



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

Ley 20.304
**“Sobre Operación de embalses
frente a alertas y Emergencias de
crecidas y otras medidas que
indica.”**

**Definición de Embalse Colbún como
Embalse de Control**

**REALIZADO POR:
División de Estudios y Planificación**

S.D.T. N° 304

Santiago, Septiembre de 2010

ESTE TRABAJO FUE REALIZADO POR LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN, CON EL OBJETIVO DE EXPLICAR EN EL CONTEXTO DE LA LEY 20.304, LAS RAZONES TÉCNICAS QUE LLEVARON A DEFINIR AL EMBALSE COLBUN, UBICADO EN LA REGIÓN DEL MAULE Y OPERADO POR COLBUN S.A., COMO EMBALSE DE CONTROL.

Jefe División de Estudios y Planificación
Carlos Salazar M.
Profesionales participantes
Miguel Ángel Caro H
Carlos R. Naudon G.

INDICE:

1- INTRODUCCIÓN.	4
1.1- ASPECTOS GENERALES	4
1.2- UBICACIÓN DE EMBALSE.	4
1.3- ZONAS DE RIESGO	7
2- REVISIÓN DE ANTECEDENTES.	9
2.1- RED HIDROMÉTRICA UTILIZADA.	9
2.2- ZONAS VULNERABLES Y EVENTOS REGISTRADOS.	10
2.3- ÁREAS TRIBUTARIAS.	13
3- ANALISIS.	15
3.1- CAUDALES ASOCIADOS A CRECIDAS.	16
3.2- CURVAS DE DURACIÓN.	22
4- CONCLUSIONES.	25

1.- INTRODUCCIÓN.

1.1- Aspectos Generales

Como primera etapa en la implementación de la presente ley, es necesario definir los embalses que cumplan con la característica de embalse de control. Es decir aquellos que mediante el control de los caudales de vertidos y del volumen de almacenamiento durante una crecida, sean capaces de presentar un efecto de regulación en los peaks del evento, con el objeto de mitigar parcial o totalmente los daños producidos aguas abajo por los desbordes del cauce, primordialmente en aquellas zonas previamente definidas como de riesgo.

Para la ejecución de esta etapa se ha identificado en una primera instancia, las zonas de riesgo afectadas por las crecidas aguas abajo del embalse Colbun, ubicado contiguamente al embalse Machicura y aguas debajo de los embalses Melado, La Invernada y Laguna del Maule. Para ello se han recopilando los antecedentes disponibles entregados tanto por la ONEMI como por otras instituciones, con el objeto de identificar en estas zonas sensibles o de riesgo, la fecha, magnitud y recurrencia de eventos en los casos que fue posible.

Simultáneamente se identificaron las estaciones fluviométricas y meteorológicas a cargo de la Dirección General de Aguas, que se consideraron relevantes para el análisis. Se revisaron los registros disponibles, identificando crecidas importantes contrastando las fechas de estas con las recopiladas en la revisión de antecedentes, con el objeto de comparar y obtener magnitudes de caudales característicos de eventos de crecidas y poder establecer además ciertos valores primarios de caudales umbrales en el embalse analizado.

Se construyeron las curvas de Duración para un punto de control del embalse, con el objeto de establecer probabilidades de excedencia de las diferentes magnitudes de caudal consideradas. Conjuntamente se analizaron algunas crecidas a partir de registros históricos obtenidos en el embalse.

1.2- Ubicación de Embalse.

El presente informe aborda el análisis del embalse Colbun como embalse de control, el embalse Colbun corresponde a un embalse de cabecera ubicado en la parte alta de la cuenca del río Maule, VII región del Maule, antes de la junta con río Loncomilla, la cuenca aportante se caracteriza por ser de orden nivo-pluvial, siendo el orden nival el dominante antes de la intervención del cauce, posteriormente tras la construcción del embalse se pasó a dominio pluvial, figuras n°-1a y n°1b.

La cuenca del río Maule se caracteriza por un área tributaria total de 20.228 Km², conformada en conjunto con sus ríos tributarios: Claro, y Loncomilla. El área aportante al embalse es del orden de los 5894 km²

Es importante señalar que contiguamente al embalse Colbun, se encuentra el embalse Machicura con igual área tributaria, ya que básicamente ambos embalses conforman un sistema, en el que durante el proceso de generación, Colbun vierte a Machicura, y este a su vez vierte al canal Machicura, el cual antes de entregar las aguas vertidas al Maule dispone adicionalmente de estaciones de generación de pasada.

Figura N°-1a: Registro de Caudales Medios Mensuales [m³/s], Estación Fluviométrica Río Maule en Longitudinal, Periodo 1962-1984. Dominio Nival

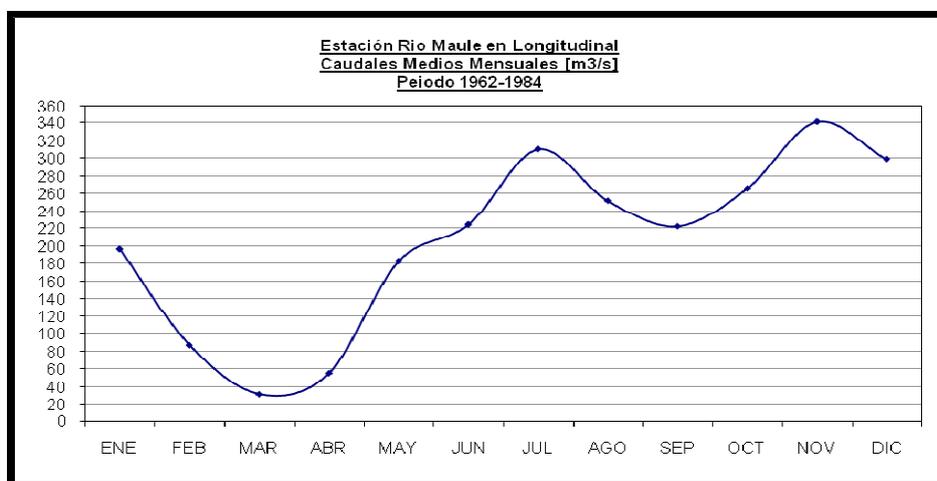
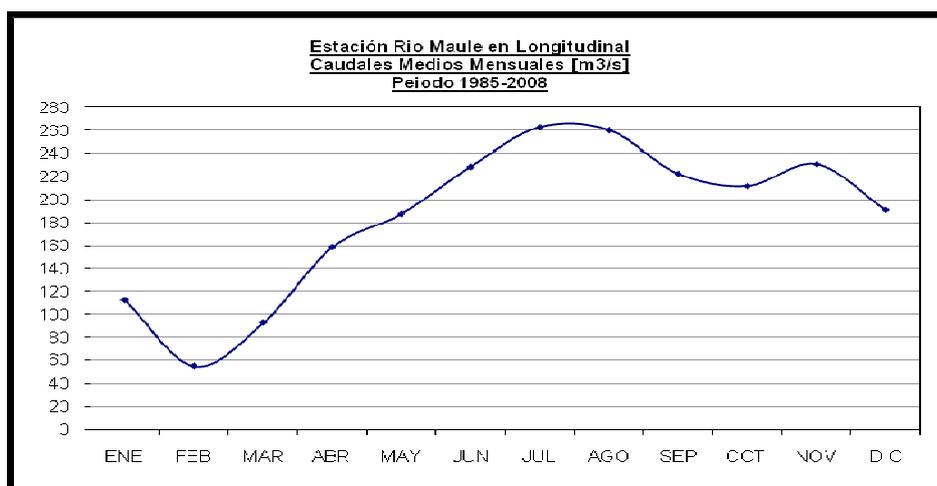


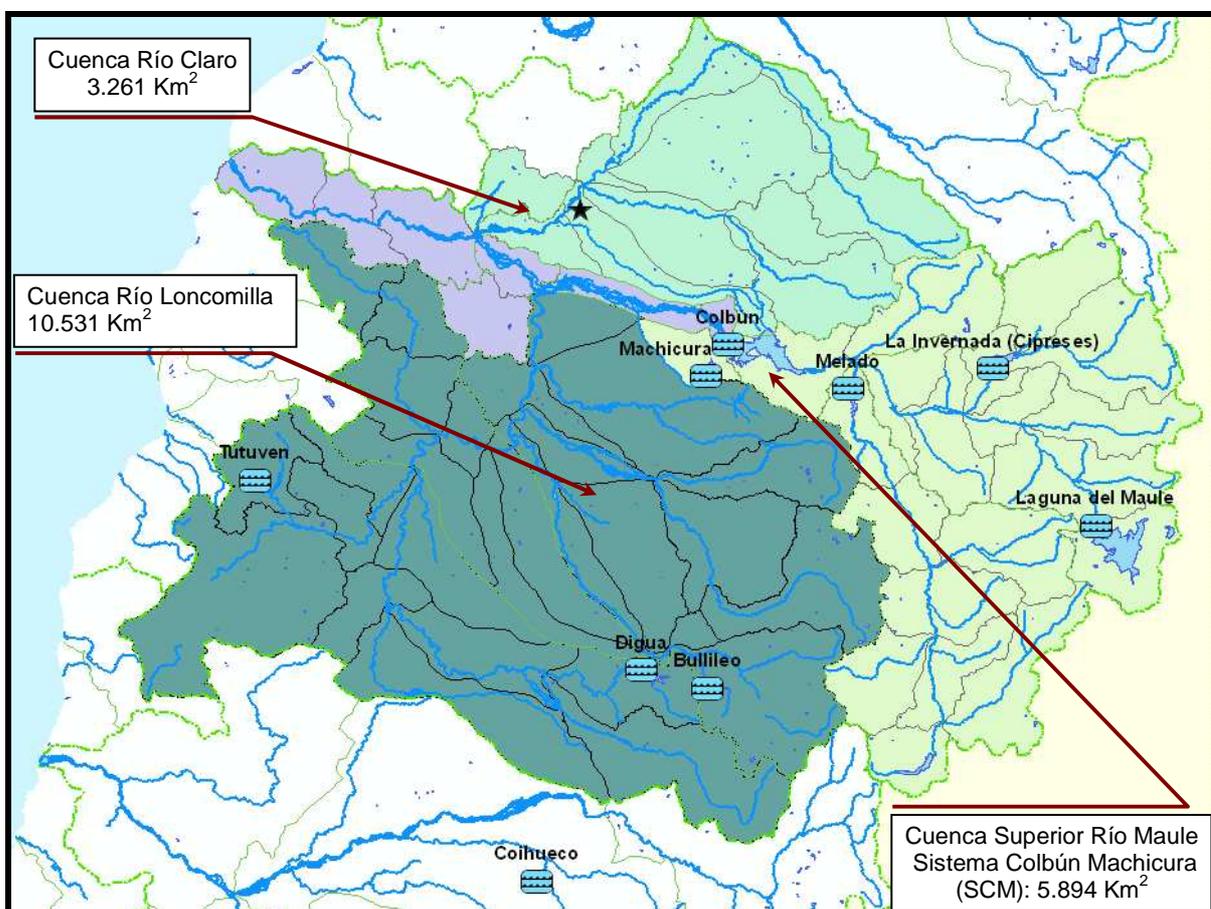
Figura N°-1b: Registro de Caudales Medios Mensuales [m³/s], Estación Fluviométrica Río Maule en Longitudinal, Periodo 1985-2008. Dominio Pluvial



Dada la diferencia de capacidad de almacenamiento entre ambos embalses no se considera a Machicura como embalse de control, ya que básicamente actúa como espejo de las fluctuaciones de caudales producidas en Colbun y su capacidad de regulación es comparativamente pequeña.

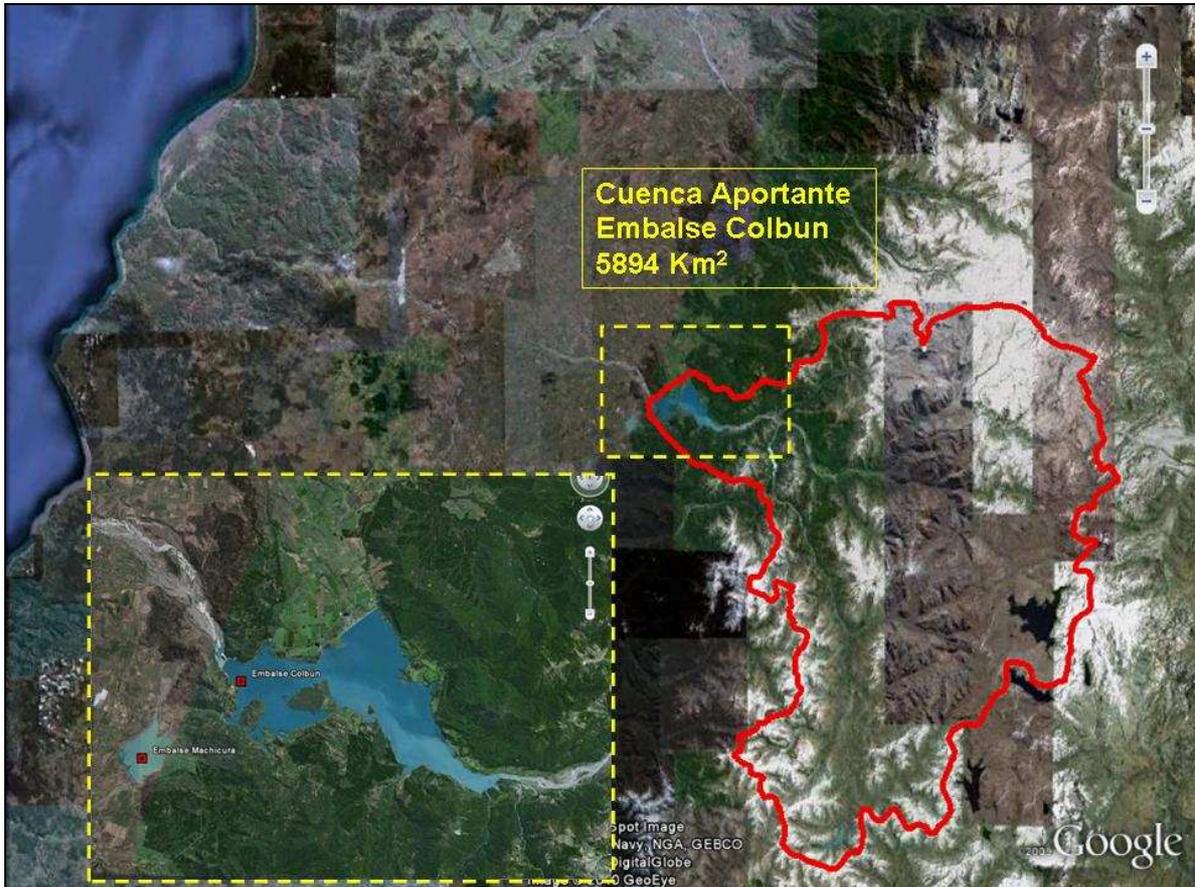
En la Figura N°-2 se indica la ubicación general de los embalses Colbun y Machicura, dentro de la cuenca del río Maule, conjuntamente se indica el área tributaria del embalse y los ríos afluentes al Maule, como la ubicación de otros embalses de la misma cuenca.

Figura N°-2: Mapa Región del Maule, Ubicación Embalses Colbún, Machicura y cuencas aportantes tributarias al río Maule.



En la Figura N°-3 se muestra a través de una fotografía aérea, la ubicación general de los embalses Colbun y Machicura, dentro de la cuenca alta del río Maule, conjuntamente se ha delimitados el área afluente de ambos embalse y se ha ampliado la zona del embalse Colbun con el fin de apreciar su distribución espacial.

Figura N°-3: Cuencas aportantes embalses Colbn.



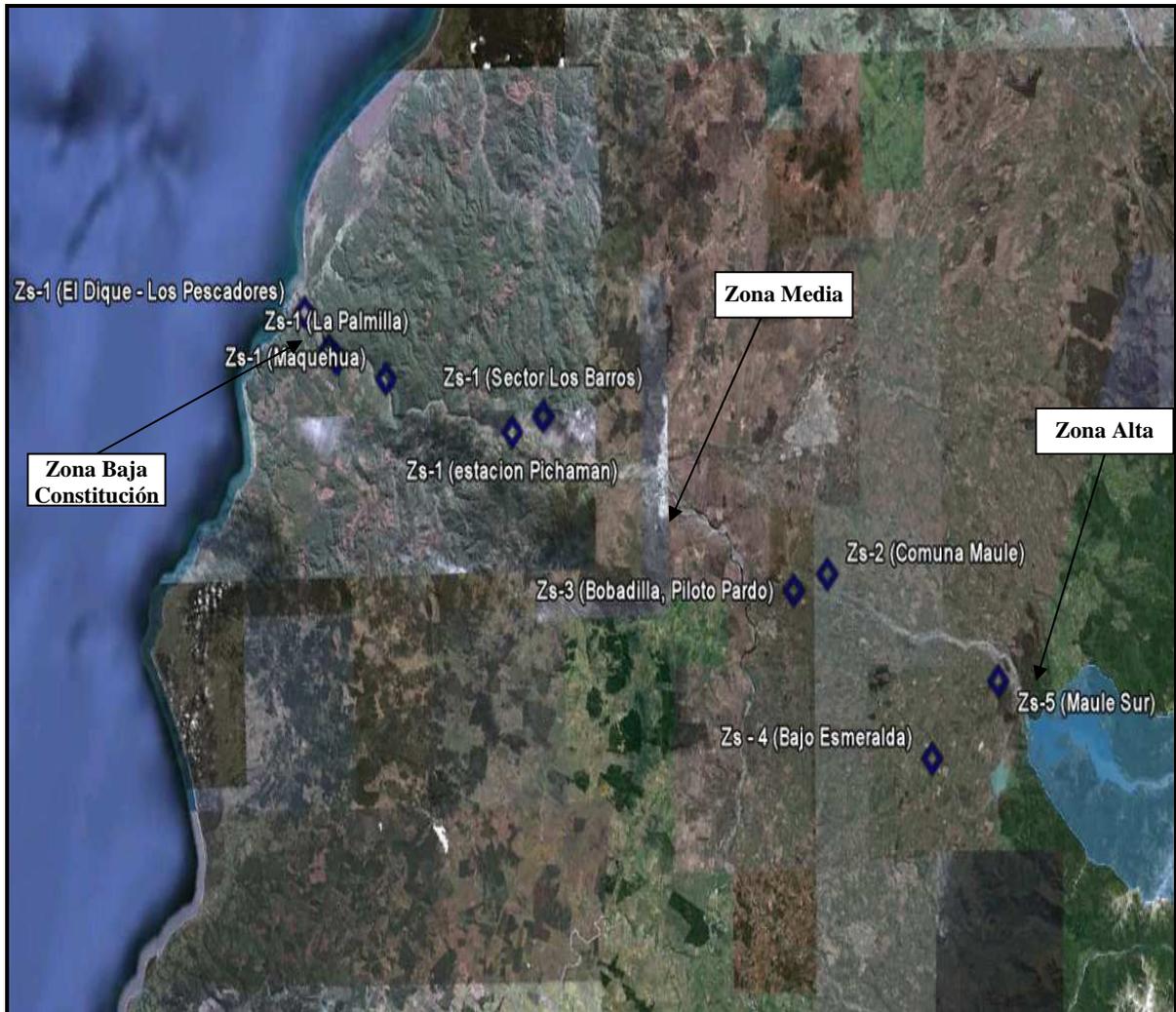
1.3- Zonas de Riesgo

Se considera la cortina del embalse Colbun como punto de inicio para el análisis de zonas de riesgo o afección a crecidas, los puntos de interés corresponden a aquellos asentamientos que se encuentran distribuidos a lo largo del cauce del río Maule.

Se consideran tres zonas de afección, una alta o montañosa donde se encuentran asentados los embalses, una zona media o intermedia, la que corresponde a la conjunción del río Maule con el río Loncomilla, y finalmente una zona baja, correspondiente a Constitución y sus alrededores.

En la Figura N°-4 se indica la ubicación general de los embalses Colbun y Machicura en conjunto con los diferentes puntos o zonas de riesgo identificados.

Figura N°-4: Foto Región del Maule, Ubicación Embalse Colbun y Zonas de Riesgo.



◆ : Zonas de Riesgo

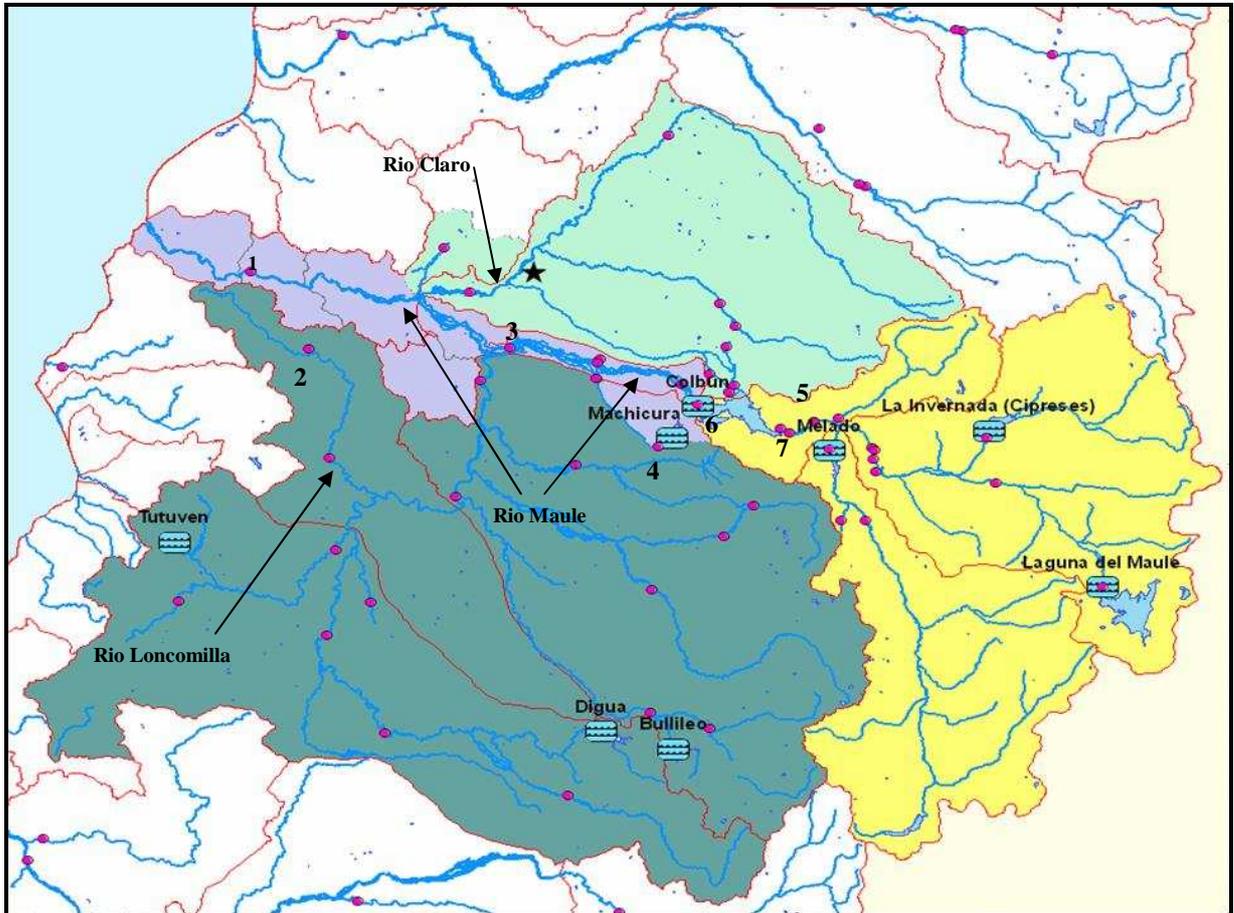
Zona : Corresponde a la caracterización de lugares de riesgo de acuerdo a la zona de la cuenca en que se ubiquen, son tres: Alta o Montañosa, media o central y baja o Costera.

2.- REVISIÓN DE ANTECEDENTES.

2.1- Red Hidrométrica Utilizada.

Se revisaron las estaciones distribuidas en la cuenca del río Maule, escogiéndose aquellas que se encontraban a lo largo del cauce del río Maule propiamente tal, aguas abajo del embalse Colbun, y algunas de ciertos ríos tributarios que se consideró determinantes para el análisis. Las estaciones escogidas se encuentran indicadas en la figura N°-4. y en el cuadro N°-1, en este mismo cuadro se presentan la longitud de caudales medios diarios registrada en las estaciones mencionadas.

Figura N°-5: Mapa Región del Maule, Ubicación red hidrométrica, estaciones fluviométricas Vigentes.



- : Estaciones Fluviométricas Vigentes
- N° : Estaciones seleccionadas para el análisis.

Cuadro N°-1:

Red hidrométrica cuenca río Maule y Periodo de Registro Disponible

N° Est.	Codigo BNA	Nombre Estación	Año Inicio Registro	Año Termino Registro	Total Años Registros
1	0738300 1-k	Río Maule en Forel	01-01-1985	31-12-2008	24
2	0735900 1-9	Río Loncomilla en Las Brisas	01-01-1975	31-12-2008	34
3	0732200 1-7	Río Maule en Longitudinal	01-01-1962	31-12-2008	47
4	0735801 0-2	Canal de Restitucion Sur-1	01-01-2005	31-12-2008	4
5	0732100 2-k	Río Maule en Armerillo	01-01-1947	31-12-2008	61
6	0732200 4-1	Río Maule en Colbun	01-01-1954	31-12-1981	27
7	0732100 5-4	Canal de evacuación Central Pehuenche	01-01-2002	01-12-2009	7

2.2- Zonas Vulnerables y Eventos registrados.

En base a los antecedentes recopilados, se identificaron algunas zonas vulnerables o de riesgo a lo largo del Mule, identificando las fechas de las crecidas en esos puntos. En esta etapa se reviso la información para todos los puntos, sin discriminar a priori aquellos que por su lejanía al embalse Colbun se consideran afectados primariamente a los aportes intermedios, más que al caudal que puedan controlar los embalses.

El cuadro N°-2 presentado a continuación, corresponde a una Matriz de eventos registrados en las zonas de riesgo, la información indicada fue obtenida a partir de registros entregados por la ONEMI, en base del control que lleva esta institución en las emergencias. Lamentablemente los registros revisados no contaban con mucha información sobre fechas y eventos, lo que hubiera permitido estimar la recurrencia de los eventos de crecida, solo se precisan efectos y periodos del año donde ocurren los eventos.

El análisis de la información y los criterios considerados para la posterior determinación del caudal umbral se indican en el capítulo 3.

Cuadro N°-2:

Matriz zonas de riesgo y eventos asociados

n°	Zona Afectada			Fecha Evento	Evento Asociado	Acciones de Mitigación Propuestas / Realizadas
	Sector	Comuna	Provincia			
1	Constitucion, poblados en ribera río Maule : Poblacion San Fransisco, Los Pescadores. El Dique, Puente Banco Arena, La Palmilla, Bocatoma, Ramales como Forel, Maquehua, Pichaman, y todos aquellos que se encuentran aguas abajo del Río Maule.	Constitución	Talca	Mayo-Junio-Julio	Viviendas, cabañas de veraneo, línea férrea del Ramal Talca-Constitución y viceversa. Interrupción de Servicios Básicos	Limpieza de canales. Se trabajó en defensas fluviales a la altura del Sector Los Barros.
2	Comuna de Maule	Maule	Talca	Mayo-Junio-Julio	Desborde, en sector de Chequén, afectando plantaciones de frutales, terrenos agrícolas. Quiñipeumo, Monte Alegre, San José de Duao, riesgo de salirse el cauce en periodo de grandes crecidas e inundar sectores agrícolas y poblados, afectando a unas 100 personas.	Limpieza de canales de regadío
3	Poblacion Piloto Pardo, Loncomilla, Sector Orilla de Maule y Bobadilla	San Javier	Linares	Mayo-Junio-Julio	Inundaciones por desborde de canales de readío, dañando terrenos agrícolas, viviendas, alcantarillados y produciendo interrupciones de agua potable y electricidad.	Limpieza de canales de regadío, canal Chivato
4	Yerbas buenas, Bajo Esmeralda	Yerbas Buenas	Linares	Mayo-Junio-Julio	Interrupción de servicio básicos	Ninguna, canales propiedad de Colbún Machicura
5	Colbún, Maule Sur	Colbun	Linares	Mayo-Junio-Julio	Inundaciones muy ocasionales	-

De los antecedentes recopilados históricamente por instituciones públicas, se contó con información por parte de ONEMI y vialidad, quienes informaron que durante los siguientes periodos se produjeron daños asociados a crecidas e inundaciones en diferentes puntos del río Maule.

**Cuadro N°-3:
Fechas de Crecidas
Río Maule y alrededores**

Fuente	Fecha Evento
ONEMI	24-07-1940 / 25-07-1940 8-08-1941 / 15-08-1941 Mayo 1953 Julio 1965 / Agosto 1965 Mayo-1972 21-05-1974 / 22-05-1974
Vialidad	Julio-1994 Julio-1995 Junio-1997 Agosto-1998 Septiembre-1999 Junio-2000 / Julio-2000 Mayo-2001 / Julio-2001 / Agosto-2001 / Septiembre-2001

De acuerdo con información aportada por la empresa Colbun, se han producido las siguientes crecidas importantes en los últimos 10 años.

**Cuadro N°-4:
Fechas de Crecidas
Río Maule - Colbun**

Sector	Fecha Evento
Embalse Colbun	29-Junio-2000 / 3- Julio-2000
Embalse Colbun	10-Julio-2006 / 13- Julio-2006
Embalse Colbun	19-Mayo-2008 / 23- Mayo-2008

2.3- Áreas Tributarias.

Se determinaron las áreas tributarias para las estaciones escogidas y las zonas de riesgo identificadas, valores requeridos en el análisis del capítulo 3.0, ello con el objeto de poder realizar transposición de caudales y comparaciones entre zonas cuando se lo requiriese.

En los cuadros N°-5 y N°-6 se presentan los valores de áreas característicos de las estaciones y las zonas de riesgo por separado.

Cuadro N°-5:
Áreas Tributarias red hidrométrica
Cuenca río Maule.

N° Est	Código BNA	Nombre Estación	Área Aportante km ²
1	07383001-k	Río Maule en Forel	18754
2	07359001-9	Río Loncomilla en Las Brisas	9643
3	07322001-7	Río Maule en Longitudinal	5952
4	07358010-2	Canal de Restitución Sur-1	854
5	07321002-k	Río Maule en Armerillo	5323
6	07322004-1	Río Maule en Colbun	5894
7	07321005-4	Canal de evacuación Central Pehuenche	5323

Cuadro N°-6:
Áreas Tributarias Zonas de Riesgo
Cuenca río Maule.

Zona Riesgo	Puntos Afección	Área Aportante km ²
Zs-1	Constitución, poblados en ribera río Maule : Población San Francisco, Los Pescadores. El Dique, Puente Banco Arena, La Palmilla, Bocatoma, Ramales como Forel, Maquehua, Pichaman, y todos aquellos que se encuentran aguas abajo del Río Maule.	18575
Zs-2	Comuna de Maule	5952
Zs-3	Población Piloto Pardo, Loncomilla, Sector Orilla de Maule y Bobadilla	9643
Zs-4	Yerbas buenas, Bajo Esmeralda	5987
Zs-5	Colbún, Maule Sur	5894
Zs-0	Desembocadura	18993

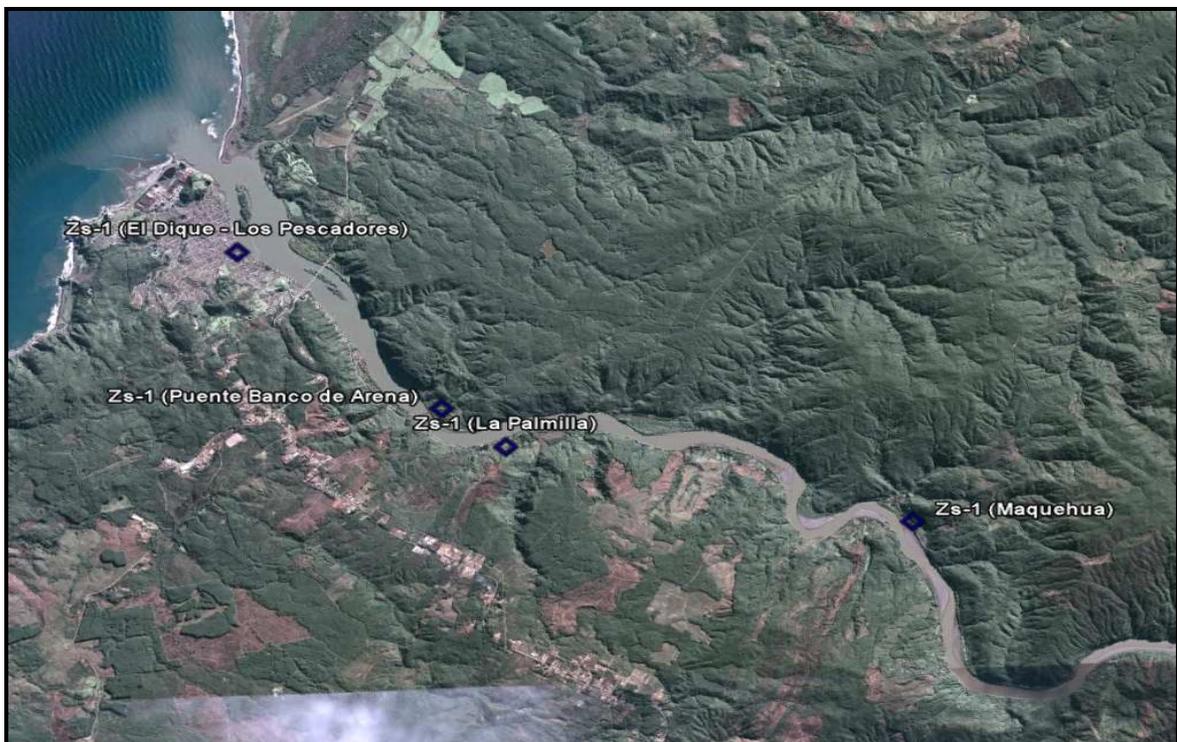
Figura N°-6: Mapa Región del Maule, Ubicación Sectores de Riesgo, Zona Alta



Figura N°-7: Mapa Región del Maule, Ubicación Sectores de Riesgo, Zona Media



Figura N°-8: Mapa Región del Maule, Ubicación Sectores de Riesgo, Zona Baja



3.- ANALISIS.

3.1- Caudales Asociados a crecidas.

Se revisaron los registros de caudales en las estaciones: Rio Maule en Forel, rio Maule en Colbun, rio Maule en Armerillo, rio Maule en Longitudinal, rio Loncomilla las Brisas, de acuerdo con el análisis de antecedentes presentado en el acápite 2.2.

Tras un análisis preliminar de magnitud de caudales y tras considerar ubicación e incidencia de aportes en la cuenca del rio Maule, se concluyó que la estación Maule en Forel se encuentra fuertemente influenciada por los aportes del rio Loncomilla, valores que son registrados en la estación Loncomilla en las Brisas. Esto último queda reforzado por la magnitud del área aportante del rio Loncomilla de 10.531 km², versus los 5.952 km² del Maule en la conjunción, así se concluye que para Maule en Forel, el mayor aporte proviene de la cuenca del río Loncomilla, más que del río Maule, prácticamente doblando el aporte de este último, por ello finalmente se descarta a estas estaciones para la cuantificación de la magnitud de caudales críticos asociados a crecidas. en Colbun

En las figuras n°9 y n°10, se muestran gráficos de caudales medios diarios, en que se puede comparar y apreciar las diferencias de magnitud para estas estaciones.

Figura N°-9: Gráfico de caudales medios diarios [m³/s], estaciones Maule en Forel v/s Maule en Longitudinal. Periodo Enero 1985 - Diciembre 2008

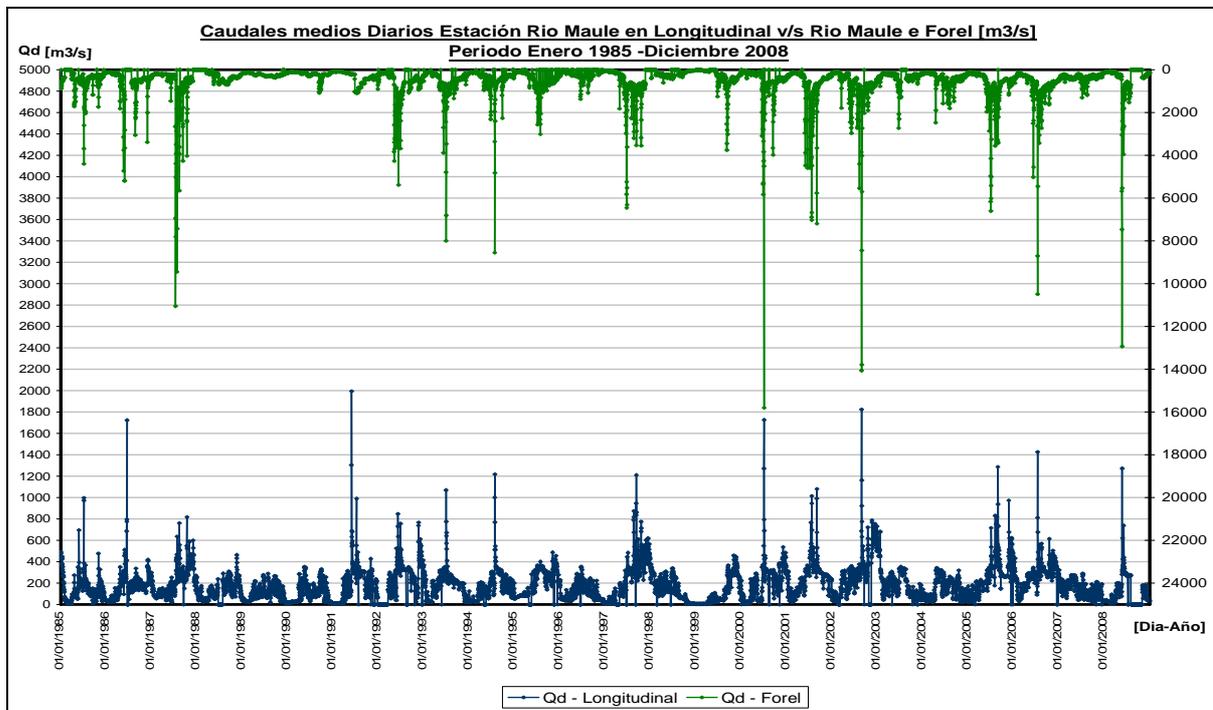
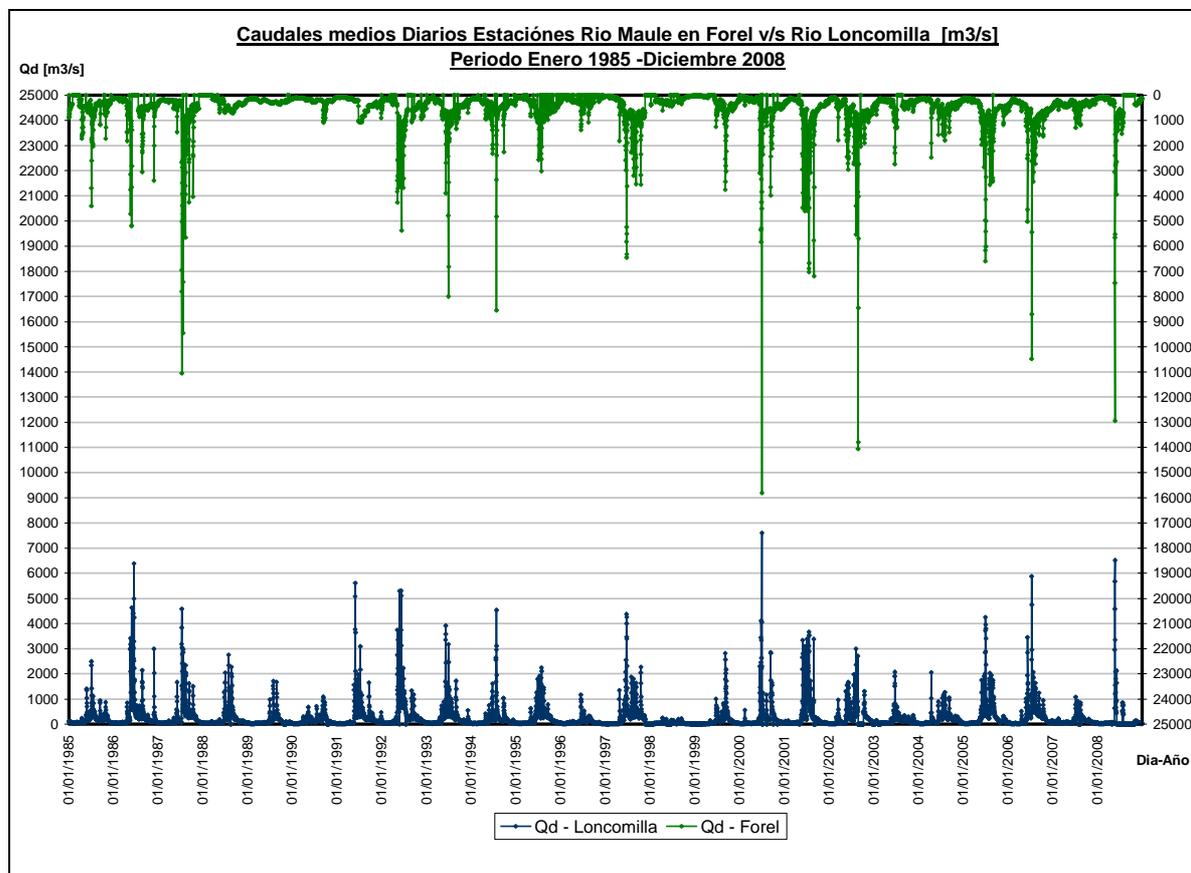


Figura N°-10: Gráfico de caudales medios diarios [m³/s], estaciones Maule en Forel /s Loncomilla en las Brisas. Periodo Enero 1985 - Diciembre 2008.



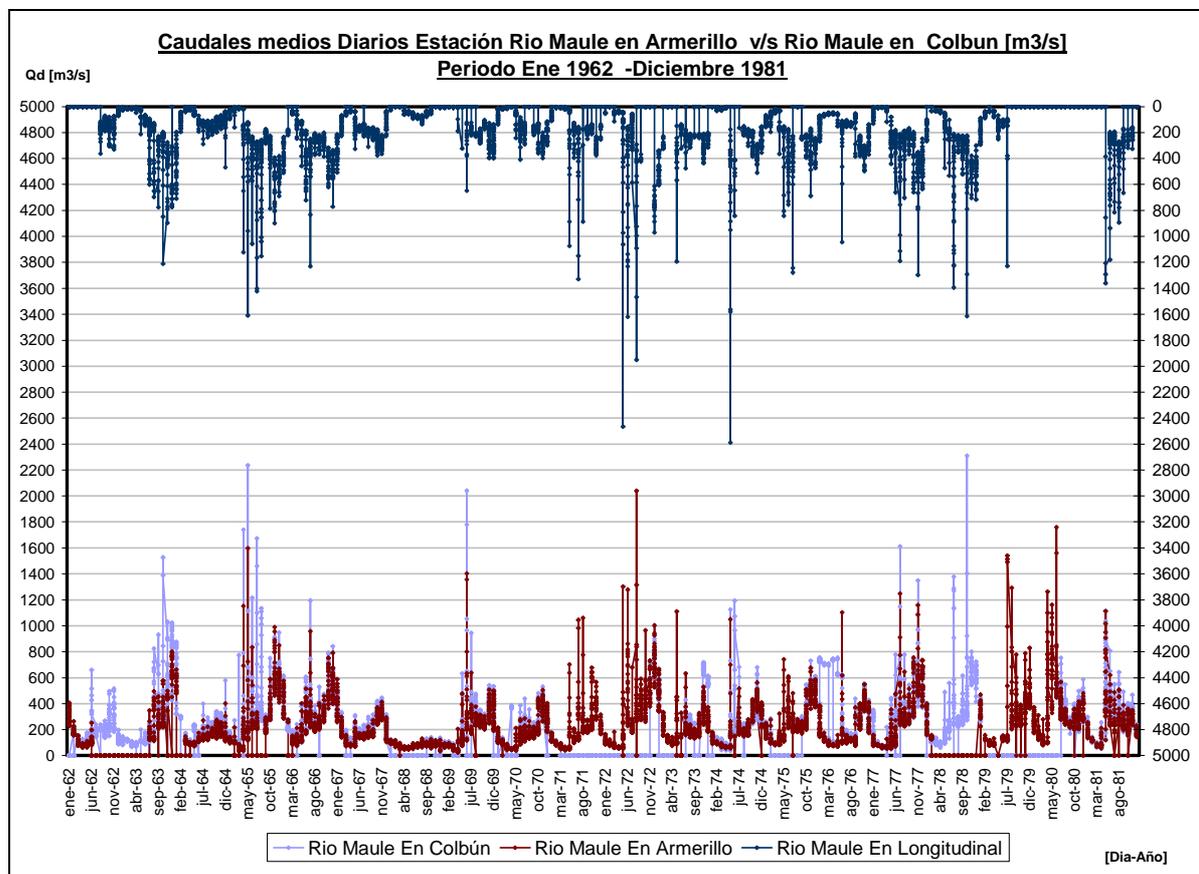
Tras una inspección de los valores presentados en los gráficos, se verifica a través de la magnitud de los caudales lo señalado anteriormente, así para el caso del evento del 1 de julio del 2000, para Maule en longitudinal se registró un caudal medio de 1727 m³/s, mientras que para Loncomilla en las Brisas se registraron 7601 m³/s, midiéndose en Forel un caudal de 15805 m³/s, caudal que también considera el aporte del río Claro y cuenca intermedia.

Es importante destacar, que si bien aguas abajo de la conjunción del río Maule con río Loncomilla, los aportes de esta olla resultan relevantes, por la distribución espacial de las cuencas, tanto del río Loncomilla como del Claro, los eventos no siempre son coincidentes, es decir muchas tormentas que ocurren en la olla intermedia no ocurren simultáneamente en la parte alta, por lo que en esos casos el embalse tiene poca capacidad de control, mientras que en otras ocasiones ocurre el caso inverso y es donde se vuelve relevante su capacidad de control.

Considerando lo expuesto anteriormente, se utilizaron finalmente las estaciones Maule en Colbun, Maule en Armerillo y Maule en longitudinal para el análisis de crecidas y caracterizar adecuadamente los caudales críticos en el río.

En la figura n°11 se presentan las series de caudales medios diarios observados en estas tres estaciones para el periodo 1962-1981, que corresponde a régimen natural del río, antes de la construcción y operación del embalse Colbun.

Figura N°-11: Gráfico de caudales medios diarios [m³/s], estaciones Maule en Armerillo, Maule en Longitudinal y Maule en Colbun. Periodo Enero 1962 – Diciembre 1981.



En el cuadro n°7 se presentan los valores de caudales medios diarios registrados para las fechas de eventos identificadas por ONEMI y Vialidad en el cuadro n°3 del acápite anterior, de los eventos identificados solo se pudo obtener los valores para las dos fechas indicadas, ya sea por no disponer de registros en esas fechas específicas o por no identificarse eventos coincidentes en los periodos indicados.

Cuadro N°-7:
Fechas de Eventos críticos y caudales medios diarios asociados m3/s
Fuente: ONEMI - Vialidad

Fecha	M. Colbún	M. Longitudinal	M. Armerillo
24-07-1965	1673	1421	-
21-05-1974	1125	2589	1050

Junto a los registros de las instituciones publicas mencionadas, el operador, Colbun, entregó registros de caudales instantáneos afluentes al embalse Colbun, identificando fechas de eventos de crecidas y magnitudes registradas desde 1990, las que se presentan en el cuadro n°8.

Cuadro N°-8:
Fechas de Eventos críticos y Caudales máximo instantáneos asociados m3/s
Fuente: Colbun

Fecha Evento	Embalse
28-Mayo-1991/ 29-Mayo-1991	6484
29-Junio-2000 / 3- Julio-2000	4318
10-Julio-2006 / 13- Julio-2006	4904
19-Mayo-2008 / 23- Mayo-2008	6181

Para las mismas fechas de crecidas, se compararon los valores de caudales registrados en las estaciones de control de la Dirección mencionadas anteriormente (Cuadro n°9), en el caso del control en Colbun, la estación Maule en Colbun no disponía del periodo concurrente, lo mismo ocurrió con Maule en Armerillo para las fecha de interés. Solo Maule en Longitudinal disponía de información para el periodo, así se puede inferir que para valores de caudales medios diarios del orden de los 1500 m3/s registrados en Armerillo se comienza a tener problemas de inundación en algunos sectores aguas abajo del embalse, esto puede verse gráficamente en la figura n°11, donde los valores peaks registrados en Colbun, coinciden con valores de este orden registrados en Armerillo y a su vez en Longitudinal.

Cuadro N°-9:
Fechas de Eventos críticos y Caudales medios diarios asociados m3/s
Fuente: Colbun

Fecha Evento	M. Colbún	M. Longitudinal	M. Armerillo
28-Mayo-1991/ 29-Mayo-1991	-	1994	-
29-Junio-2000 / 3- Julio-2000	-	1727	-
10-Julio-2006 / 13- Julio-2006	-	1427	-
19-Mayo-2008 / 23- Mayo-2008	-	1972	1883

En la figura n°12, se presentan los caudales afluentes máximos instantáneos diarios registrados en el embalse Colbun v/s los valores observados en Armerillo para el mismo periodo, como es de esperar estos valores se encuentran por sobre los valores registrados en la estación Armerillo, ya que sus registros corresponden a caudales medios diarios.

Del análisis del gráfico se aprecia que para los eventos extremos, las diferencias en magnitud son significativas, ejemplo de ello es el caso de la tormenta del 19 de mayo del 2008, mientras el embalse registra un afluente de 6181 m³/s, Armerillo registra una crecida de 1883 m³/s. Estas diferencias nos llevan a considerar que los registros de caudales afluentes de Colbun resultan más indicados para la definición del caudal crítico o umbral.

Considerando lo anterior, como se aprecia en la figura n°13, de caudales máximos instantáneos mensuales en Colbun, al definir un banda o limite del orden de 2500 m³/s, quedan definidas todas las crecidas conocidas, por lo que se infiere que esta magnitud cumpliría con el requerimiento de caudal umbral.

Figura N°-12: Gráfico de caudales máximos instantáneos [m³/s], Maule en Colbun v/s Maule en Armerillo. Periodo Enero 1990 – Diciembre 2009.

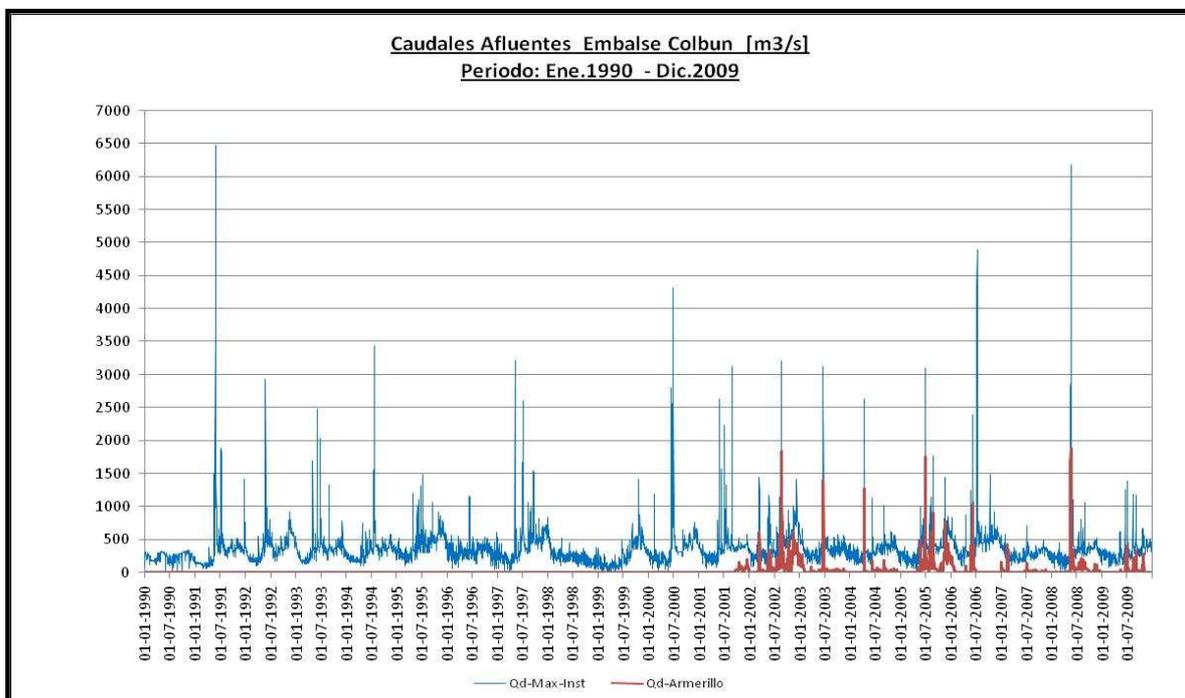


Figura N°-13: Gráfico de caudales máximos instantáneos mensuales [m³/s], Maule en Colbun. Periodo Enero 1990 – Diciembre 2009.

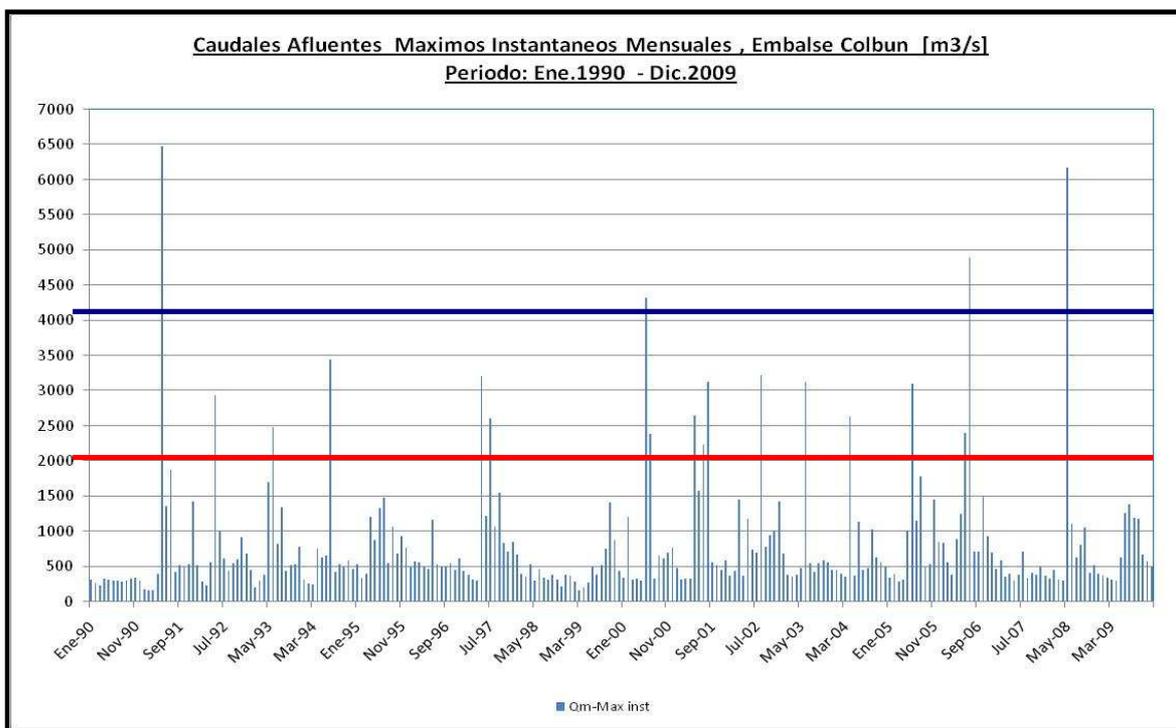
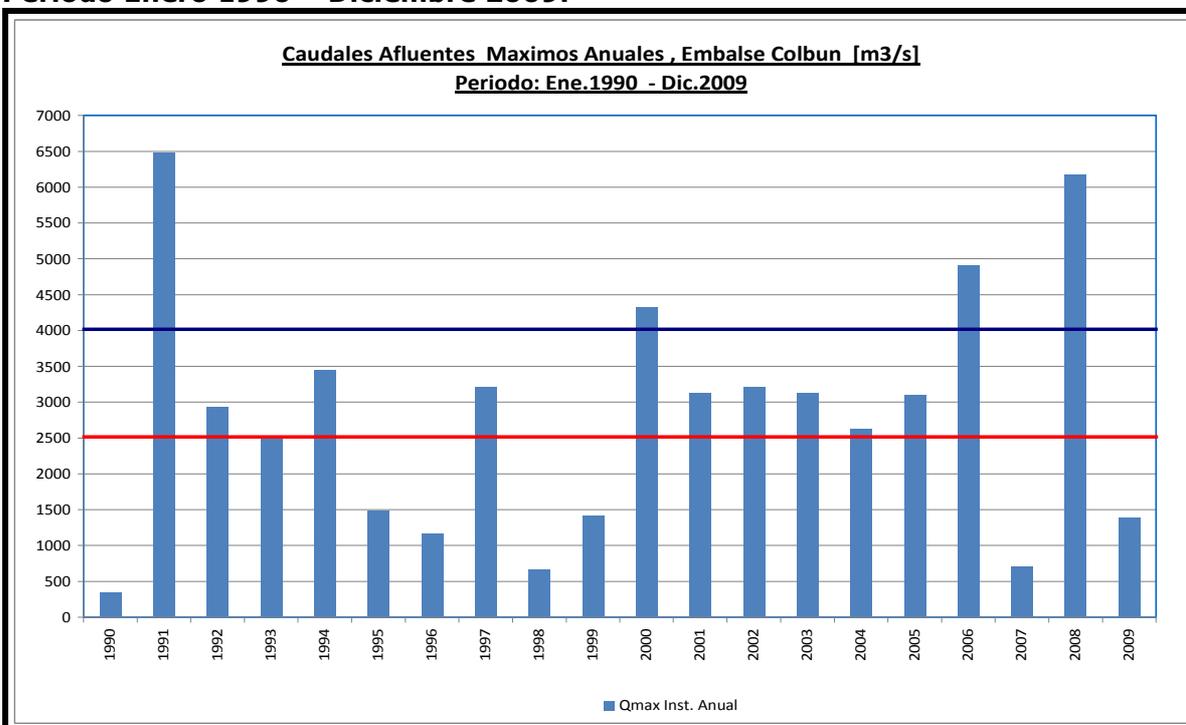


Figura N°-14: Gráfico de caudales máximos Anuales [m³/s], Maule en Colbun. Periodo Enero 1990 – Diciembre 2009.

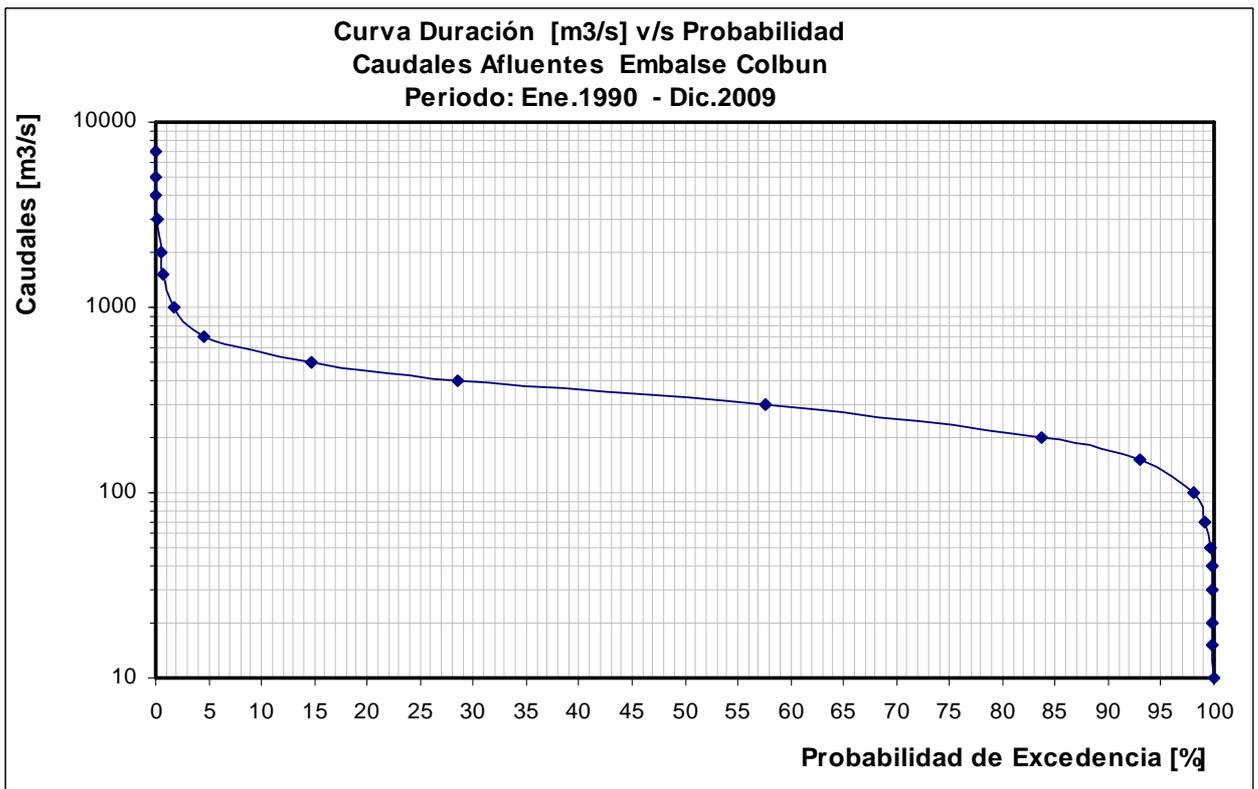


3.2- Curvas de Duración.

A partir de los registros de caudales máximos instantáneos diarios, se procedió a construir la curva de duración para el periodo de registro 1990-2009 utilizando el metodo de Weibull. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla n°-10 y figura n°-14.

Utilizando la misma serie de caudales máximos diarios, se obtuvo la serie de caudales máximos anuales, a la cual se le aplico un análisis de frecuencia, obteniéndose que el mejor ajuste para esta serie corresponde a la distribución tipo Gumbel. Simultáneamente se aplico el método de Weibull a la misma serie anual, figura n°-15, con el objeto de comparar los resultados obtenidos por ambos métodos, sus resultados se presentan en la tabla n°-11.

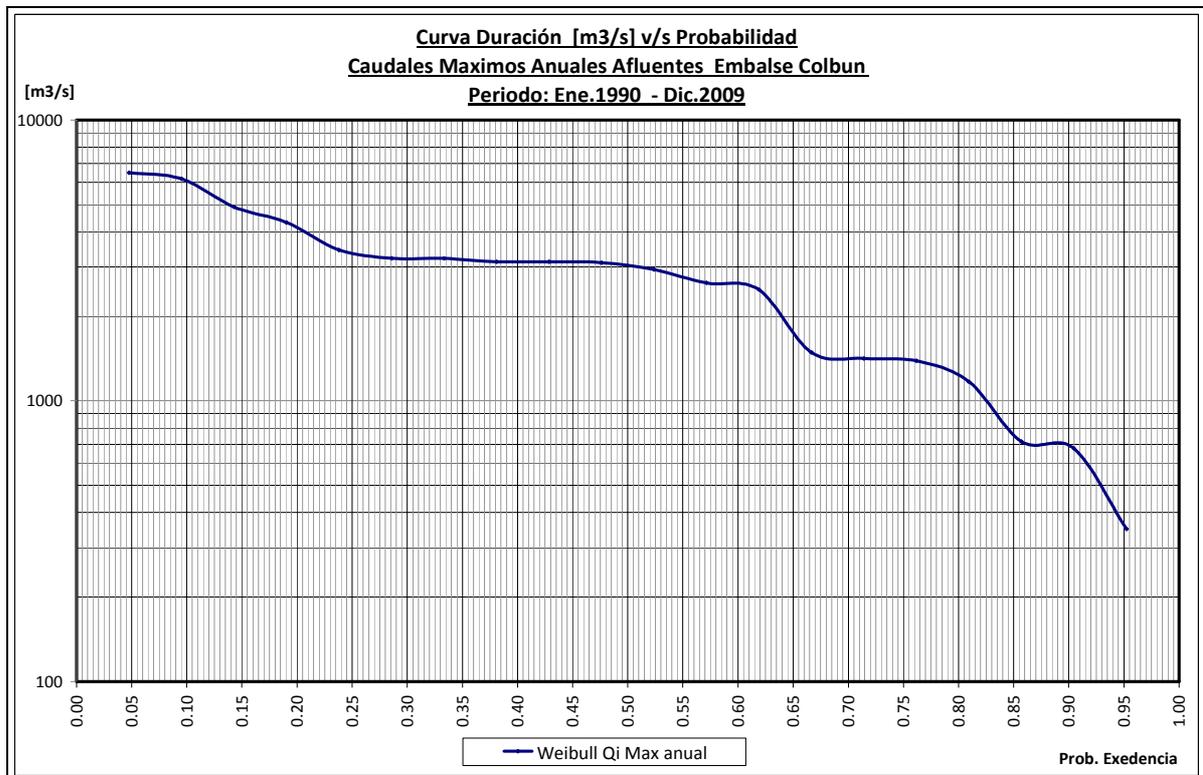
Figura N°-14:
Curvas de Duración Embalse Colbun.
Periodo Registro 1990 – 2009



Cuadro N°-10:
Caudales m³/s v/s Probabilidad de Excedencia
Afluente Embalse Colbun, serie máximos instantáneos
Método de Weibull.

Q (m ³ /s)	P.,exed [%]	Tr [días]
200	83.79	1
300	57.58	2
400	28.57	4
500	14.80	7
700	4.56	22
1000	1.82	55
1500	0.73	138
2000	0.47	215
3000	0.21	487
4000	0.08	1218
5000	0.04	2435

Figura N°-15:
Curvas de Duración Embalse Colbun.
Periodo Registro 1990 - 2009.
Serie de máximos anuales



Cuadro N°-11:
Caudales m³/s v/s Probabilidad de Excedencia
Afluente Embalse Colbun, serie máximos anuales
Distribuciones Weibull y Gumbel .

Serie de Caudales máximos instantáneos anuales			
P.Exed %	Tr [años]	Weibull	A. Frec (Gumbel)
0.10	1000.0	-	13175.3
0.33	300.0	-	11221.4
0.40	250.0	-	10957.9
0.50	200.0	-	10562.6
0.67	150.0	-	10186.7
0.80	125.0	-	9885.9
0.83	120.0	-	9810.7
0.91	110.0	-	9639.8
1.00	100.0	-	9434.8
2.00	50.0	-	8302.8
2.86	35.0	-	7732.2
3.33	30.0	-	7478.8
4.00	25.0	-	7162.3
5.00	20.0	6469.8	6792.1
6.67	15.0	6363.7	6315.7
10.00	10.0	6054.1	5625.1
20.00	5.0	4144.6	4408.4
25.00	4.0	3391.8	3996.5
33.33	3.0	3215.9	3440.3
40.00	2.5	3129.4	3065.6
50.00	2.0	3019.3	2570.8
66.67	1.5	1487.2	1824.1
95.00	1.1	365.9	197.7
96.00	1.0	-	81.2

4.- CONCLUSIONES.

En primer termino, dada la posición del sistema de embalses Colbun-Machicura en la parte alta de la cuenca del río Maule, este corresponde a un sistema de cabecera, por lo general estos tipos de embalse no son influyentes en la parte baja de la cuenca del río donde se ubican, lo que no es una excepción en el presente caso, sin embargo, dada su capacidad de almacenamiento y la magnitud de la cuenca controlada, 5894 km² por el embalse Colbun, presenta gran influencia en la parte media y en la parte alta inmediatamente aguas abajo de Colbun, sectores donde se encuentran diferentes asentamientos urbanos, cultivos y faenas extractivas de aridos, afectos a las crecidas del cauce del río Maule, de allí la importancia de realizar una operación adecuada del sistema.

En síntesis dada la superficie de la cuenca controlada, la posición relativa del sistema en el cauce y la presencia de asentamientos urbanos afectos a crecidas, el sistema Colbun-Machicura, corresponde a un sistema de control de crecidas, ya que a su vez dispone de mecanismos de vertido de los embalses, los que permiten regular una crecida según los criterios que se impongan para dicho objetivo. En particular el Embalse de Control del sistema corresponde a Colbun, ya que controla 5894 km² del total de la superficie aportante de la cuenca del Maule, que corresponde a 20228 km².

El embalse Colbun se caracteriza por disponer de una capacidad de almacenamiento según diseño tal, que le permite almacenar 1543 millones de metros cúbicos. Suficiente para retener una precipitación de más de 403 mm sobre su cuenca aportante, evento de enormes proporciones, comparable a la precipitación acumulada máxima de 2 días con periodo de retorno de 50 años.

En efecto el tamaño del embalse es tal, que el caudal medio anual del principal afluente, río Maule, permite su llenado en 76 días y el volumen de almacenamiento disponible entre sus cotas de operación mínima y máxima permiten almacenar íntegramente el volumen asociados a las principales crecidas históricas registradas, años: 1991,2006 y 2008.

Queda claramente establecido así en función de sus características, la capacidad que dispone Colbun para regular crecidas. Considerando esto se procedió a fijar el **caudal umbral a la salida de Colbun**, dicho valor de acuerdo al análisis realizado y presentados en este informe corresponde a un **caudal de 2500 m³/s**, el que corresponde a un **periodo de retorno inferior a 5 años**.