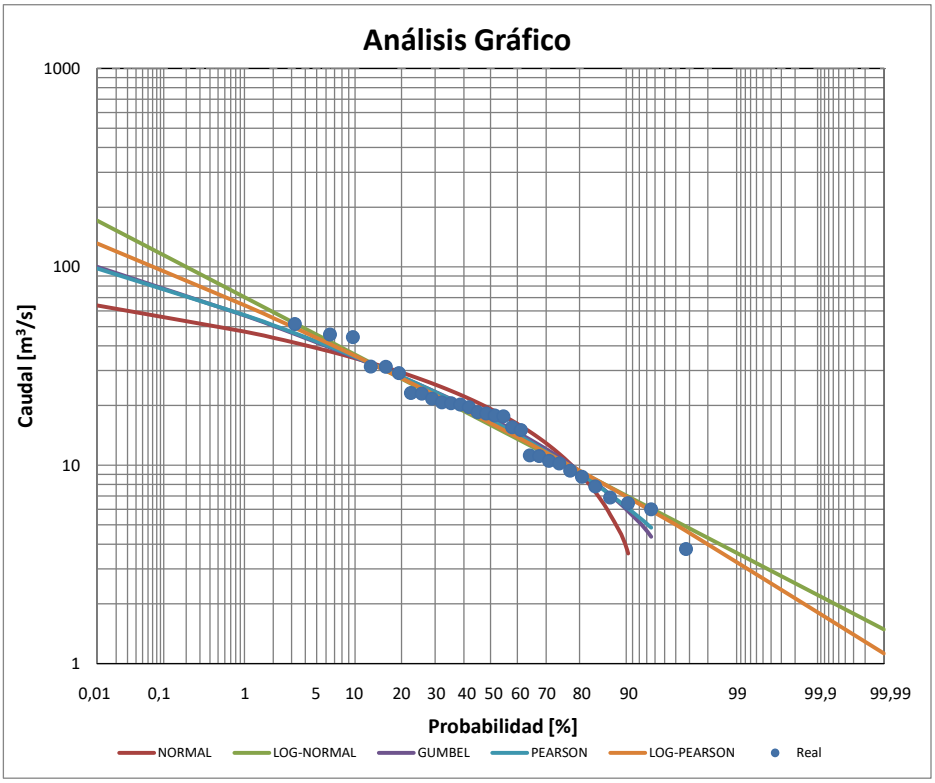


Figura A.44 – Análisis de Caudales Máximos Diarios Anuales, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

Analizando los resultados obtenidos de ambos test de ajuste y del análisis gráfico, se concluye que el mejor ajuste probabilístico es el de la función Log-Pearson. En la Tabla A.171 se muestra el caudal obtenido para T50 y T100.

Tabla A.171 – Caudal obtenido para T50 y T100, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos

T_R	100 años
$Q_{máxda}$	64.0 m^3/s
T_R	50 años
$Q_{máxda}$	55.2 m^3/s

Anexo B. CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES

En este anexo se presenta la Curva de Duración de Caudales Medios Diarios para cada una de las estaciones analizadas. La metodología usada para su obtención se detalla en el subcapítulo 3.5.

Por la extensión del presente anexo, éste se incluye sólo en el CD de respaldo (en formato digital).

ÍNDICE DE FIGURAS – ANEXO B

Figura B.1 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Loa antes Represa Lequena 403
Figura B.2 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Salado en Sifón Ayquina 403
Figura B.3 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Huasco en Algodones 404
Figura B.4 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Jorquera en Vertedero 404
Figura B.5 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí 405
Figura B.6 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Choapa en Cuncumén 405
Figura B.7 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Grande en Puntilla San Juan 406
Figura B.8 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue 406
Figura B.9 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Turbio en Varillar 407
Figura B.10 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito 407
Figura B.11 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Blanco en Río Blanco 408
Figura B.12 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos 408
Figura B.13 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo 409
Figura B.14 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Maipo en El Manzano 409
Figura B.15 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Mapocho en Los Almendros 410
Figura B.16 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú 410
Figura B.17 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones 411
Figura B.18 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Loncomilla en Las Brisas 411
Figura B.19 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Purapel en Sauzal 412
Figura B.20 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Teno después de Junta con Claro 412
Figura B.21 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Biobío en Desembocadura 413
Figura B.22 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia 413
Figura B.23 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Diguillín en Longitudinal 414
Figura B.24 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea 414
Figura B.25 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Itata en Cholguán 415
Figura B.26 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Itata en Coelemu 415
Figura B.27 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Laja en Puente Perales 416
Figura B.28 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Ñuble en San Fabián 416
Figura B.29 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Allipén en Los Laureles 417
Figura B.30 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cautín en Rari-Ruca 417
Figura B.31 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cholchol en Cholchol 418
Figura B.32 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Dónguil en Gorbea 418
Figura B.33 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Lumaco en Lumaco 419
Figura B.34 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Quepe en Quepe 419
Figura B.35 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Trancura antes Río Llafenco 420
Figura B.36 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Vergara en Tijeral 420
Figura B.37 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cruces en Rucaco 421
Figura B.38 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Rahue en Forrahue 421
Figura B.39 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Grande en Tierra del Fuego 422
Figura B.40 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Las Minas en BT. Sendos 422
Figura B.41 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Oro en Bahía San Felipe 423
Figura B.42 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Penitente en Morro Chico 423
Figura B.43 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Pérez en Desembocadura 424
Figura B.44 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río San Juan en Desembocadura 424
Figura B.45 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos 425

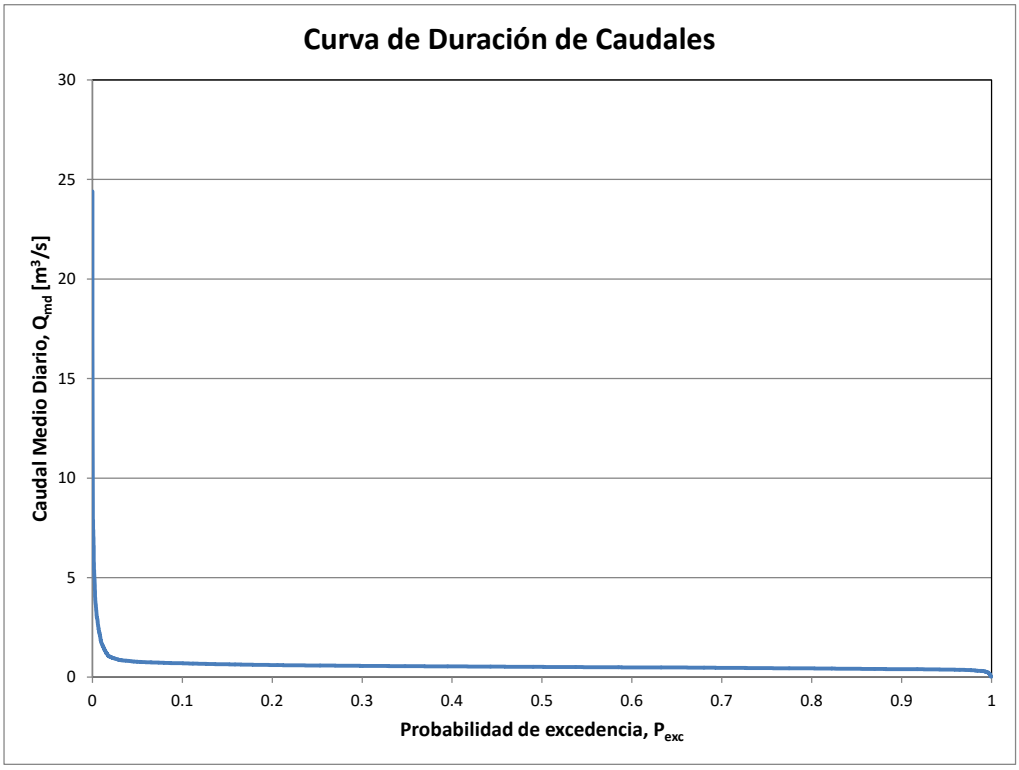


Figura B.1 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Loa antes Represa Lequena

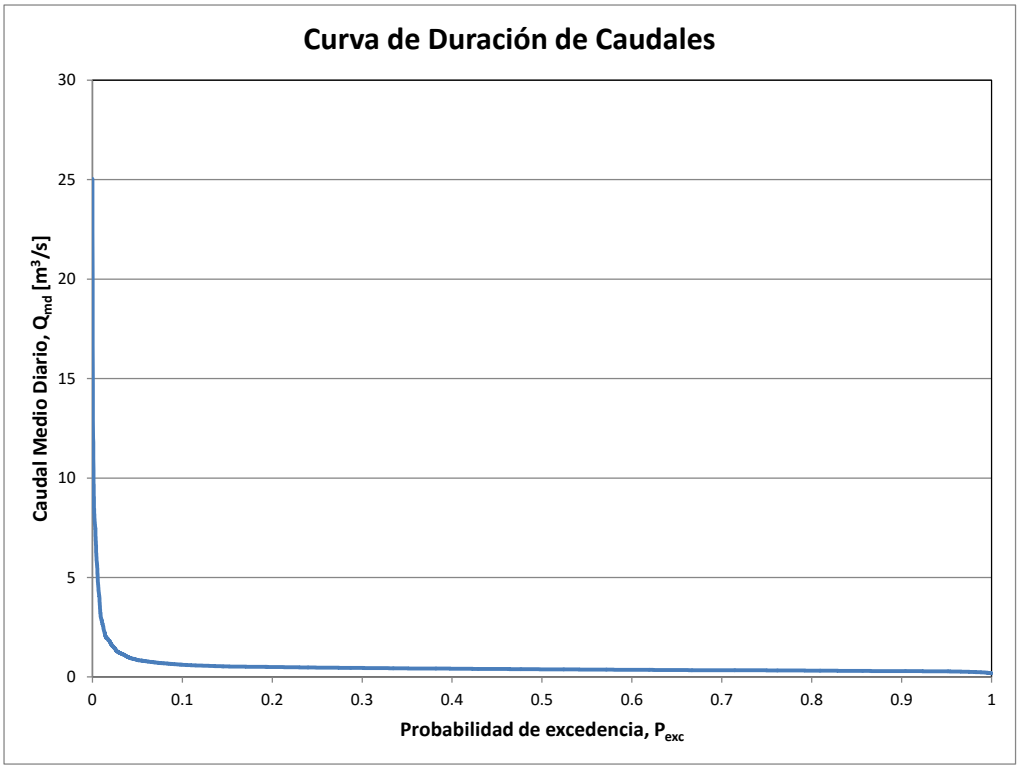


Figura B.2 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Salado en Sifón Ayquina

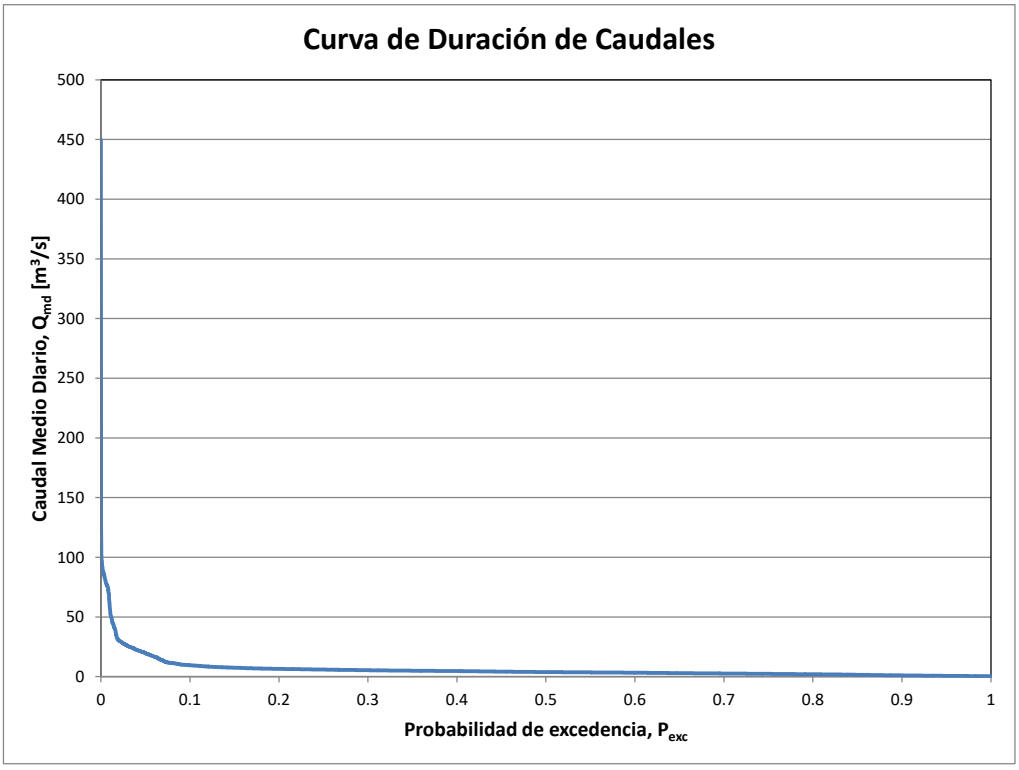


Figura B.3 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Huasco en Algodones

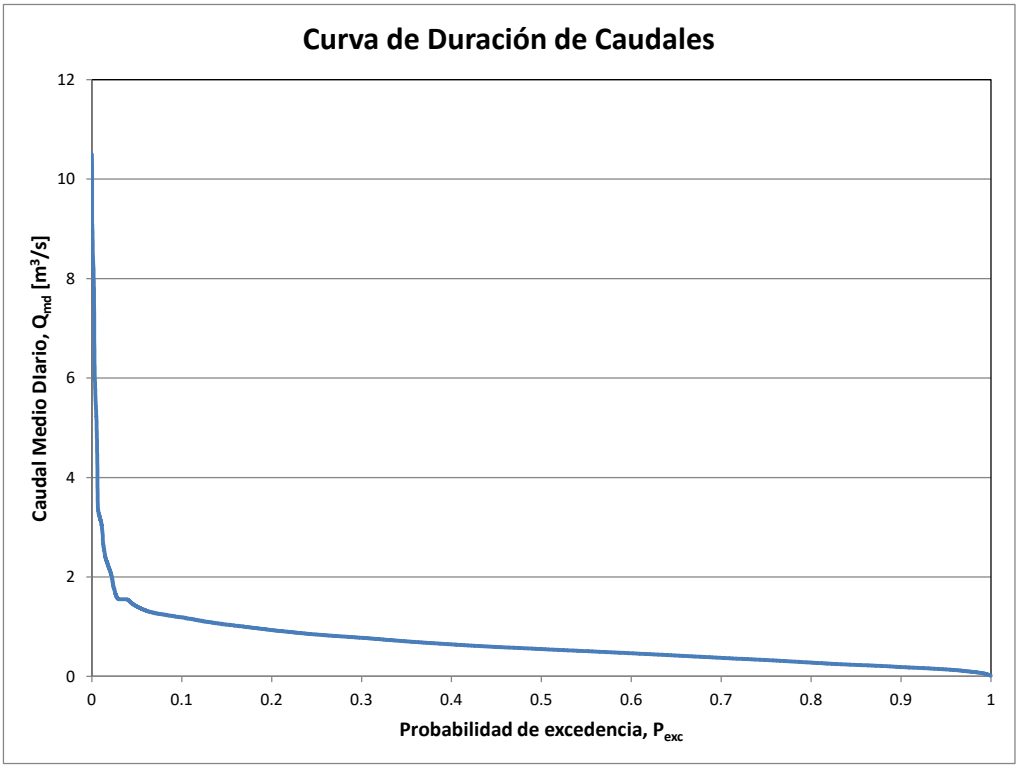


Figura B.4 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Jorquera en Vertedero

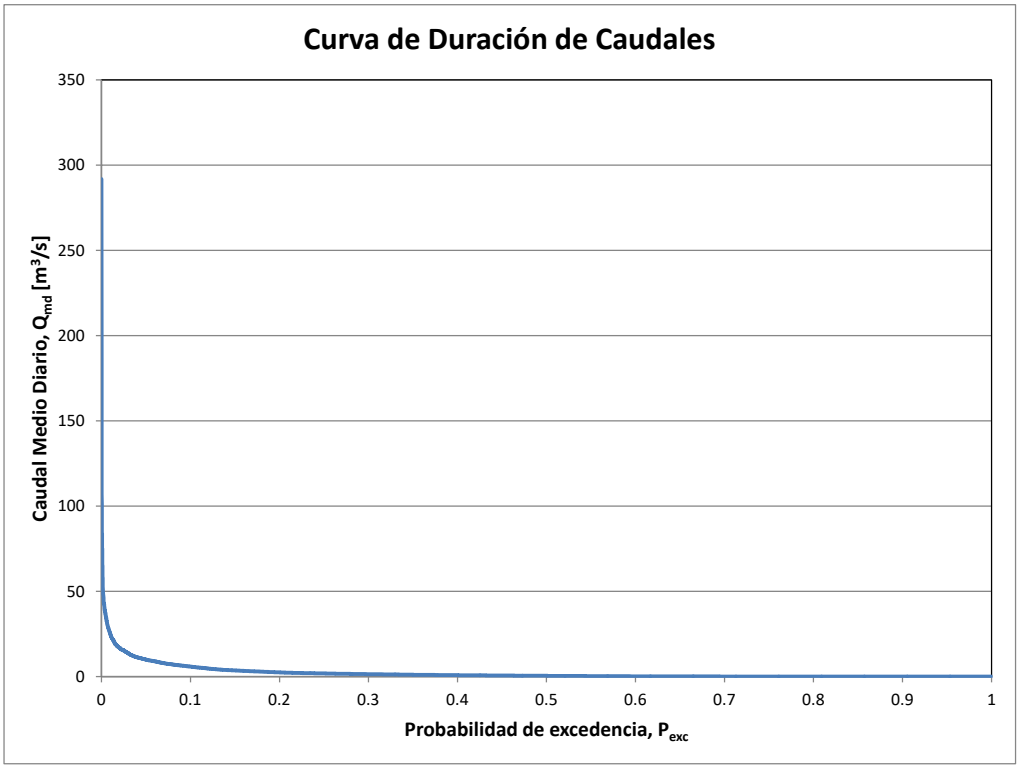


Figura B.5 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cogotí entrada Embalse Cogotí

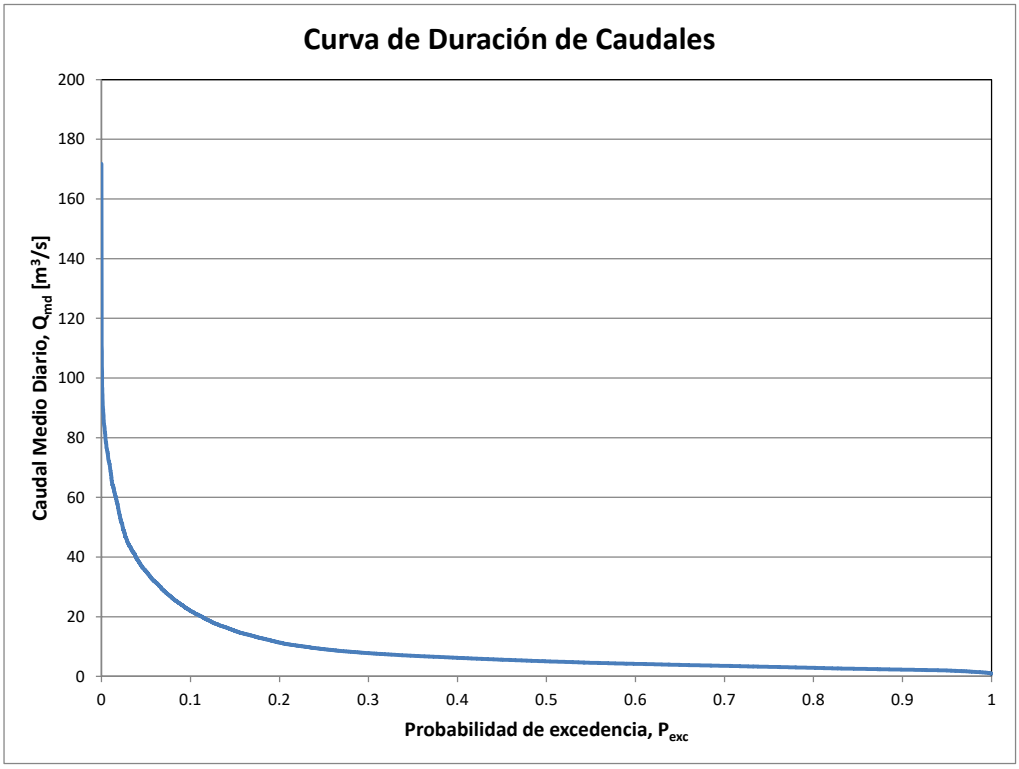


Figura B.6 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Choapa en Cuncumén

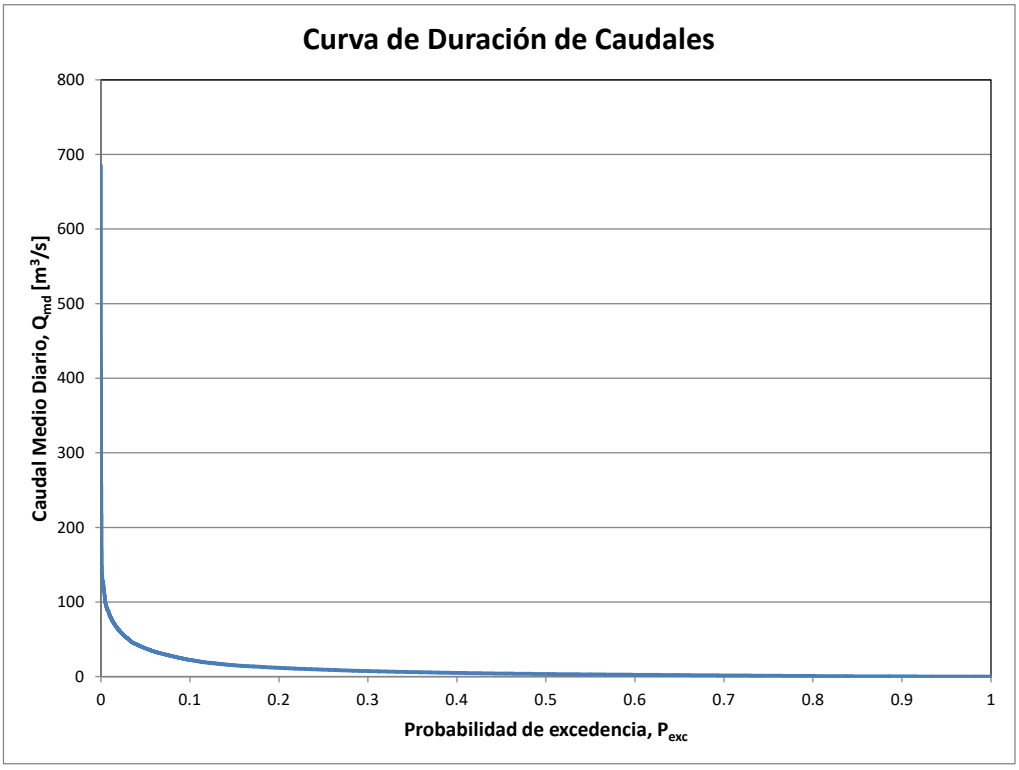


Figura B.7 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Grande en Puntilla San Juan

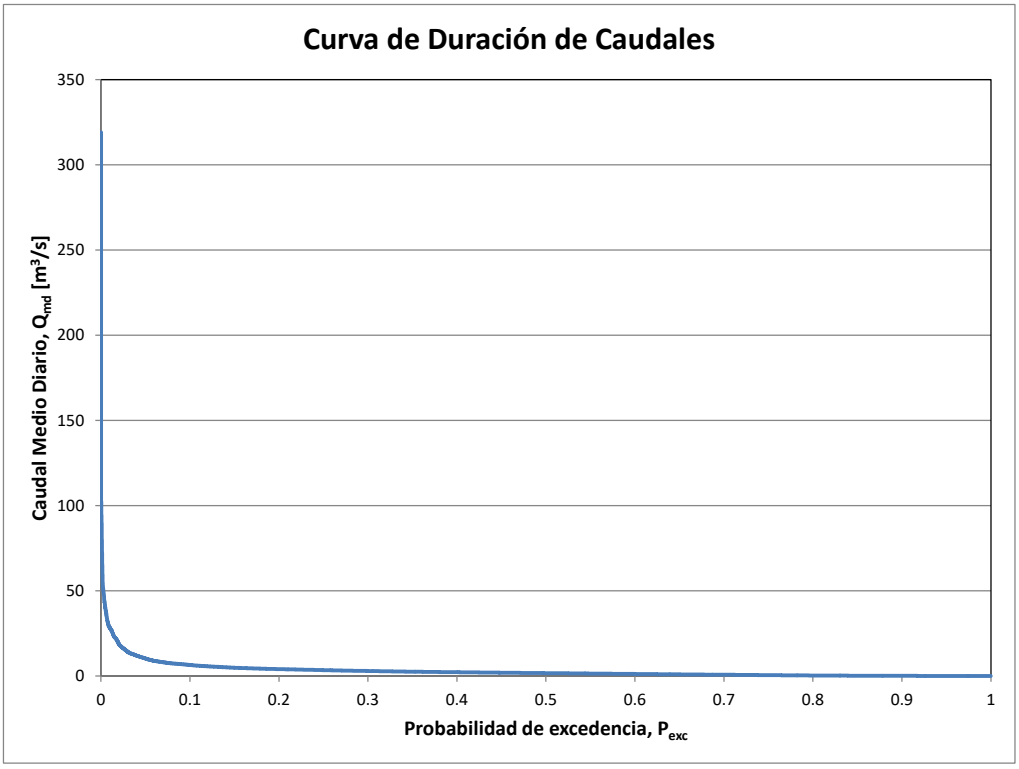


Figura B.8 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Hurtado en Angostura de Pangue

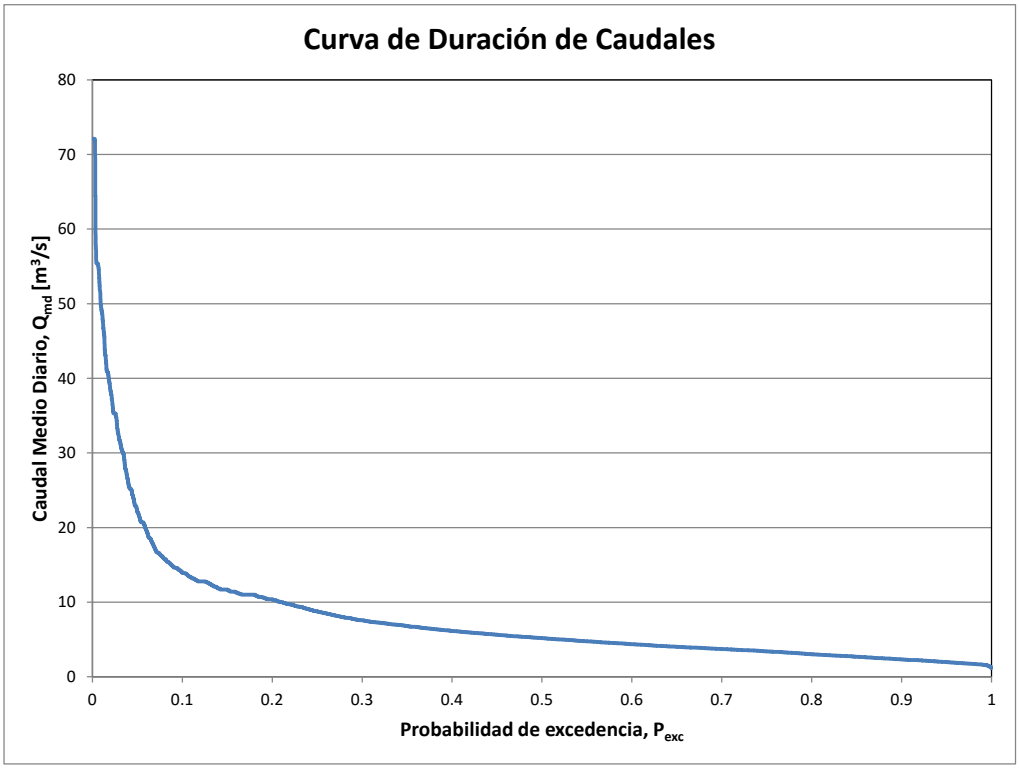


Figura B.9 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Turbio en Varillar

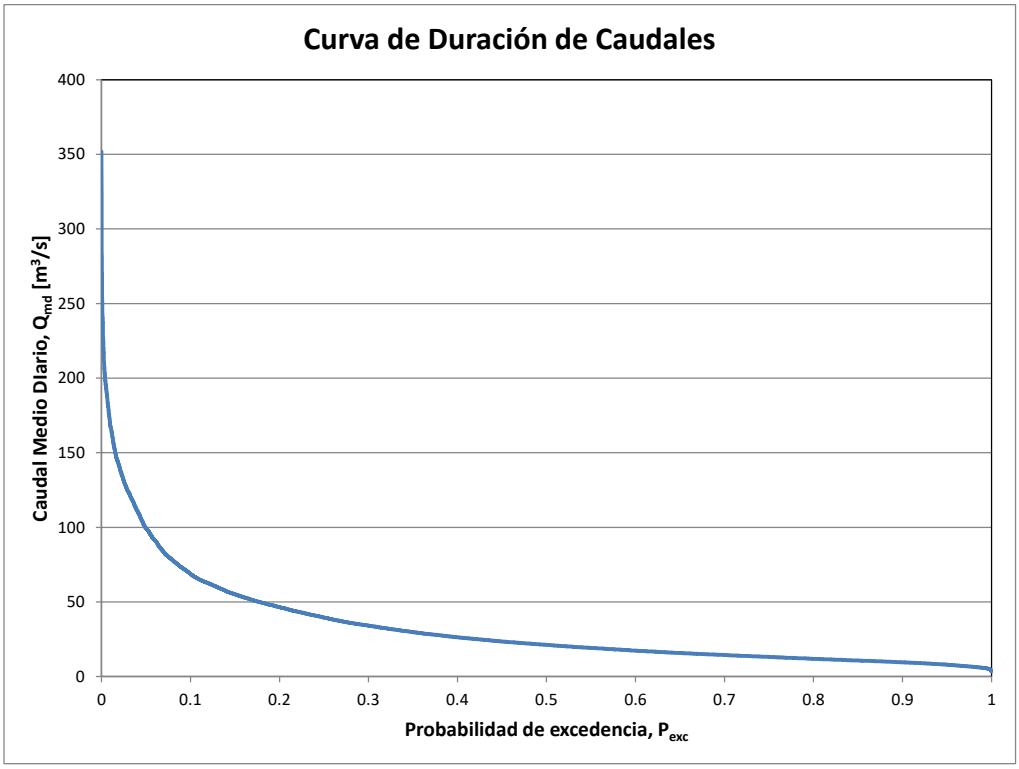


Figura B.10 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Aconcagua en Chacabuquito

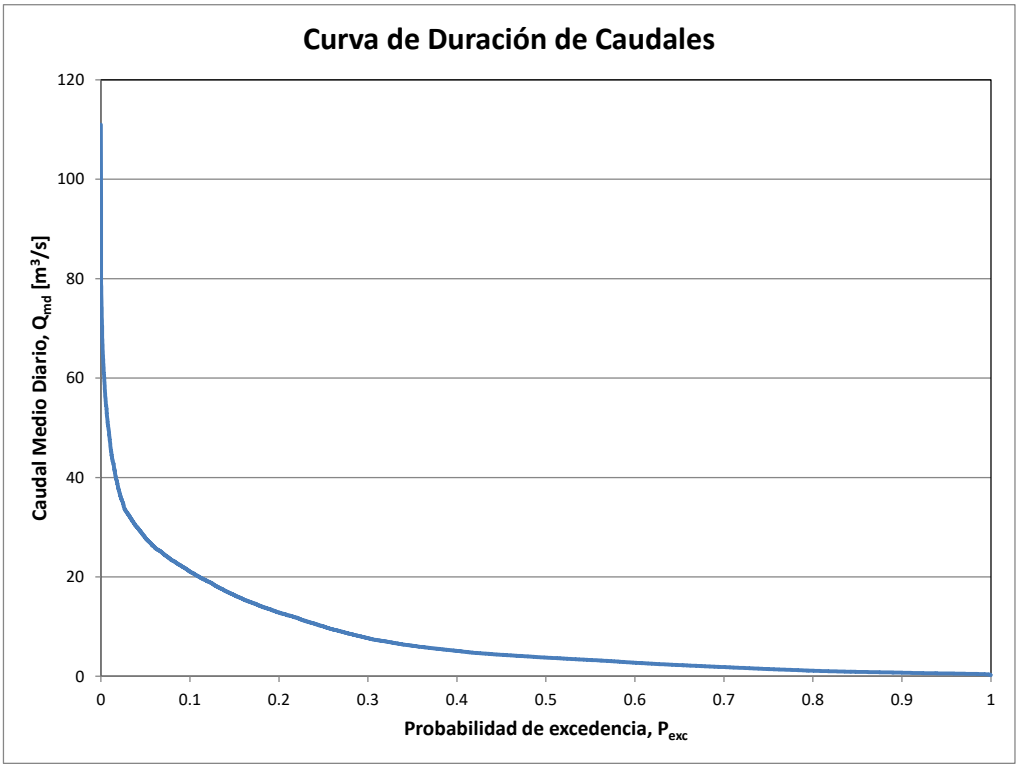


Figura B.11 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Blanco en Río Blanco

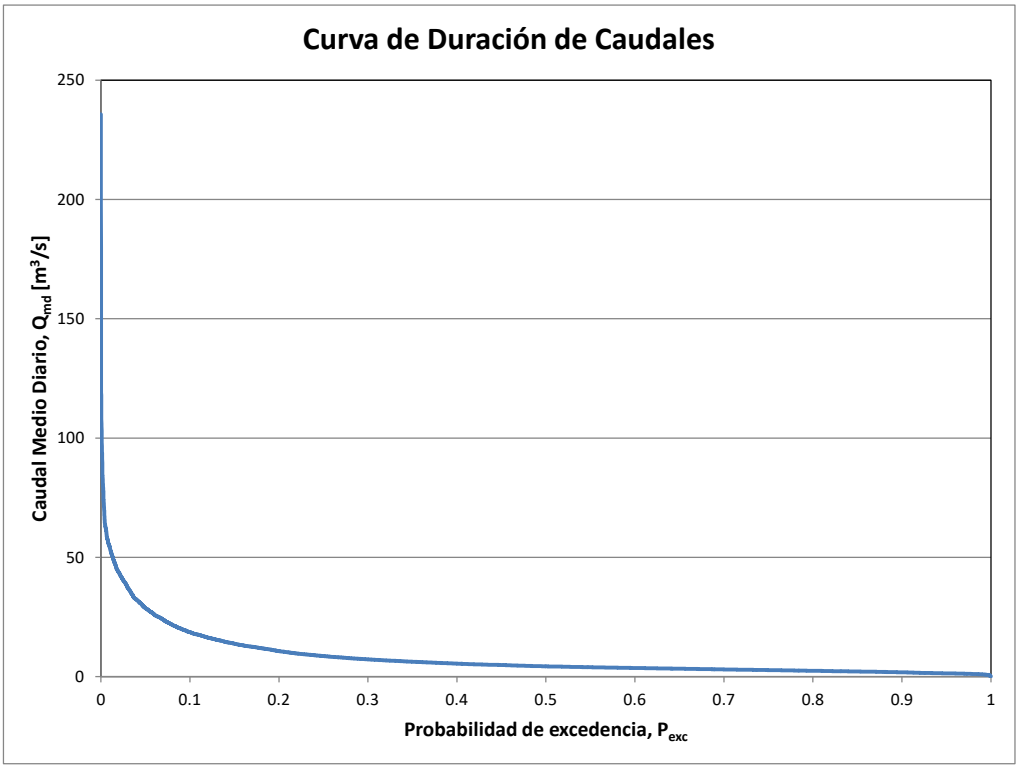


Figura B.12 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Putaendo en Resguardo Los Patos

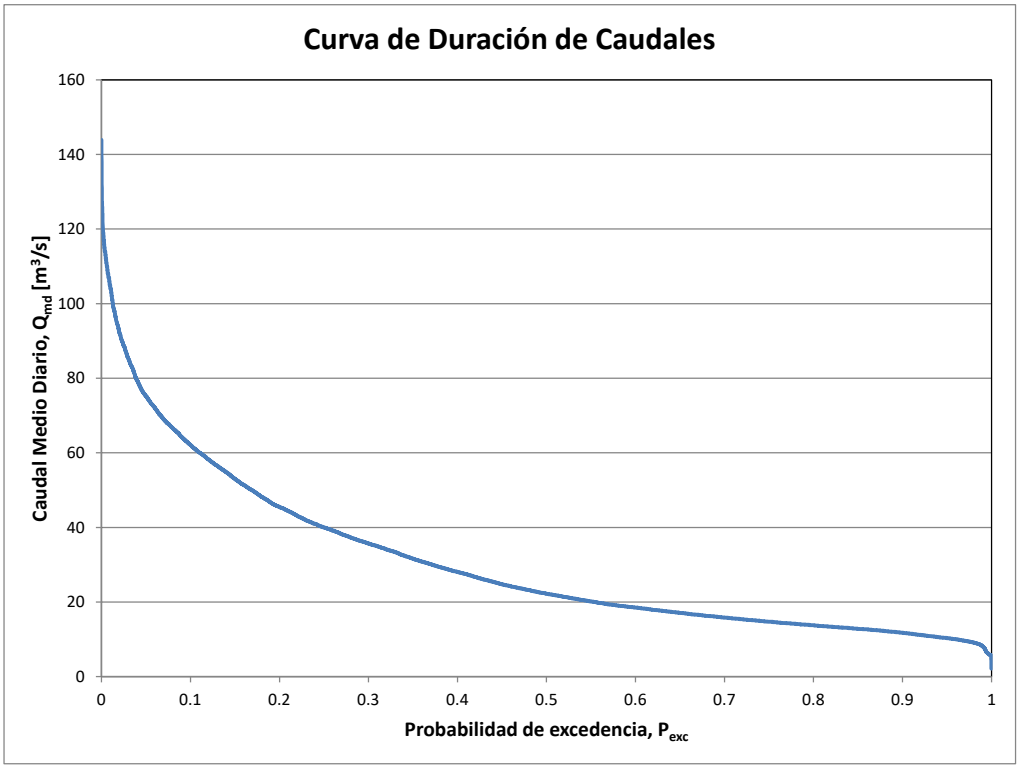


Figura B.13 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Colorado antes Junta Río Maipo

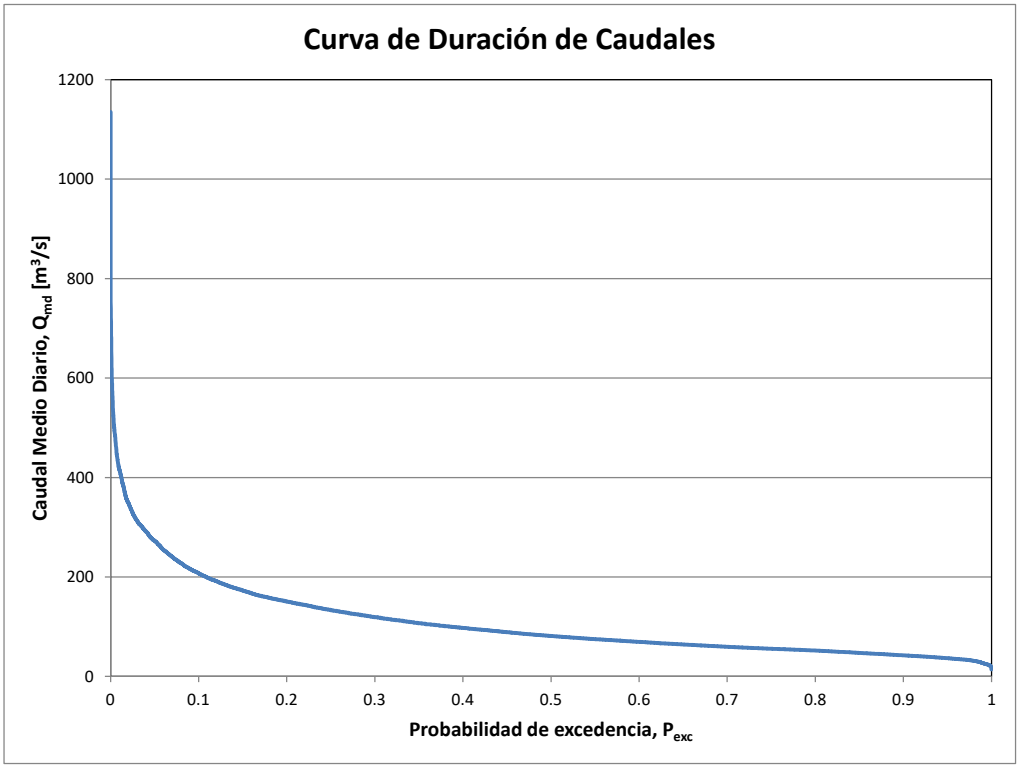


Figura B.14 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Maipo en El Manzano

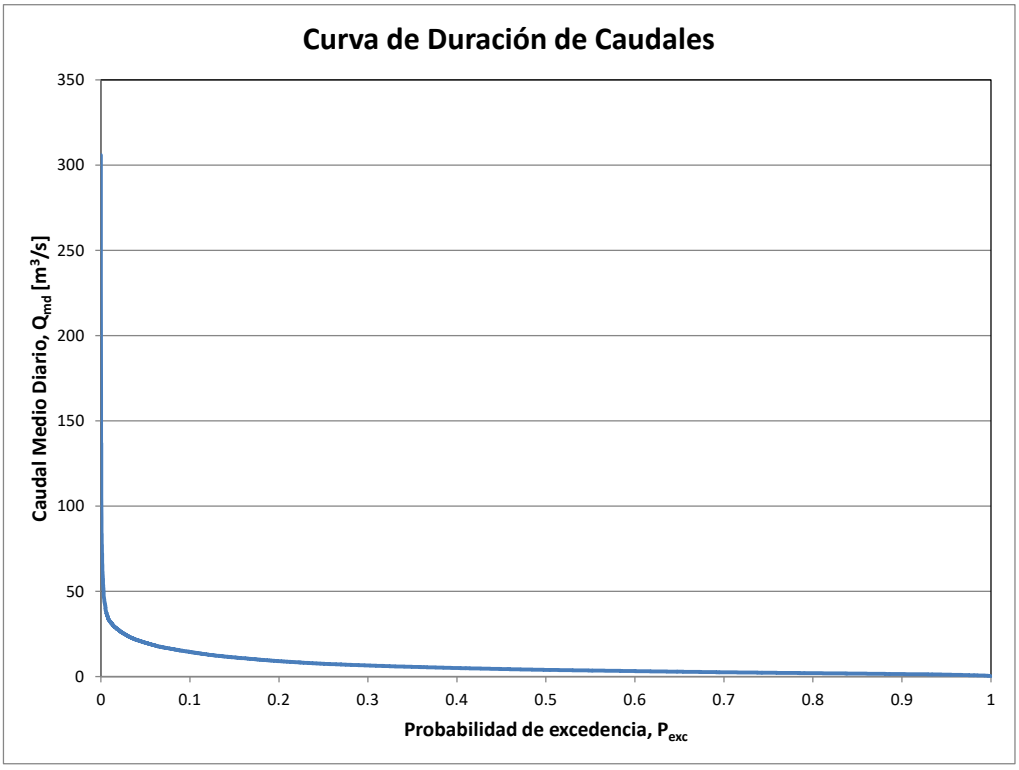


Figura B.15 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Mapocho en Los Almendros

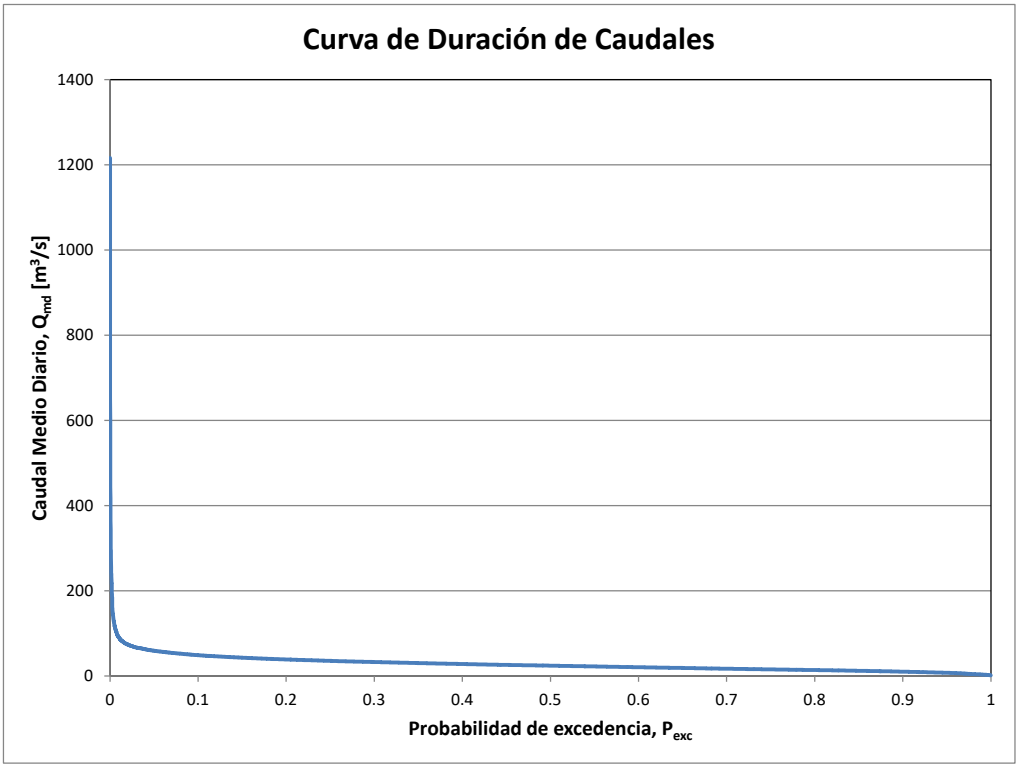


Figura B.16 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Mapocho Rinconada de Maipú

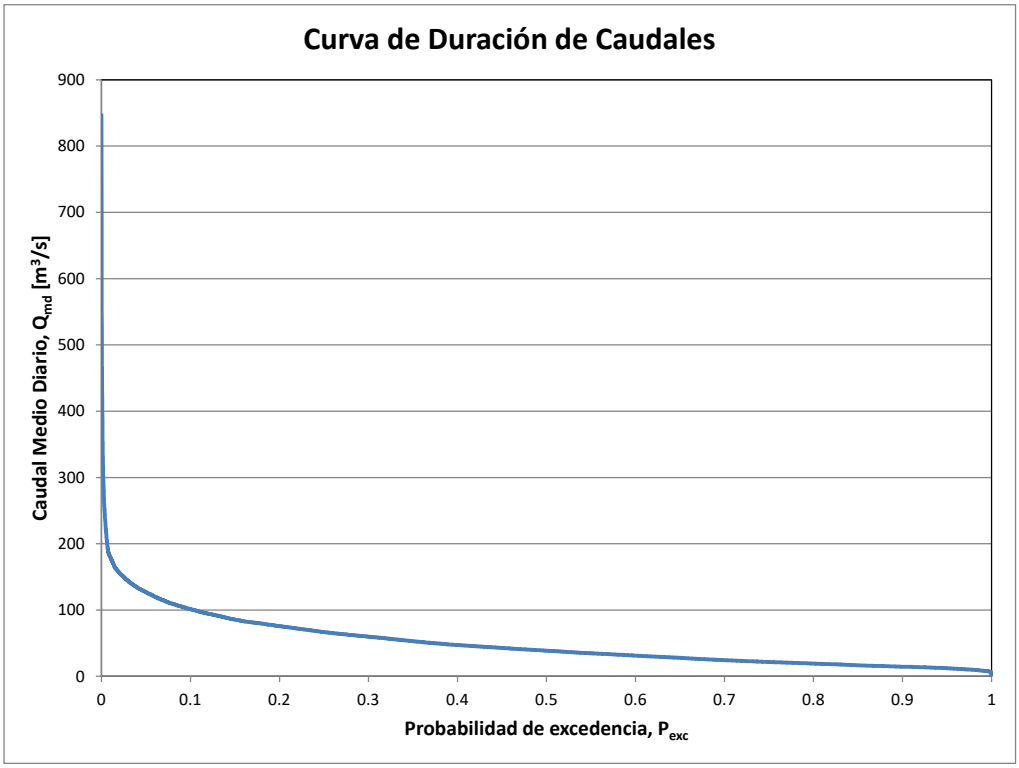


Figura B.17 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Tinguiririca bajo Los Briones

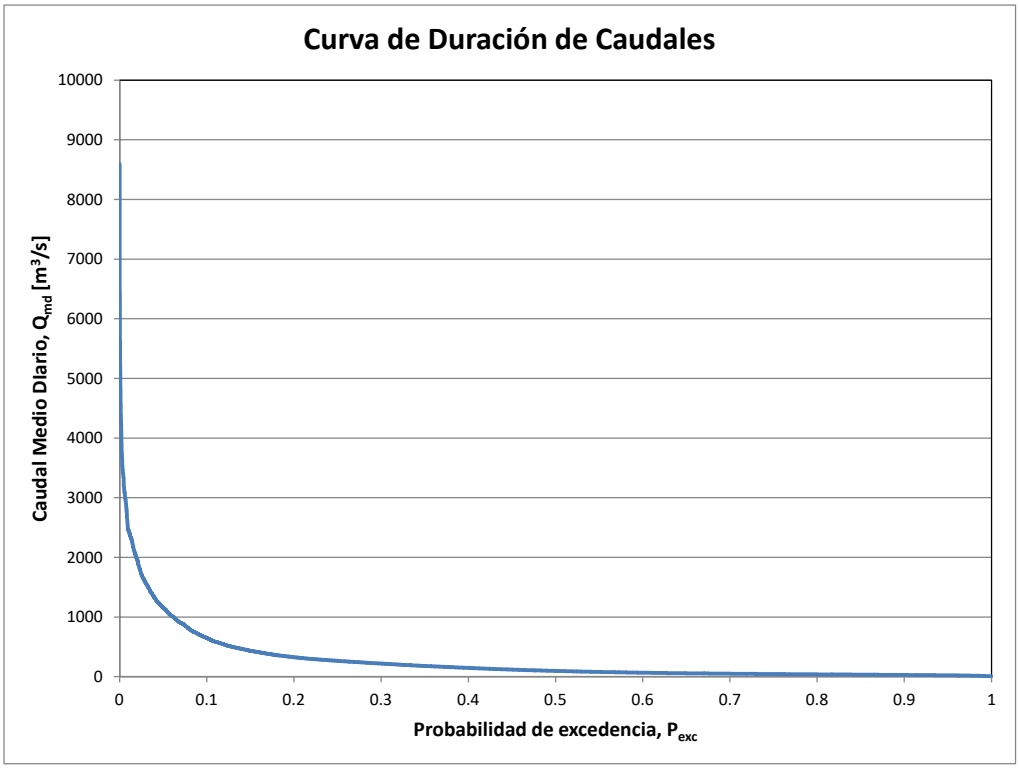


Figura B.18 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Loncomilla en Las Brisas

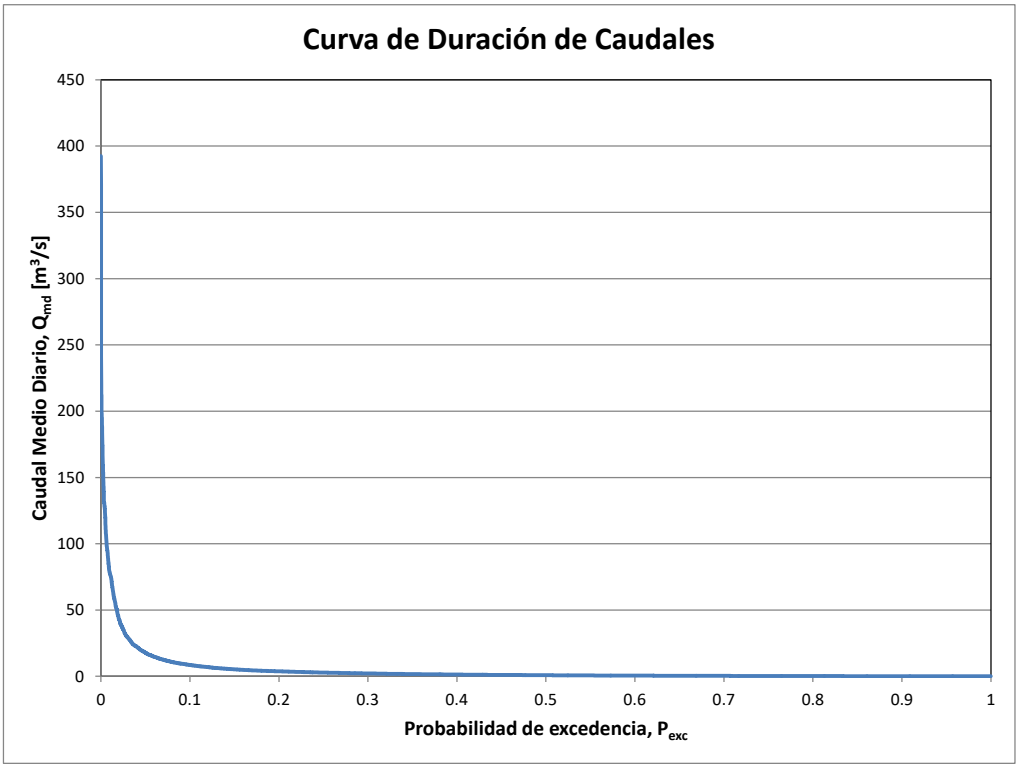


Figura B.19 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Purapel en Sauzal

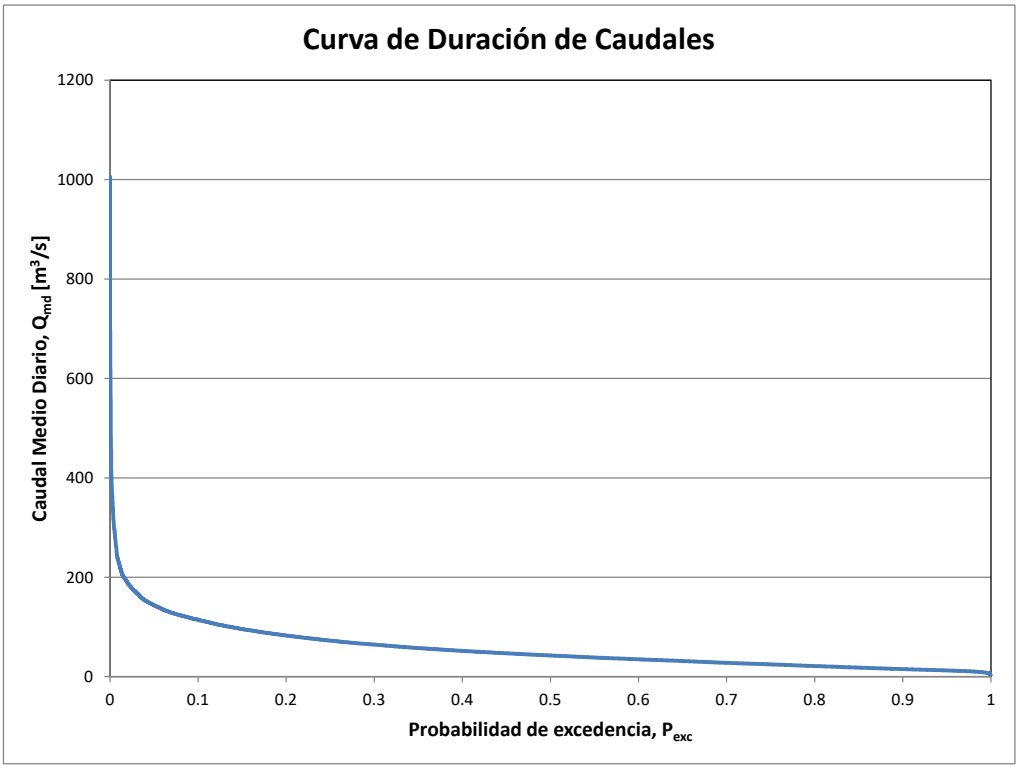


Figura B.20 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Teno después de Junta con Claro

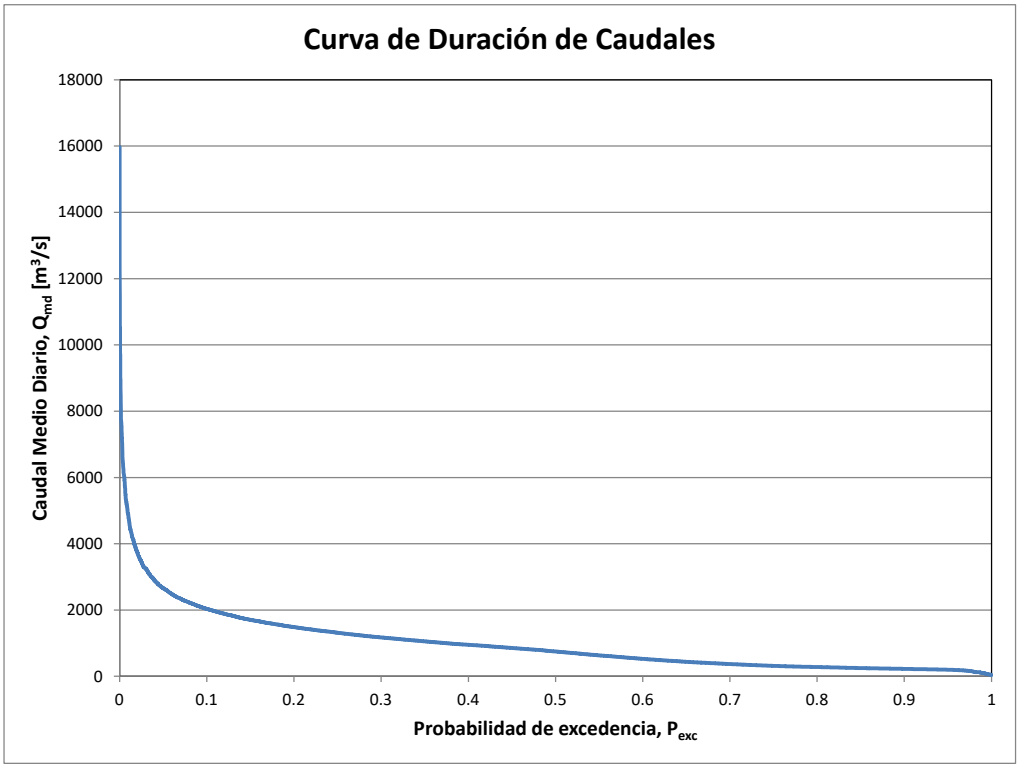


Figura B.21 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Biobío en Desembocadura

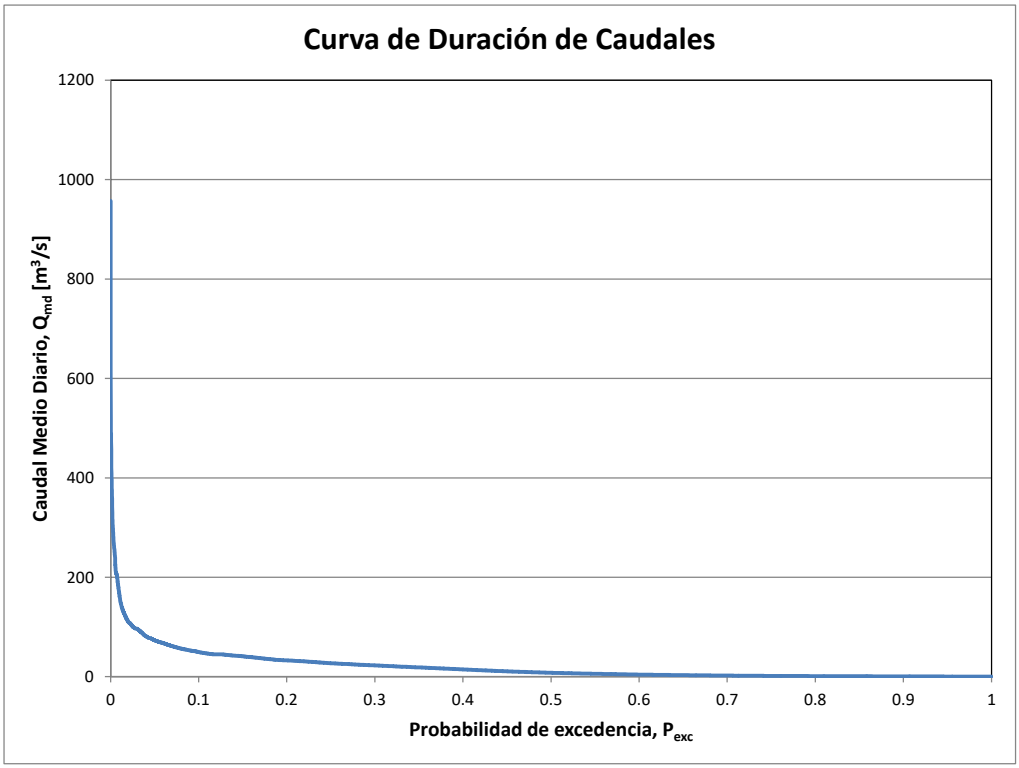


Figura B.22 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Chillán en Camino a Confluencia

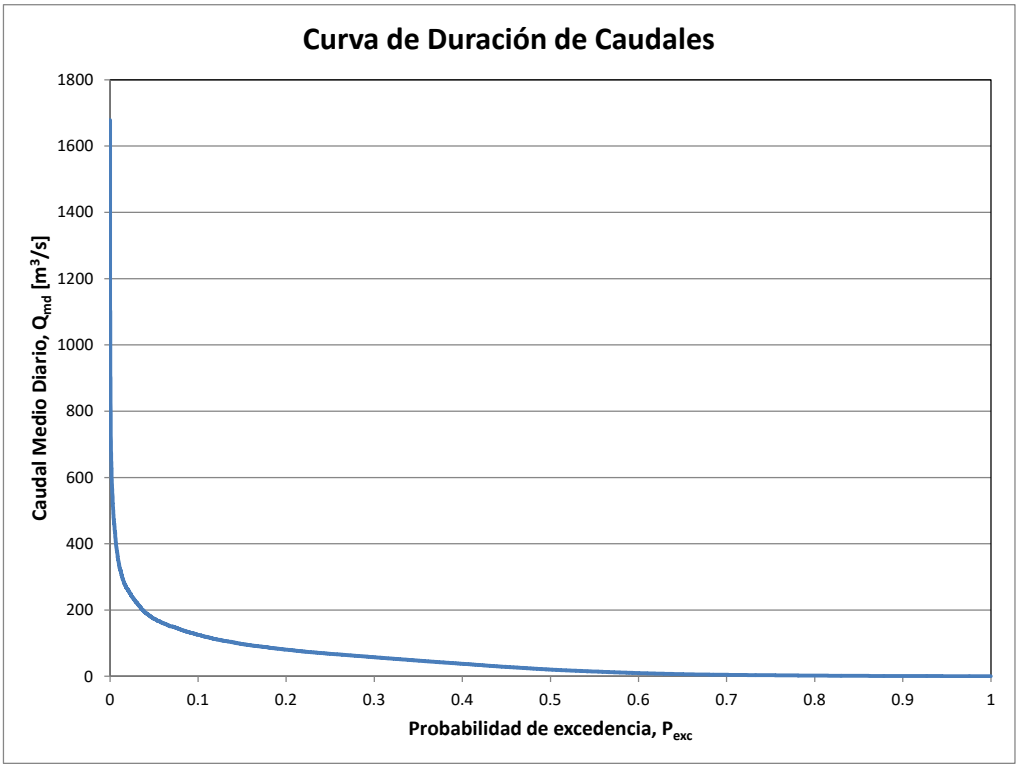


Figura B.23 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Diguillín en Longitudinal

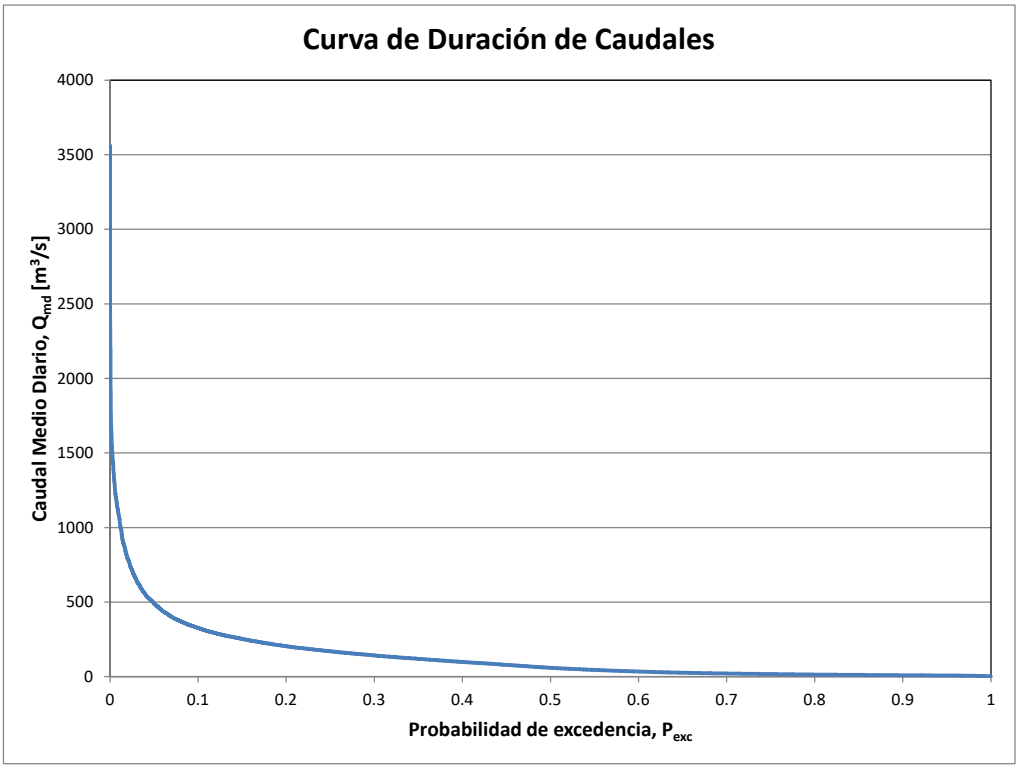


Figura B.24 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Itata en Balsa Nueva Aldea

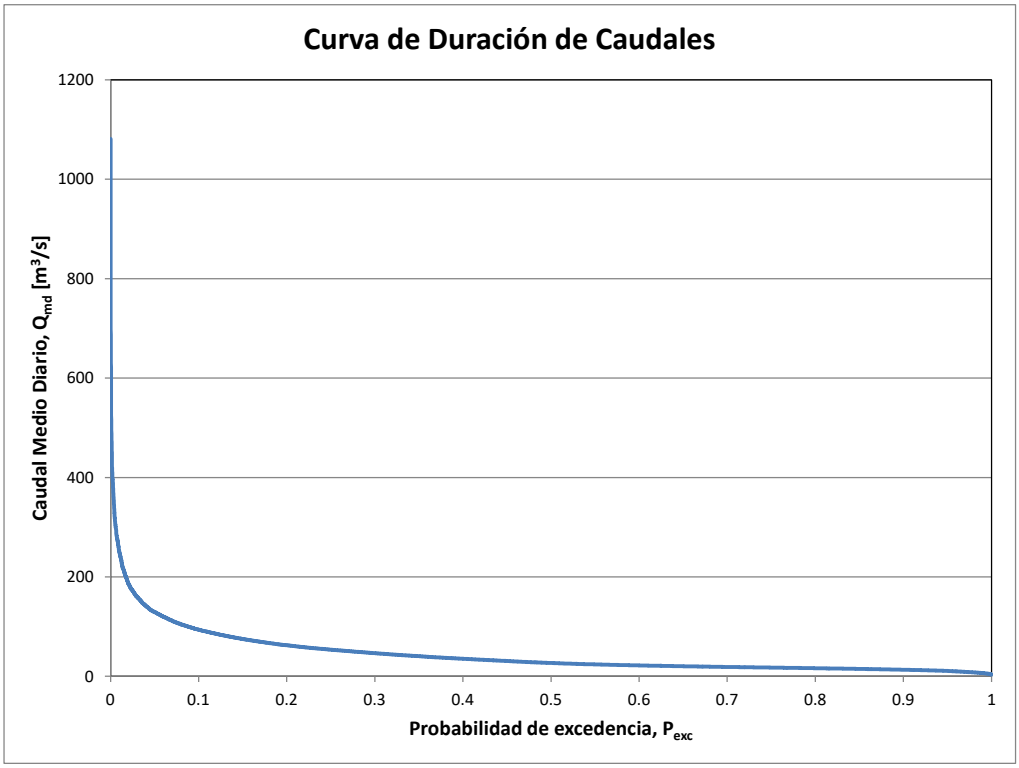


Figura B.25 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Itata en Cholguán

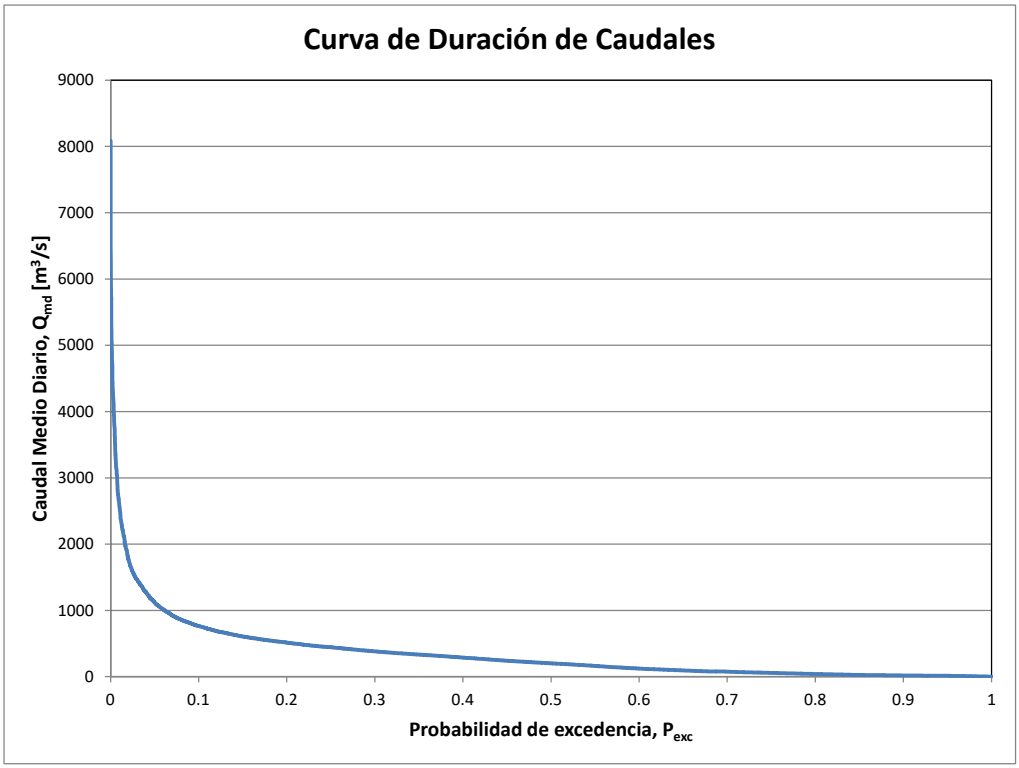


Figura B.26 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Itata en Coelemu

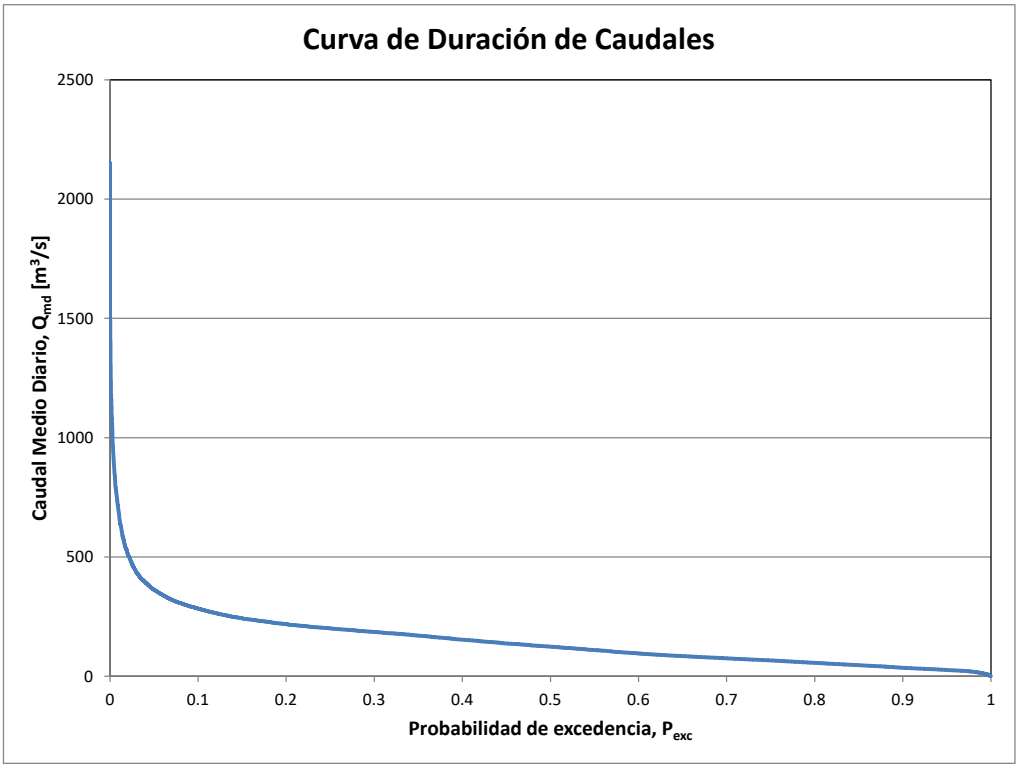


Figura B.27 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Laja en Puente Perales

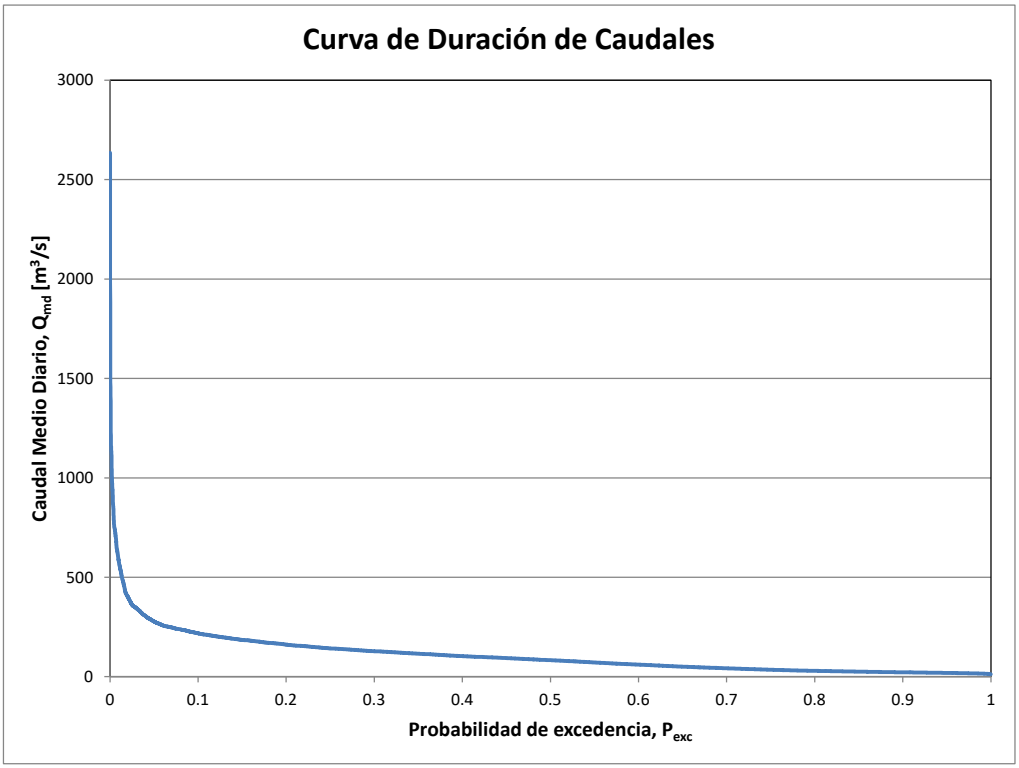


Figura B.28 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Ñuble en San Fabián

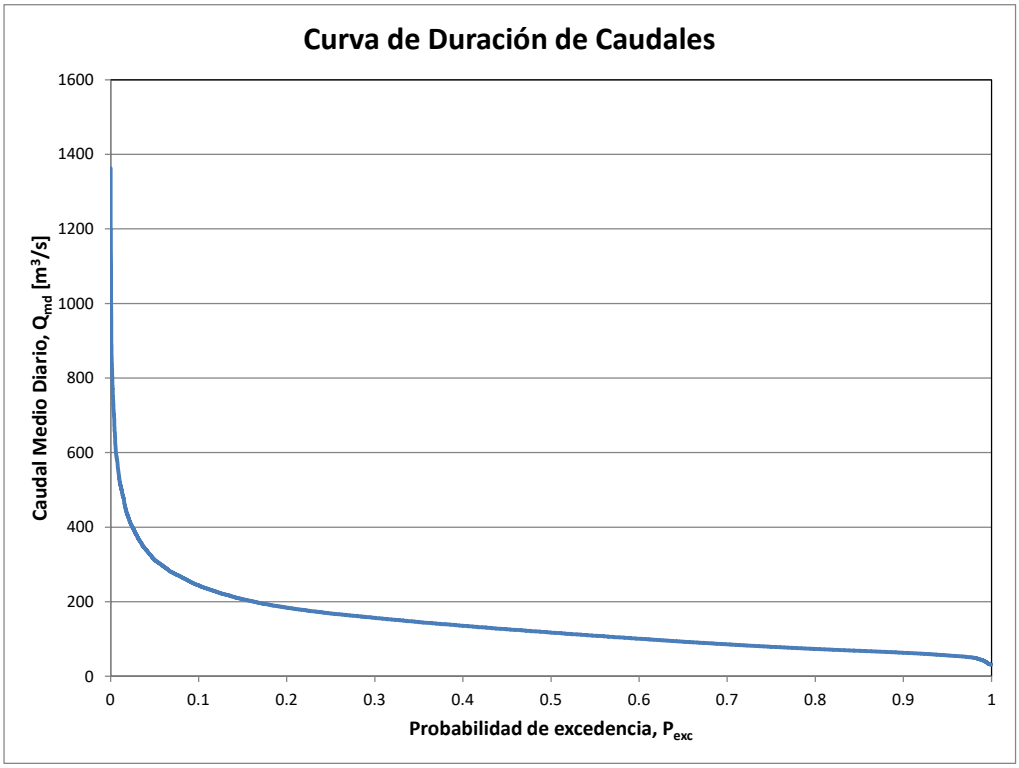


Figura B.29 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Allipén en Los Laureles

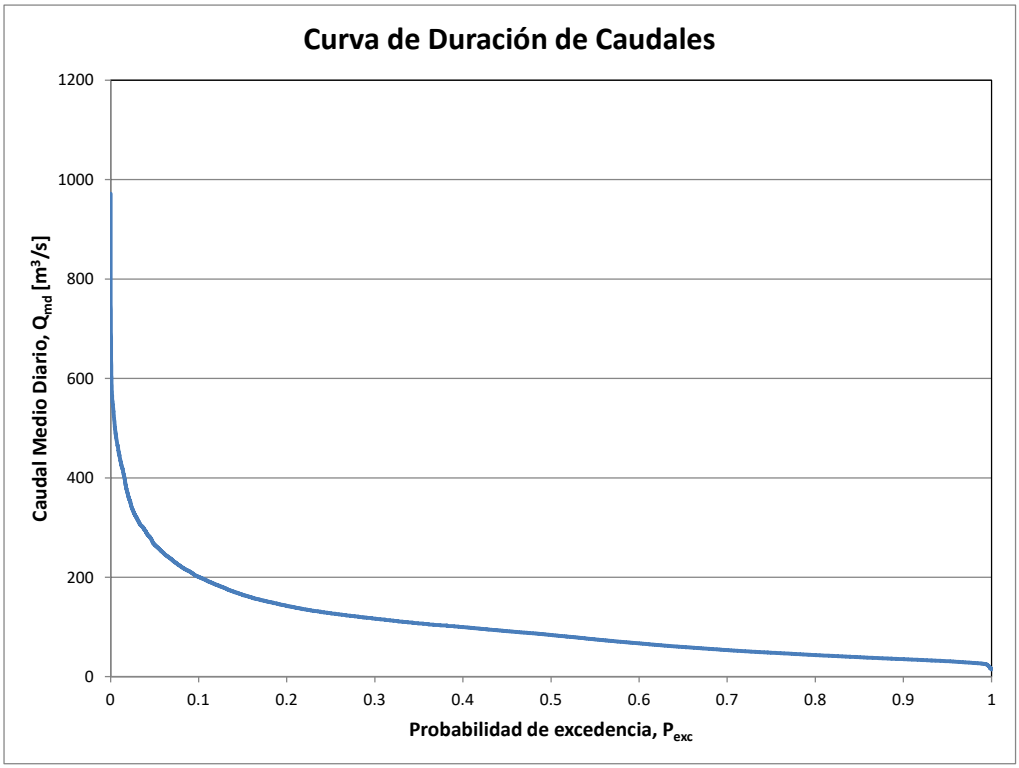


Figura B.30 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cautín en Rari-Ruca

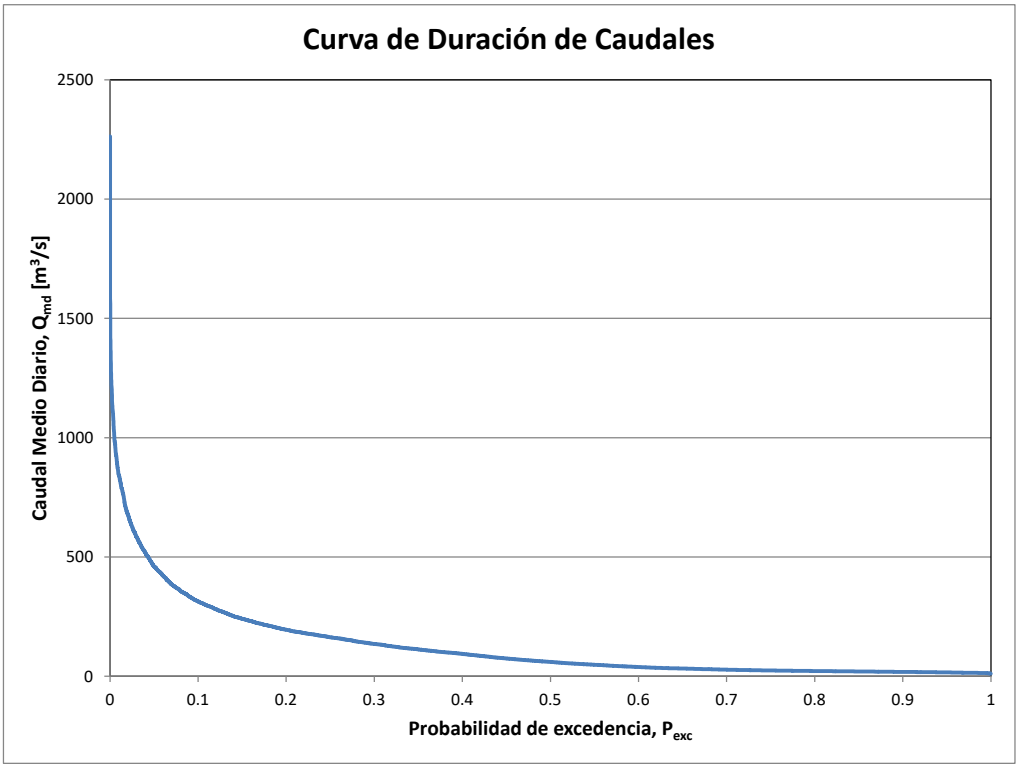


Figura B.31 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cholchol en Cholchol

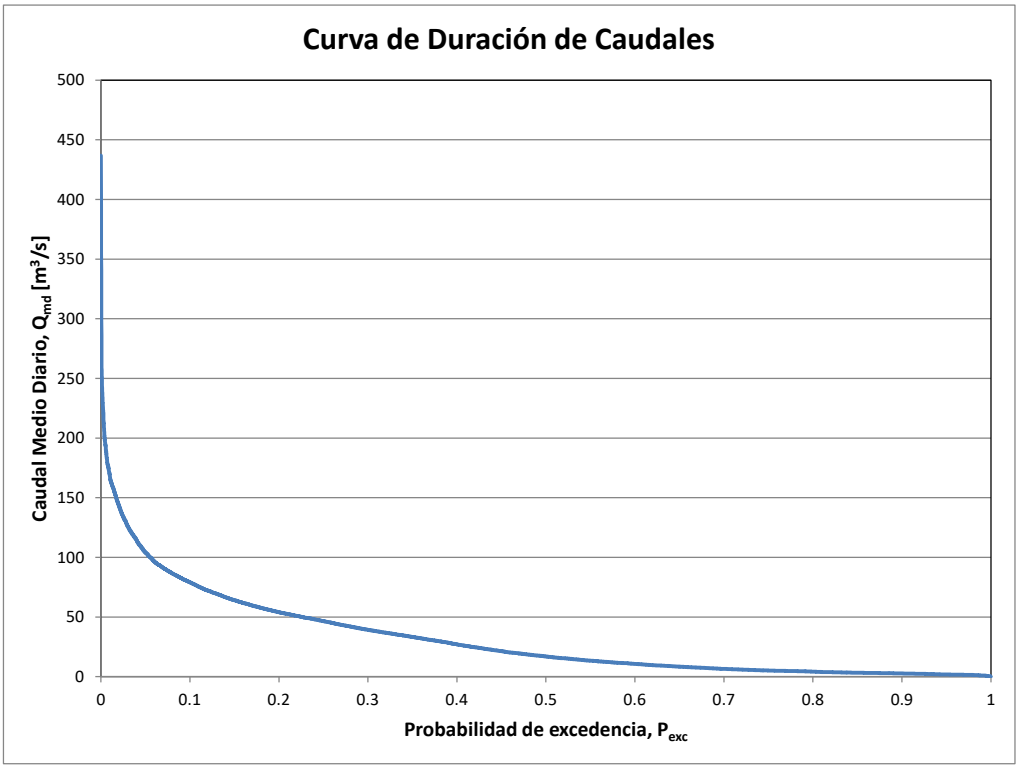


Figura B.32 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Dónguil en Gorbea

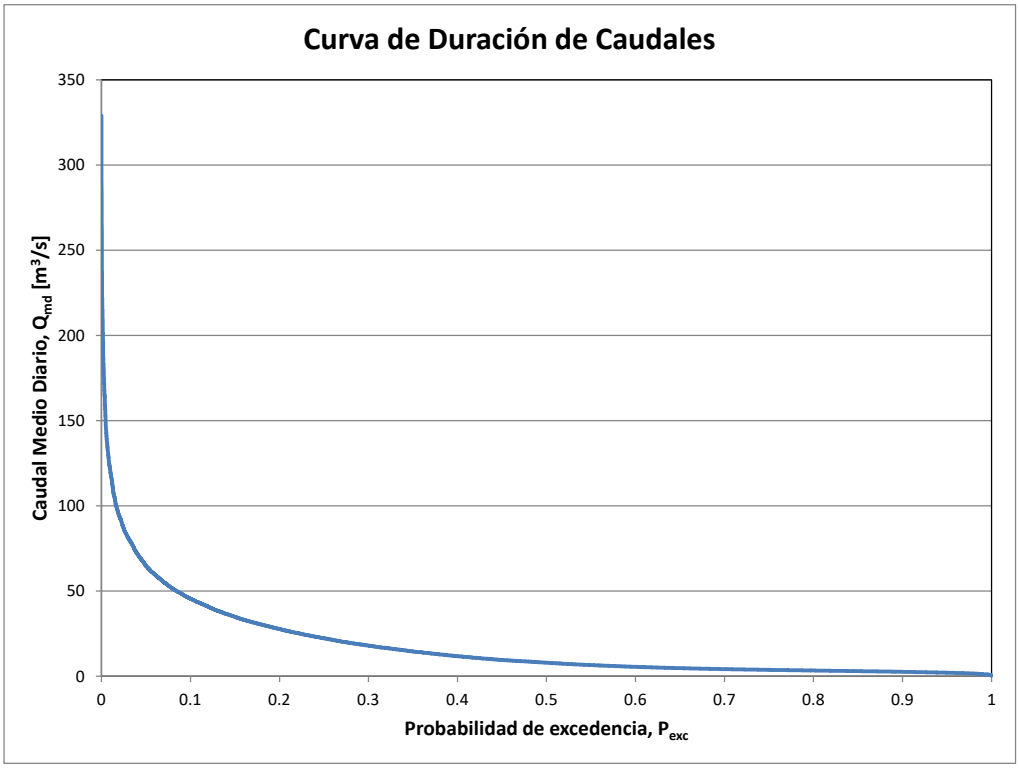


Figura B.33 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Lumaco en Lumaco

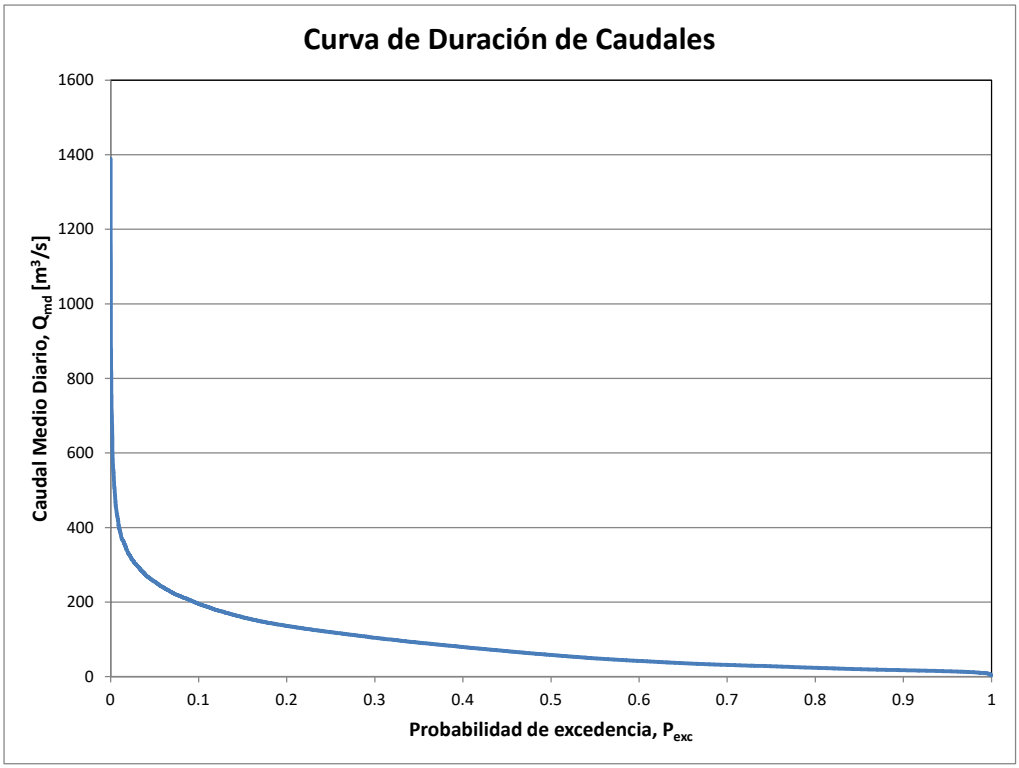


Figura B.34 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Quepe en Quepe

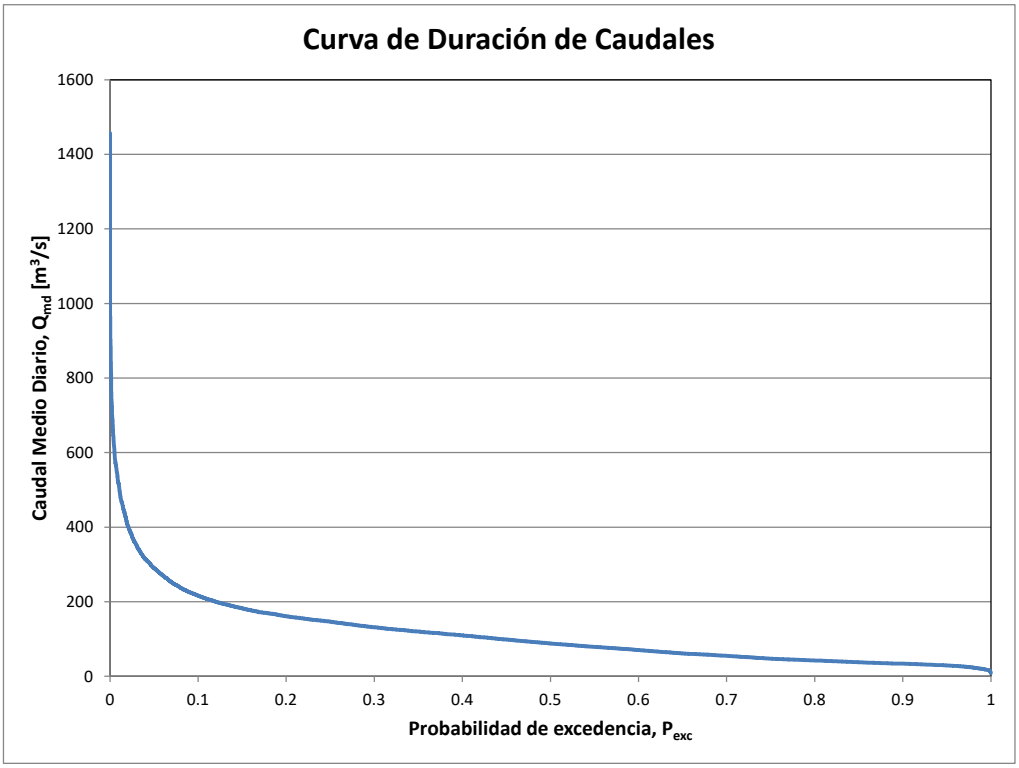


Figura B.35 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Trancura antes Río Llafenco

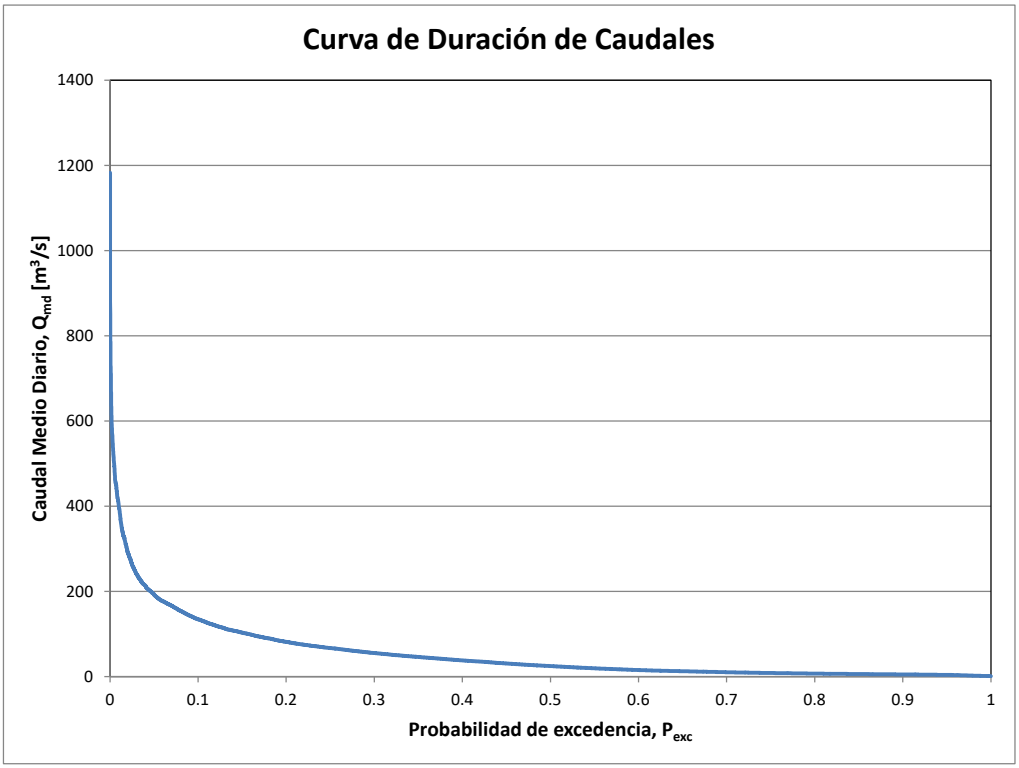


Figura B.36 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Vergara en Tijeral

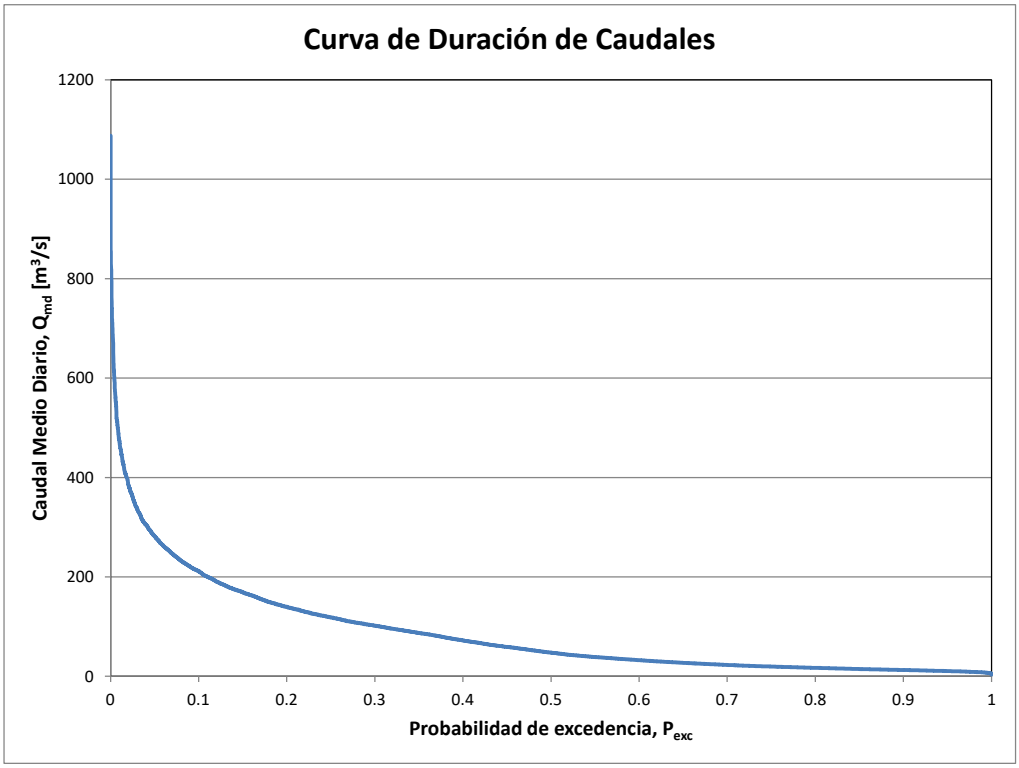


Figura B.37 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Cruces en Rucaco

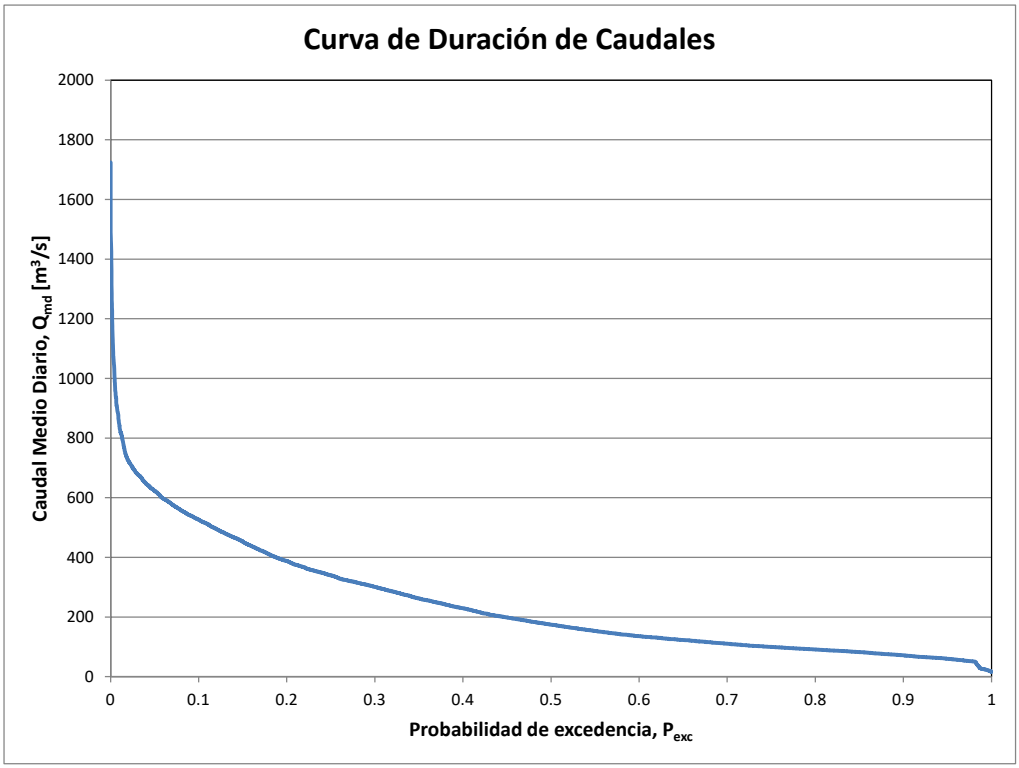


Figura B.38 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Rahue en Forrahue

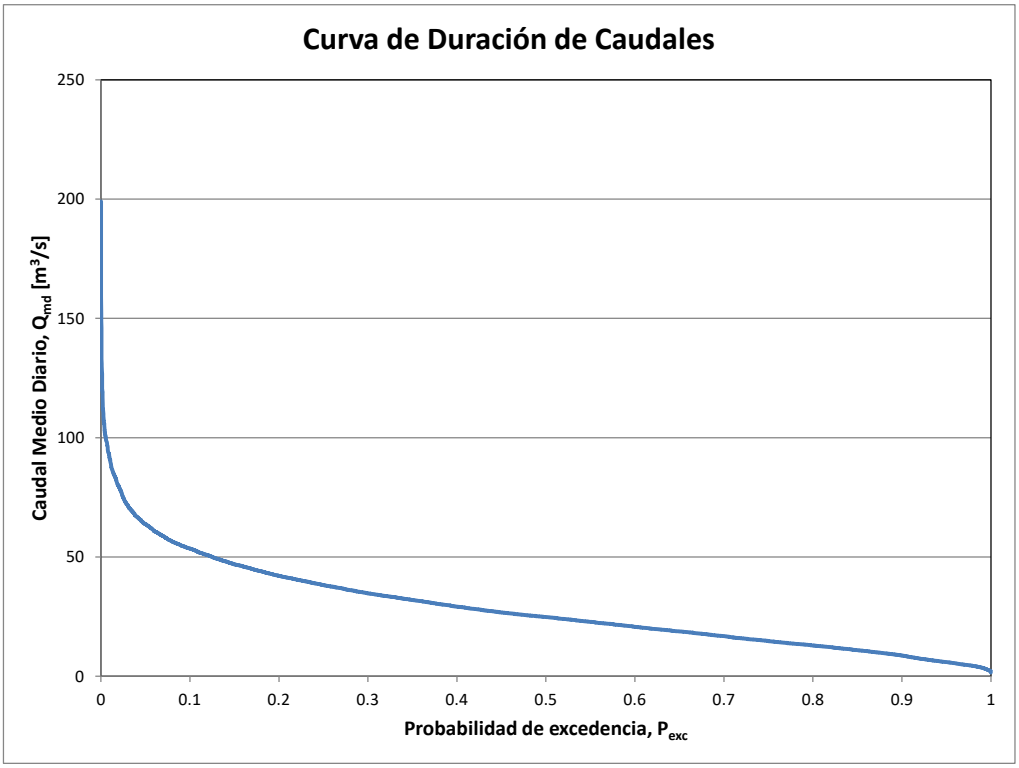


Figura B.39 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Grande en Tierra del Fuego

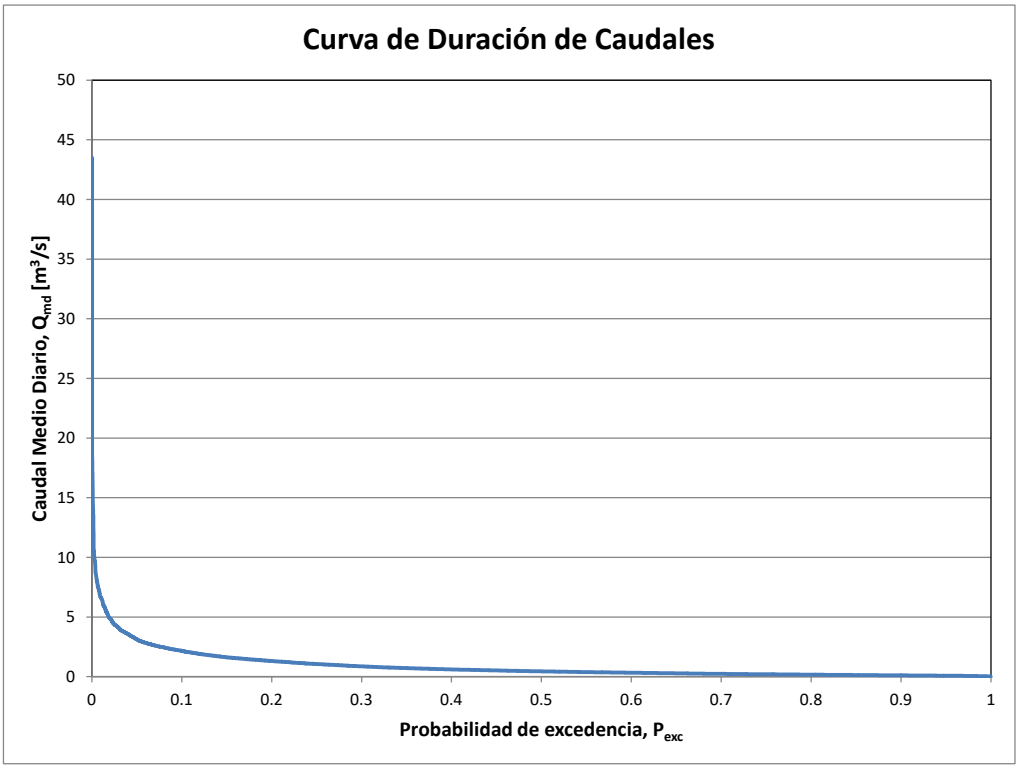


Figura B.40 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Las Minas en BT. Sendos

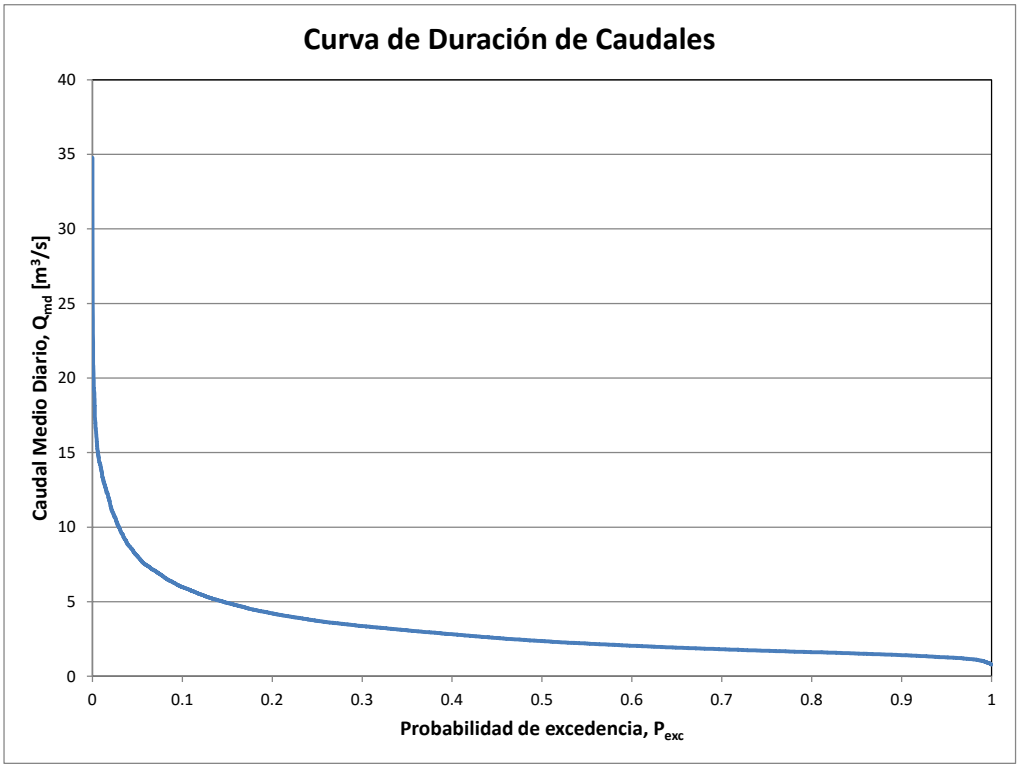


Figura B.41 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Oro en Bahía San Felipe

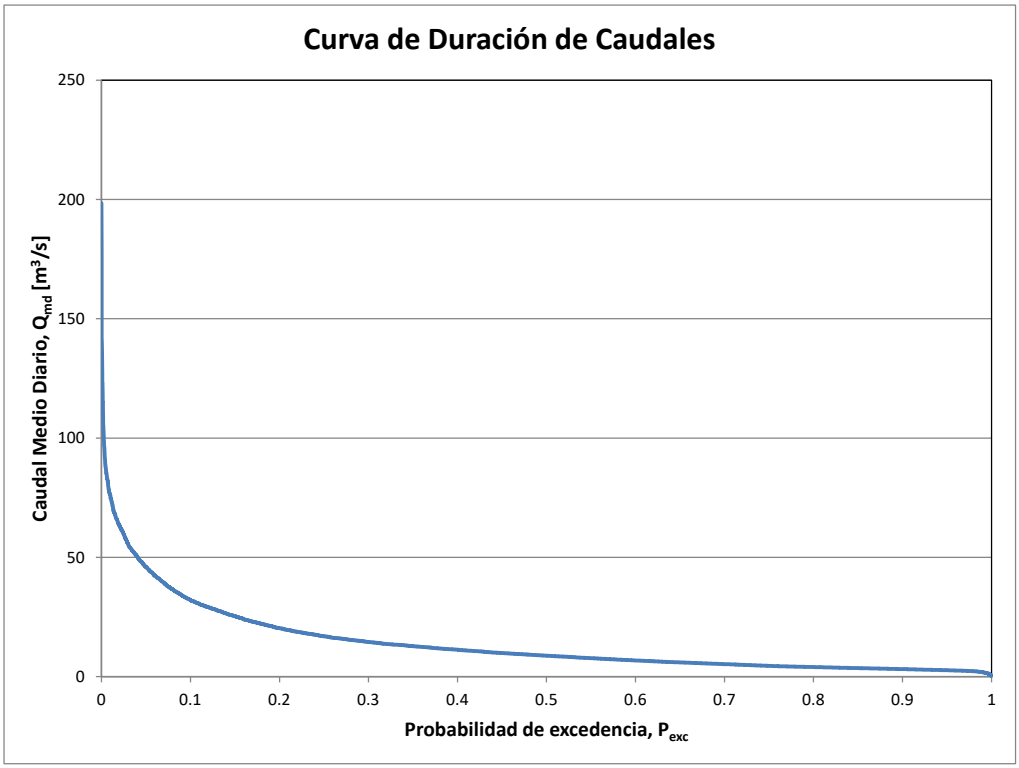


Figura B.42 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Penitente en Morro Chico

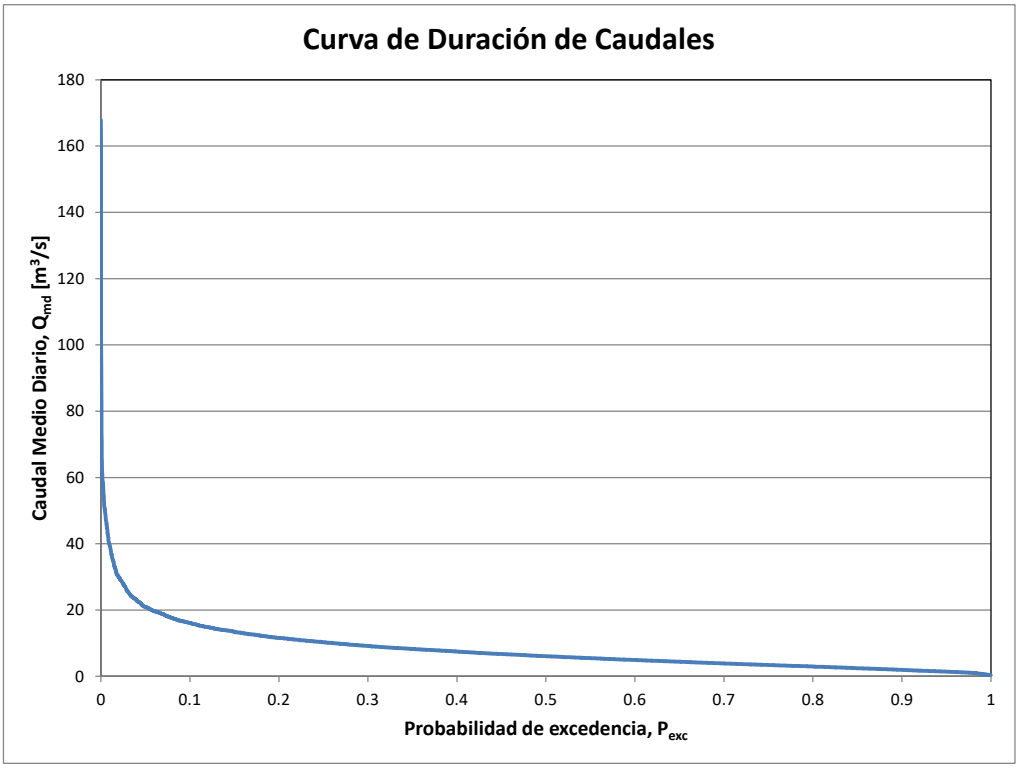


Figura B.43 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Pérez en Desembocadura

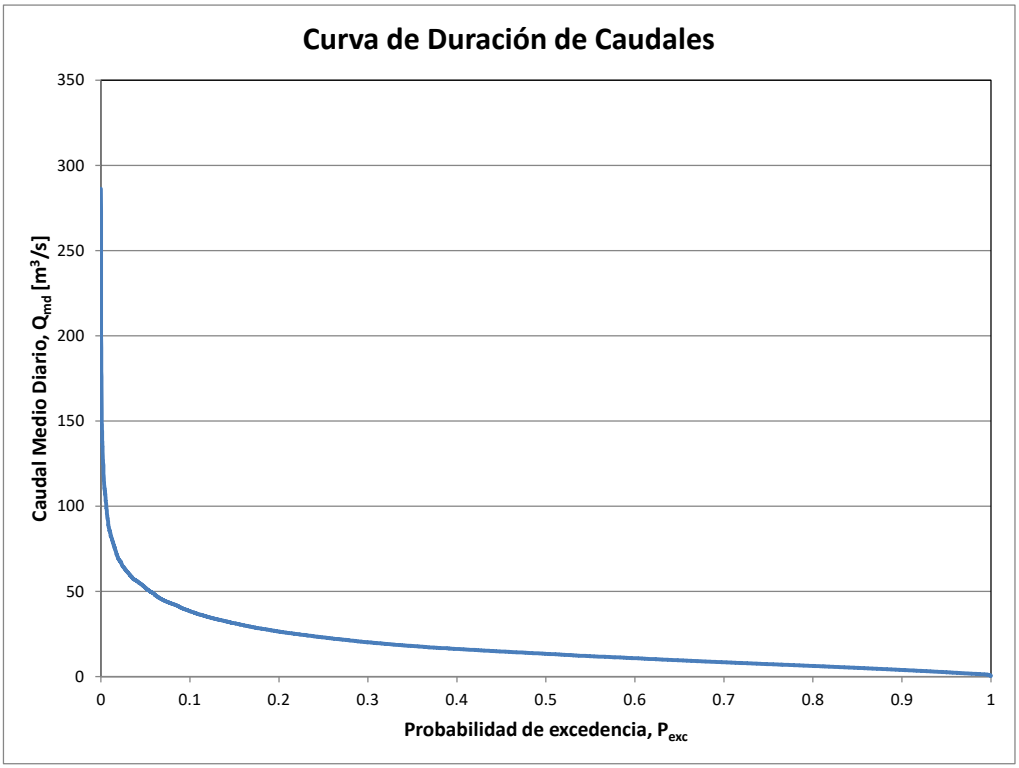


Figura B.44 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río San Juan en Desembocadura

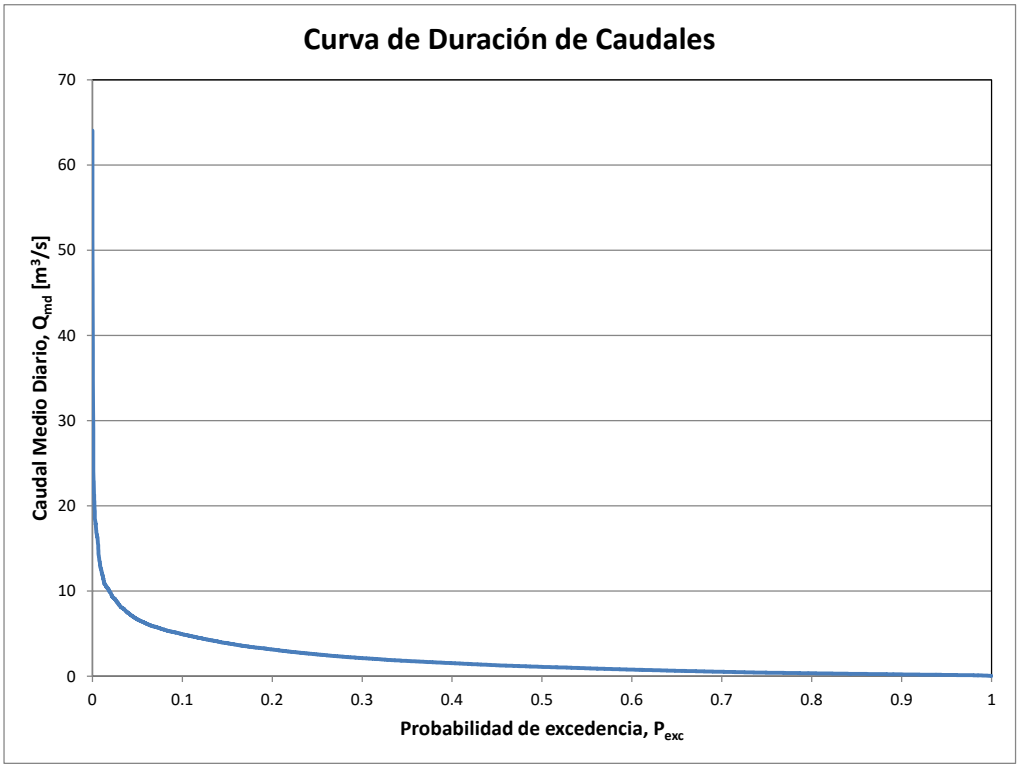


Figura B.45 – Curva de Duración de Caudales Medios Diarios, Estación Río Tres Brazos antes BT. Sendos