



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTUALIZACIÓN DE LAS
AVENIDAS DE DISEÑO
DE LAS PRESAS DEL RÍO GRIJALVA

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

LUIS EUSEBIO RAMÍREZ SALAZAR

TUTOR DE TESIS:

DRA. MARITZA LILIANA ARGANIS JUÁREZ



México, D.F.

Abril 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/109/10

Señor
LUIS EUSEBIO RAMÍREZ SALAZAR
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora DRA. MARITZA LILIANA ARGANIS JUÁREZ, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"ACTUALIZACIÓN DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO DE LAS PRESAS DEL RÍO GRIJALVA"

- INTRODUCCIÓN:
- I. ANTECEDENTES.
- II. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO
- III. ELEMENTOS DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA
- IV. CÁLCULO DE AVENIDAS DE DISEÑO MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ESCURRIMIENTOS MEDIOS DIARIOS
- V. ACTUALIZACIÓN DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE PRESAS DEL RÍO GRIJALVA
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- REFERENCIAS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 30 de Septiembre del 2010.
EL PRESIDENTE


ING. RODOLFO SOLÍS UBALDO

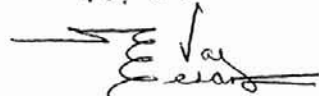
RSU/MTH*gar.

Vo. B.



5 de mayo de 2010

Vo. B.


29-04-011


29 abril 2011


27/04/2011

25 - Abril - 2011



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN

Designación de sinodales de Examen Profesional

A los señores profesores:

Presidente	M.I. TOMAS GUADALUPE SANCHEZ REYES
Vocal	DRA. MARITZA LILIANA ARGANIS JUAREZ
Secretario	DR. RAMON DOMINGUEZ MORA
1o. suplente	DR. ENRIQUE CESAR VALDEZ
2o. suplente	M.I. ENRIQUE IBARRA RAZO

Me permito informar a ustedes que han sido designados sinodales del Examen Profesional del señor RAMIREZ SALAZAR LUIS EUSEBIO registrado con número de cuenta 30054751-7 en la carrera de INGENIERÍA CIVIL quien ha concluido el desarrollo del tema que le fue autorizado.

Ruego a ustedes se sirvan revisar el trabajo adjunto y manifestar a esta Dirección, si es el caso, la aceptación del mismo.

Con el fin de asegurar el pronto cumplimiento de las disposiciones normativas correspondientes y de no afectar innecesariamente los tiempos de titulación, les ruego tomar en consideración que para lo anterior cuentan ustedes con un plazo máximo de **cinco días hábiles** contados a partir del momento en que ustedes **acusen recibo de esta notificación**. Si transcurrido este plazo el interesado no tuviera observaciones de su parte, se entendería que el trabajo ha sido aprobado, por lo que deberán **firmar el oficio de aceptación del trabajo escrito**.

Doy a ustedes las más cumplidas gracias por su atención y les reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F. a 6 de Mayo de 2011.

EL DIRECTOR

Mtro. José Gonzalo Guerrero Zepeda

Agradecimientos

A **Dios** padre todo poderoso, por darme salud, humildad y sabiduría para continuar con mis ideales de manera justa y honrada, además de conservar a mis padres con vida hasta este momento.

A mis padres, **Luis Ramírez Gutiérrez** y **María E. Salazar Morelos**, infinitas gracias por la educación y el buen ejemplo que me brindaron, a los múltiples esfuerzos en que estuvieron sometidos durante estos años para que yo pudiese concluir mis estudios de Licenciatura, a ustedes les debo todo lo que he logrado hasta ahora, gracias por la fe y confianza que depositaron en mí durante mi formación como estudiante, así como el apoyo que tuve en el desarrollo de mi tesis.

A mi hermana **Fátima Ramírez Salazar**, por todo su apoyo incondicional en todos los momentos complicados en los que me encontré, su liderazgo como estudiante y profesionista fue determinante para motivarme a realizar éste trabajo, inmensamente gracias por el cariño y comprensión que me tienes, además de los momentos alegres que paso con tus hijas Karla y Paola.

A mi novia **Ocotlán Gutiérrez Cárcamo**, que me enseña a ser una persona humilde y fomentarme el bien común de todas la personas día a día, gracias por los valores tan maravillosos que me inculcas, por enseñarme la esencia e importancia que tiene la Universidad Nacional Autónoma de México, por el amor tan grande y puro que me tiene y por la motivación que constantemente me aporta para mis proyectos.

A mi padrino el **C.P. Joaquín Suárez Salazar**, por motivarme y darme consejos tan sabios para que yo pudiese culminar con mis estudios, por su apoyo moral y espiritual.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y al **Instituto de Ingeniería de la UNAM** por abrirme sus puertas, y todo lo que me brindaron a lo largo de mi estancia como estudiante.

A la **Dra. Maritza Liliana Arganis Juárez**, por la oportunidad que me dió al ingresar al Instituto de Ingeniería de la UNAM, por la paciencia y dedicación de tiempo que me empleó para el exhorto de este trabajo.

Al **Dr. Ramón Domínguez Mora**, por sus asesorías profesionales que me impartió a lo largo de este trabajo.

Al **M.I. Jesús Gallegos Silva**, por sus cátedras de Hidráulica que me impartió en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, él fue el responsable del que yo tuviera iniciativa para incursionarme en el campo de investigación de la Hidráulica e Hidrología.

Gracias a los profesores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM por la sabiduría que me transmitieron, **M.I. Jesús Gallegos Silva**, **M.I. Oscar Vega Roldán**, **Dra. Lilia Reyes Chávez**, **Dr. Gilberto Sotelo Ávila**, **Dr. Rodolfo Silva Casarín**, **Dr. Humberto Marengo Mogollón**, **Dr. Enrique César Valdez** y al **M.I. Jesús Edmundo Ruíz Medina**.

Al **Act. Javier Villanueva Ramos**, por todos los conocimientos que me inculcó acerca del Cálculo Diferencial e Integral en la Universidad La Salle Escuela Preparatoria.

Dedicatorias

Dedico este trabajo a:

Mis padres, ya que ellos fueron mi inspiración para poder concluir el presente trabajo, gracias padres por confiar en mi capacidad para enfrentar este trabajo, ahora sí puedo decirles con toda autoridad que el fruto es el patrimonio de las personas con carácter, finalmente lo que me resta por decirles es que con el presente trabajo yo les atribuyo a ustedes todo el esfuerzo que hicieron durante todos estos años.

A mi hermana, por el apoyo que me brindó en la impresión de los borradores de este trabajo, a su paciencia y tiempo dedicado que me ofreció en todo momento.

A mi novia, por las correcciones que me hizo notar durante el desarrollo del mismo, así como sus consejos para enriquecerme en la parte humanística y el gusto por la lectura.

A mis sinodales que son excelentes personas, Dra. Maritza Liliana Arganis Juárez, Dr. Ramón Domínguez Mora, Dr. Enrique César Valdez, M.I. Tomás Guadalupe Sánchez Reyes y al M.I. Enrique Ibarra Razo.

*Por toda la comunidad universitaria que en algún momento me estrechó la mano, hoy puedo decir que Amo a la **Universidad Nacional Autónoma de México** “**La mejor Universidad de Iberoamérica**”, estoy muy orgulloso de haber estudiado en tan prestigiada Universidad.*

“Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es el océano”.
(Isaac Newton 1642-1727)

Índice general

Resumen	xxiii
Introducción	xxv
1. Antecedentes	1
1.1. Aspectos generales sobre Avenidas de Diseño	1
1.2. Importancia de actualizar Avenidas de Diseño	3
1.3. Estudios realizados anteriormente sobre avenidas de diseño en el sistema de presas del Río Grijalva	3
1.3.1. Primeros estudios realizados	3
1.3.2. Estudio realizado en 1993 por la CFE y el IIUNAM	4
1.3.3. Estudio realizado en el 2000 por la CFE, CNA y el IIUNAM	5
1.3.4. Estudios realizados en 2006 y 2009 por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)	6
2. Descripción de la zona de estudio	9
2.1. Introducción	9
2.2. Regiones Hidrológicas de México	10
2.2.1. Región hidrológica No. 30 Grijalva-Usumacinta	11
2.3. Cuenca del Río Grijalva-Usumacinta	12
2.3.1. Descripción general de la cuenca del Río Grijalva	12
2.3.2. Hidrología de la Cuenca del Río Grijalva	14
2.3.3. Sistema Hidroeléctrico de la cuenca del Río Grijalva	15
2.4. Características generales de las presas de la cuenca del Río Grijalva	15
2.4.1. Introducción	15
2.4.2. Características de la Presa Netzahualcóyotl “Malpaso”	18
2.4.2.1. Introducción	18
2.4.2.2. Descripción general de las obras	19
2.4.3. Características de la Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”	25
2.4.3.1. Introducción	25
2.4.3.2. Descripción general de las obras	26
2.4.4. Características de la Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”	30
2.4.4.1. Introducción	30
2.4.4.2. Descripción general de las obras	31
2.4.5. Características de la Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”	35
2.4.5.1. Introducción	35
2.4.5.2. Descripción general de las obras	36
3. Elementos de Probabilidad y Estadística	43
3.1. Introducción	43
3.2. Conceptos básicos de probabilidad	43
3.2.1. Experimento	43
3.2.2. Espacio muestral	44

3.2.3.	Evento	44
3.2.4.	Definición axiomática de probabilidad	44
3.2.5.	Teoremas derivados de la definición axiomática	45
3.3.	Variables aleatorias	47
3.3.1.	Introducción	47
3.3.2.	Concepto de variable aleatoria	47
3.3.3.	Variables aleatorias discretas	49
3.3.4.	Variables aleatorias continuas	50
3.3.4.1.	Concepto de variable aleatoria continua	50
3.3.4.2.	Función densidad de probabilidad $f(x)$	50
3.3.4.3.	Función de distribución de probabilidad acumulada $F(x)$	51
3.3.4.4.	Función de distribución de probabilidad acumulada para variables aleatorias continuas	52
3.3.5.	Esperanza matemática o valor esperado de variables aleatorias continuas	52
3.3.6.	Parámetros poblacionales de la distribución de variables aleatorias continuas	52
3.3.6.1.	Momentos de orden n con respecto a la media	53
3.3.6.2.	Media de la distribución poblacional	53
3.3.6.3.	Varianza de la distribución poblacional	54
3.4.	Conceptos básicos de estadística	55
3.4.1.	Introducción	55
3.4.2.	Concepto de Estadística	55
3.4.3.	Estadística descriptiva	55
3.4.3.1.	Parámetros estadísticos de una muestra	56
3.5.	Generalidades de inferencia estadística	58
3.5.1.	Introducción	58
3.5.2.	Métodos para determinar la estimación puntual de parámetros poblacionales	58
3.5.2.1.	Método de momentos	58
3.5.2.2.	Método de máxima verosimilitud	59
3.6.	Periodo de retorno (Tr)	60
3.6.1.	Concepto de periodo de retorno	60
3.6.2.	Criterios usuales para fijar un periodo de retorno	60
3.7.	Funciones de distribución de probabilidad de variables aleatorias continuas más usadas en hidrología	61
3.7.1.	Introducción	61
3.7.2.	Función de distribución de valores extremos tipo I (Gumbel)	62
3.7.3.	Función de distribución Gumbel dos poblaciones (Gumbel mixta)	65
3.8.	Estimación del Error Estándar de Ajuste EEA	70
3.9.	Análisis gráfico de las distribuciones de probabilidad Gumbel y Gumbel dos poblaciones	71
4.	Estimación de Avenidas de Diseño	75
4.1.	Introducción	75
4.2.	Cálculo de avenidas de diseño mediante el análisis estadístico de escurrimientos medios diarios	75
4.2.1.	Método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE)	76
4.2.1.1.	Introducción	76
4.2.1.2.	Recopilación de la información	76
4.2.1.3.	Calculo de los gastos medios máximos anuales para distintas duraciones	77
4.2.1.4.	Análisis de frecuencias de Gastos Máximos Anuales	80
4.2.1.4.1.	Ajuste con la función de distribución Gumbel dos poblaciones	83
4.2.1.4.2.	Ajuste con la función de distribución Gumbel	90
4.2.1.5.	Cálculo de la Avenida de Diseño	94
4.2.1.6.	Cálculo del Tránsito de Avenida	97

4.3.	Cálculo de Avenidas de Diseño y Tránsito de Avenidas mediante programas	105
4.3.1.	Obtención de gastos medios máximos anuales para distintas duraciones mediante el programa GAS1.bas	105
4.3.2.	Ajuste de una muestra y extrapolación de datos de una función de distribución de probabilidad por medio del programa AX.exe	107
4.3.3.	Ajuste de una muestra y extrapolación de datos con la función de distribución de probabilidad Gumbel dos poblaciones QG2P.exe	109
4.3.4.	Obtención de Tránsitos de Avenidas mediante el programa TRATE.bas	111
5.	Actualización de las avenidas de diseño del sistema de presas del Río Grijalva	115
5.1.	Introducción	115
5.2.	Avenidas de diseño para la presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura” (cuenca propia de La Angostura)	116
5.2.1.	Avenida máxima histórica	116
5.2.2.	Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales	116
5.2.3.	Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales	132
5.2.4.	Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)	134
5.2.4.1.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10$ años	135
5.2.4.2.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 50$ años	135
5.2.4.3.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 100$ años	135
5.2.4.4.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 500$ años	135
5.2.4.5.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 1,000$ años	136
5.2.4.6.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 5,000$ años	136
5.2.4.7.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	136
5.2.5.	Cálculo del tránsito de avenidas	144
5.2.5.1.	Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 100$ años	145
5.2.5.2.	Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 5,000$ años	145
5.2.5.3.	Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	145
5.2.6.	Resumen de resultados y conclusiones	146
5.3.	Avenidas de diseño para la presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén” (cuenca propia de Chicoasén)	149
5.3.1.	Avenida máxima histórica	149
5.3.2.	Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales	149
5.3.3.	Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales	158
5.3.4.	Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)	159
5.3.4.1.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10$ años	161
5.3.4.2.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 50$ años	161
5.3.4.3.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 100$ años	162
5.3.4.4.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 500$ años	162
5.3.4.5.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 1,000$ años	162
5.3.4.6.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 5,000$ años	163
5.3.4.7.	Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	163
5.3.5.	Cálculo del tránsito de avenidas	173
5.3.5.1.	Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 100$ años	174
5.3.5.2.	Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 5000$ años	175
5.3.5.3.	Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	175
5.3.6.	Resumen de resultados y conclusiones	178
5.4.	Avenidas de diseño para la presa Netzahualcóyotl “Malpaso” (cuenca propia de Malpaso, desde Angostura hasta Malpaso)	180
5.4.1.	Avenida máxima histórica	180
5.4.2.	Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales	180

5.4.3. Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales	195
5.4.4. Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)	196
5.4.4.1. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10$ años	196
5.4.4.2. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 50$ años	197
5.4.4.3. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 100$ años	197
5.4.4.4. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 500$ años	197
5.4.4.5. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 1,000$ años	198
5.4.4.6. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 5,000$ años	198
5.4.4.7. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	198
5.4.5. Cálculo del tránsito de avenidas	207
5.4.5.1. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 1000$ años	208
5.4.5.2. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 5000$ años	208
5.4.5.3. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	208
5.4.6. Resumen de resultados y conclusiones	209
5.5. Avenidas de diseño para la presa Ángel Albino Corzo “Peñitas” (cuenca propia de Peñitas)	215
5.5.1. Avenida máxima histórica	215
5.5.2. Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales	215
5.5.3. Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales	227
5.5.4. Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)	228
5.5.4.1. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 50$ años	230
5.5.4.2. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 100$ años	231
5.5.4.3. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	231
5.5.5. Cálculo del tránsito de avenidas	236
5.5.5.1. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 50$ años	236
5.5.5.2. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 100$ años	237
5.5.5.3. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años	237
5.5.6. Resumen de resultados y conclusiones	237
6. Conclusiones y Recomendaciones	243
Apéndice A	249
Apéndice B	257
Apéndice C	269
Bibliografía	273

Índice de figuras

2.1. Regiones Hidrológicas (Fuente CNA).	11
2.2. Región Hidrológica No. 30.	12
2.3. Cuenca Grijalva-Usumacinta (Fuente CFE 1976).	13
2.4. Porciones de la cuenca del Río Grijalva.	14
2.5. Fisiografía de la cuenca del Río Grijalva.	14
2.6. Sistema del Río Grijalva.	15
2.7. Presas del Río Grijalva alojadas en la cuenca del Río Grijalva.	17
2.8. Perfil del Sistema de Río Grijalva.	17
2.9. Presa Netzahualcóyotl “Malpaso”.	18
2.10. Cuenca propia de Malpaso.	19
2.11. Cortina de la Presa Netzahualcóyotl.	20
2.12. Diques Auxiliares.	21
2.13. Ubicación de los tres Diques.	21
2.14. Túneles de desvío de la Presa Malpaso.	22
2.15. Obras de Excedencia y Control.	22
2.16. Vertedores de la Presa Malpaso.	23
2.17. Conducción a presión de la Presa Malpaso.	23
2.18. Planta General de la Presa Netzahualcóyotl “Malpaso”.	24
2.19. Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”.	25
2.20. Cuenca propia Angostura.	25
2.21. Sección máxima de la Presa La Angostura.	26
2.22 (a). Sección longitudinal del vertedor.	27
2.22 (b). Planta del vertedor.	27
2.23. Sección terminal del vertedor en salto de esquí.	27
2.24. Sección transversal de la casa de máquinas.	28
2.25. Planta General de la Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”.	29
2.26. Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”.	30
2.27. Cuenca propia de Chicoasén.	31
2.28. Cortina de la Presa Chicoasén.	32
2.29 (a). Perfil del vertedor.	32
2.29 (b). Planta de los vertedores.	33
2.30. Tubería a presión y casa de máquinas de la Presa Chicoasén.	33
2.31. Planta General de la Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”.	34
2.32. Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”.	35
2.33. Cuenca propia de Peñitas.	35
2.34. Cortina de la Presa Peñitas.	36
2.35. Perfil del vertedor de la Presa Peñitas.	37
2.36 (a). Vertedor aguas arriba.	37
2.36 (b). Vertedor aguas abajo.	37

2.37. Perfil del Conducto a Presión.	38
2.38 (a). Casa de máquinas (perfil).	38
2.38 (b). Casa de máquinas (planta).	39
2.39. Planta General de la Presa Ángel Alvino Corzo “Peñitas”.	40
3.1. El conjunto A es subconjunto de B.	46
3.2. Eventos mutuamente excluyentes y conjuntamente exhaustivos.	46
3.3. $P(A \cup B)$	47
3.4. Concepto de variable aleatoria.	48
3.5. Características de una variable aleatoria.	48
3.6. Función de probabilidad.	49
3.7. Función densidad de probabilidad.	51
3.8. Función de distribución de probabilidad acumulada.	52
3.9. La media es la abscisa del centroide.	54
3.10. Análisis de costos anuales de obras para la determinación de periodos de retorno.	61
3.11. Función distribución de Gumbel.	63
3.12. Distribución de probabilidad Gumbel dos poblaciones.	68
3.13. Ajuste con la distribución de probabilidad G2P.	71
3.14. Ajuste con la distribución de probabilidad G2P.	71
4.1. Estimación de $n_{qc} = 4$. Presa La Angostura.	84
4.2. Ajuste mediante la función de distribución de probabilidad Gumbel Dos Poblaciones. Duración 1 día. Presa La Angostura.	89
4.3. Ajuste mediante la función de distribución de probabilidad Gumbel. Duración 50 días. Presa La Angostura.	93
4.4. Curva Gasto-Duración-Periodo de Retorno Q-d-Tr. Seleccionando la Función Gumbel Dos Poblaciones de 1 a 24 días y Gumbel de 25 a 60 días. La Angostura, Chis.	94
4.5. Avenida de Diseño para $Tr = 10,000$ años. La Angostura, Chis.	97
4.6. Hidrograma de entrada a una presa.	99
4.7. Almacenamiento que se produce en un embalse en el primer intervalo Δt_1	99
4.8. Hidrograma de entrada y salida de un embalse con vertedor de cresta libre.	101
4.9. Diagrama de flujo para el cálculo del Tránsito de Avenidas mediante el método de aproximaciones sucesivas (CFE, 1981).	102
4.10. Curva elevaciones-capacidades. Presa La Angostura, Chis.	104
4.11. Tránsito de la Avenida. Presa La Angostura, Chis. $E_0 = 533$ (msnm). $Tr = 10,000$ años.	105
4.12. Matriz de ingresos diarios (m^3/s). Presa La Angostura.	106
4.13. Archivo .dat de vectores independientes.	107
4.14. Archivo .aju Gastos máximos duración 1 día. Presa La Angostura, Chis.	107
4.15. Archivo .res (año, mes, día, $Q_{m\acute{a}x}$). Presa La Angostura, Chis.	107
4.16. Resumen de errores estándar de ajuste.	108
4.17. Submenús de ajuste de una función.	108
4.18. Impresión de resultados. Archivo .max.	108
4.19. Archivo de entrada “Registros.dat”.	109
4.20. Archivo de salida “Resultados.dat” mediante el programa QG2P.exe.	110
4.21. Archivo de entrada.	112
4.22. Archivo de salida “.res”.	112
5.1. Avenida máxima histórica registrada del primero de septiembre al 31 de octubre de 2005. Presa La Angostura, Chis.	116
5.2. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=1$ día, $P=0.85$. Presa La Angostura.	133

5.3. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=10$ días, $P=0.85$. Presa La Angostura.	133
5.4. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=24$ días, $P=0.85$. Presa La Angostura.	133
5.5. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel, $d=25$ días. Presa La Angostura.	133
5.6. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. La Angostura.	134
5.7. Hidrograma de diseño, $Tr = 10$ años. Presa La Angostura, Chis.	137
5.8. Hidrograma de diseño, $Tr = 50$ años. Presa La Angostura, Chis.	138
5.9. Hidrograma de diseño, $Tr = 100$ años. Presa La Angostura, Chis.	139
5.10. Hidrograma de diseño, $Tr = 500$ años. Presa La Angostura, Chis.	140
5.11. Hidrograma de diseño, $Tr = 1,000$ años. Presa La Angostura, Chis.	141
5.12. Hidrograma de diseño, $Tr = 5,000$ años. Presa La Angostura, Chis.	142
5.13. Hidrograma de diseño, $Tr = 10,000$ años. Presa La Angostura, Chis.	143
5.14. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, $Tr = 100$ años. Elevación inicial $E = 533$ (msnm). Estudio 2010.	146
5.15. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 533$ (msnm). Estudio 2010.	147
5.16. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, $Tr = 10,000$ años. Elevación inicial $E = 533$ (msnm). Estudio 2010.	147
5.17. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, $Tr = 10,000$ años. Elevación inicial $E = 533$ (msnm). Estudio 2006.	148
5.18. Avenida máxima histórica registrada del 4 al 8 de octubre de 2005. Presa Chicoasén, Chis.	149
5.19. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=1$ día, $P=0.85$. Presa Chicoasén.	158
5.20. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=10$ días, $P=0.85$. Presa Chicoasén.	158
5.21. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. Chicoasén.	159
5.22. Hidrograma de gastos medios diarios y Gastos horarios registrados del 4 al 8 de octubre del 2005. Chicoasén, Chis.	160
5.23. Hidrograma adimensional (dividido entre el gasto pico de la avenida del 4 al 8 de octubre del 2005). Chicoasén, Chis.	160
5.24. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=10$ años. Presa Chicoasén, Chis.	166
5.25. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=10$ años. Presa Chicoasén, Chis.	166
5.26. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=10$ años. Presa Chicoasén, Chis.	166
5.27. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=50$ años. Presa Chicoasén, Chis.	167
5.28. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=50$ años. Presa Chicoasén, Chis.	167
5.29. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=50$ años. Presa Chicoasén, Chis.	167
5.30. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=100$ años. Presa Chicoasén, Chis.	168
5.31. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=100$ años. Presa Chicoasén, Chis.	168
5.32. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=100$ años. Presa Chicoasén, Chis.	168
5.33. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=500$ años. Presa Chicoasén, Chis.	169
5.34. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=500$ años. Presa Chicoasén, Chis.	169
5.35. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=500$ años. Presa Chicoasén, Chis.	169
5.36. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=1,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	170
5.37. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=1000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	170
5.38. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=1,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	170
5.39. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=5,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	171
5.40. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=5000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	171
5.41. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=5,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	171
5.42. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	172
5.43. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	172
5.44. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.	172

5.45. Avenida de diseño para un $Tr=5,000$ años. Presa Chicoasén, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000 \text{ (m}^3/\text{s)}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008. . . .	173
5.46. Avenida de diseño para un $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000 \text{ (m}^3/\text{s)}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008. . . .	173
5.47. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 100$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2006.	176
5.48. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 100$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.	176
5.49. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2006.	176
5.50. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.	177
5.51. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2006.	177
5.52. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.	177
5.53. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, considerando operación de La Angostura durante la avenida. $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.	178
5.54. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, considerando operación de La Angostura ;durante la avenida. $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008. .	178
5.55. Avenida máxima histórica registrada del primero de septiembre al 31 de octubre de 1980. Presa Malpaso, Chis.	180
5.56. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=1$ día, $P=0.85$. Presa Malpaso.	195
5.57. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=15$ días, $P=0.85$. Presa Malpaso.	195
5.58. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. Malpaso	196
5.59. Hidrograma de diseño, $Tr = 10$ años. Presa Malpaso, Chis.	199
5.60. Hidrograma de diseño, $Tr = 50$ años. Presa Malpaso, Chis.	200
5.61. Hidrograma de diseño, $Tr = 100$ años. Presa Malpaso, Chis.	201
5.62. Hidrograma de diseño, $Tr = 500$ años. Presa Malpaso, Chis.	202
5.63. Hidrograma de diseño, $Tr = 1000$ años. Presa Malpaso, Chis.	203
5.64. Hidrograma de diseño, $Tr = 5000$ años. Presa Malpaso, Chis.	204
5.65. Hidrograma de diseño, $Tr = 10000$ años. Presa Malpaso, Chis.	205
5.66. Avenida de diseño para un $Tr=1,000$ años. Presa Malpaso, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000 \text{ (m}^3/\text{s)}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008. . . .	206
5.67. Avenida de diseño para un $Tr=5,000$ años. Presa Malpaso, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000 \text{ (m}^3/\text{s)}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008. . . .	206
5.68. Avenida de diseño para un $Tr=10,000$ años. Presa Malpaso, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000 \text{ (m}^3/\text{s)}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008. . . .	206
5.69. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 1000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.	210
5.70. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.	210
5.71. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.	210
5.72. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 1000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.	211
5.73. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.	211
5.74. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.	211

5.75. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 1000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.	212
5.76. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.	212
5.77. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.	212
5.78. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 1000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.	213
5.79. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.	213
5.80. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.	213
5.81. Avenida máxima histórica registrada del 24 de noviembre al 4 de diciembre de 2003. Presa Peñitas, Tab.	215
5.82. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=1$ día, $P=0.85$. Presa Peñitas.	228
5.83. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel, $d=2$ días, Presa Peñitas.	228
5.84. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. Peñitas.	229
5.85. Hidrograma de gastos medios diarios y gastos horarios registrados del 24 de noviembre al 4 de diciembre del 2003. Peñitas, Tab.	230
5.86. Hidrograma adimensional y determinación de los factores para dar forma al pico de la avenida del año 2003. Presa Peñitas, Tab.	230
5.87. Hidrograma de diseño, $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab.	233
5.88. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab.	233
5.89. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab.	233
5.90. Hidrograma de diseño, $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab.	234
5.91. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab.	234
5.92. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, incluye descargas de Malpaso. $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab.	234
5.93. Hidrograma de diseño, $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab.	235
5.94. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab.	235
5.95. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, incluye descargas de Malpaso. $Tr = 10,000$ años. Peñitas, Tab.	235
5.96. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2006.	238
5.97. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.	238
5.98. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.	238
5.99. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), incluye descargas de Malpaso. $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2006.	239
5.100. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.	239
5.101. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), incluye descargas de Malpaso. $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.	239
5.102. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), incluye descargas de Malpaso. $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2006.	240
5.103. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.	240

5.104. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ (msnm), incluye descargas de Malpaso. Tr = 10,000 años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.	240
C.1. Hidrograma anual de escurrimiento.	270
C.2. Principales componentes de un vaso de almacenamiento.	270
C.3. Elementos de un aprovechamiento hidráulico superficial.	272

Índice de tablas

1.1. Datos originales de la avenidas de diseño y de los vertedores de la presas del complejo Grijalva.	4
1.2. Hidrogramas de diseño del complejo Grijalva. Tr=10,000 años (Estudio 1993 IIUNAM).	4
1.3. Gastos pico y volúmenes de avenidas (Estudio 1993).	5
1.4. Gastos pico y volúmenes de avenidas. Tr=10,000 años (Estudio 2000).	5
1.5. Hidrogramas de diseño del complejo Grijalva. Tr=10,000 años (Estudio 2000 IIUNAM).....	6
2.1 Regiones hidrológicas-Administrativas (Fuente INEGI).	10
2.2 Extensión de la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta (Fuente INEGI).	11
2.3. Energía Hidroeléctrica en las presas del Río Grijalva.	16
2.4. Presas del Río Grijalva (CFE 2009).	17
4.1 Gastos medios diarios por cuenca propia (m^3/s).	76
4.2 Cálculo del gasto medio diario máximo anual en (m^3/s), para 60 días de duración correspondiente al año de 1950. Presa La Angostura.	81
4.3 Parámetros óptimos por medio del Algoritmo de Rosenbrock.	86
4.4. Análisis de frecuencias de gastos máximos ajustados con la función Gumbel Dos Poblaciones G2P. Duración 1 día (1950-1973, 1977-2010). Presa La Angostura.	87
4.5. Extrapolación probabilística con duración 1 día. Presa La Angostura.	89
4.6. Análisis de frecuencias de gastos máximos ajustados con la función Gumbel. Duración 50 días (1950-1973, 1977-2010). Presa La Angostura.	92
4.7. Extrapolación probabilística con duración de 50 días. Presa La Angostura.	93
4.8. Hidrograma de Diseño para Tr = 10,000 años. La Angostura (al 2010).	96
5.1. Gastos medios diarios por cuenca propia, (m^3/s). Presa La Angostura, Chis.	117
5.2. Gastos medios diarios máximos anuales, (m^3/s). Presa La Angostura, Chis.	131
5.3. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. La Angostura.	133
5.4. Avenidas de diseño, Tr = 10 años. La Angostura, Chis.	137
5.5. Avenidas de diseño, Tr = 50 años. La Angostura, Chis.	138
5.6. Avenidas de diseño, Tr = 100 años. La Angostura, Chis.	139
5.7. Avenidas de diseño, Tr = 500 años. La Angostura, Chis.	140
5.8. Avenidas de diseño, Tr = 1,000 años. La Angostura, Chis.	141
5.9. Avenidas de diseño, Tr = 5,000 años. La Angostura, Chis.	142
5.10. Avenidas de diseño, Tr = 10,000 años. La Angostura, Chis.	143
5.11. Curva elevaciones-capacidades. Presa La Angostura, Chis. (CFE).	144
5.12. Política de operación ($EvsQ_s$).	146
5.13. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa La Angostura, Chis.	148
5.14. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa La Angostura, Chis.	148
5.15. Gastos medios diarios por cuenca propia, (m^3/s). Presa Chicoasén, Chis.	150
5.16. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m^3/s). Presa Chicoasén, Chis.	157
5.17. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. Chicoasén.	158

5.18. Avenidas de diseño, Tr = 10 años. Chicoasén, Chis.	163
5.19. Avenidas de diseño, Tr = 50 años. Chicoasén, Chis.	164
5.20. Avenidas de diseño, Tr = 100 años. Chicoasén, Chis.	164
5.21. Avenidas de diseño, Tr = 500 años. Chicoasén, Chis.	164
5.22. Avenidas de diseño, Tr = 1,000 años. Chicoasén, Chis.	165
5.23. Avenidas de diseño, Tr = 5,000 años. Chicoasén, Chis.	165
5.24. Avenidas de diseño, Tr = 10,000 años. Chicoasén, Chis.	165
5.25. Curva elevaciones-capacidades. Presa Chicoasén, Chis. (CFE)	174
5.26. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa Chicoasén, Chis.	179
5.27. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa Chicoasén, Chis.	179
5.28. Gastos medios diarios por cuenca propia, (m ³ /s). Presa Malpaso, Chis.	181
5.29. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m ³ /s). Presa Malpaso, Chis.	193
5.30. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. Malpaso.	195
5.31. Avenidas de diseño, Tr = 10 años. Malpaso, Chis.	199
5.32. Avenidas de diseño, Tr = 50 años. Malpaso, Chis.	200
5.33. Avenidas de diseño, Tr = 100 años. Malpaso, Chis.	201
5.34. Avenidas de diseño, Tr = 500 años. Malpaso, Chis.	202
5.35. Avenidas de diseño, Tr = 1000 años. Malpaso, Chis.	203
5.36. Avenidas de diseño, Tr = 5000 años. Malpaso, Chis.	204
5.37. Avenidas de diseño, Tr = 10000 años. Malpaso, Chis.	205
5.38. Curva elevaciones-volúmenes-capacidades (sin restricción). Presa Malpaso, Chis. (CFE).	207
5.39. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa Malpaso, Chis.	214
5.40. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa Malpaso, Chis. IIUNAM.	214
5.41. Gastos medios diarios por cuenca propia, (m ³ /s). Presa Peñitas, Tab.	216
5.42. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m ³ /s). Presa Peñitas, Tab.	227
5.43. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. Peñitas.	228
5.44. Avenidas de diseño, Tr = 50 años. Peñitas, Tab.	232
5.45. Avenidas de diseño, Tr = 100 años. Peñitas, Tab.	232
5.46. Avenidas de diseño, Tr = 10000 años. Peñitas, Tab.	232
5.47. Curva elevaciones-volúmenes-capacidades Presa Peñitas. (CFE)	236
5.48. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa Peñitas, Tab.	241
5.49. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa Peñitas, Tab. IIUNAM.	241

Resumen

Dadas las características excepcionales de las avenidas ocurridas en octubre de 1999 y septiembre del 2005 en la cuenca del Río Grijalva (sureste mexicano), las avenidas de diseño del Complejo Hidroeléctrico Grijalva se actualizaron, a partir de un análisis de gastos medios diarios tomando en cuenta los registros históricos que se han presentado hasta el año 2008. Se estimaron avenidas de diseño con periodos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años correspondientes a las presas La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. Se efectuaron tránsitos de avenidas para periodos de retorno de 5000 y 10000 años, según los resultados de los tránsitos de avenidas, el nivel en el embalse de las presas La Angostura y Malpaso podría superar el nivel del NAMO; por lo tanto se sugiere realizar un análisis más detallado para definir mejores políticas de operación de los vertedores de estas últimas presas.

Palabras clave: *avenidas de diseño, tránsito de avenidas, Río Grijalva, presas.*

Abstract

As a consequence of the floods registered on October of 1999 and September of 2005 in the Grijalva River watershed (southeastern of México), the design floods of the Grijalva Hydroelectric Complex were updated, base on the daily average inflows, taking into account the observed flows recorded until to 2008. The inflows hydrographs were estimated for return periods of 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 and 10000 years corresponding to La Angostura, Chicoasén, Malpaso and Peñitas dams. Consequently flood routings were performed for return periods of 5000 and 10000 years, hence of the obtained results, the level in the reservoir of the La Angostura and Malpaso dams could exceed to maximum water level (MWL). Therefore a more detailed analysis to get better operating policies in the spillways of the dams La Angostura and Malpaso was suggested.

Keywords: *design floods, floods routing, Grijalva River, dams.*

Introducción

El Sistema de Presas del Río Grijalva juega un papel muy importante como regulador de los volúmenes provenientes de las avenidas extraordinarias que se generan en la región de Chiapas y Tabasco; de ahí que el buen diseño y la correcta operación de sus obras de excedencias sea fundamental para evitar daños por inundaciones que suelen afectar las condiciones de vida y producción de la población tabasqueña, dejando un saldo de cientos de damnificados y muertes de personas.

Dadas las características excepcionales de las avenidas que se han presentado en 1999, 2005 y 2010 en la cuenca del Río Grijalva, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) solicitó al Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) la actualización de las avenidas de diseño, lo cual motivó a la realización del presente trabajo de investigación.

La regulación que ofrece el sistema Grijalva es fundamental para evitar mayores daños a la población, ya que de no existir las presas del complejo Grijalva se presentarían volúmenes de magnitud importante adicionales a los que comúnmente afectan a la planicie tabasqueña, situación que sería sumamente devastadora para la infraestructura y economía del estado de Tabasco. En la cuenca del Río Grijalva-Usumacinta específicamente el Sistema de Presas del Grijalva se deben realizar estudios hidrológicos de manera constante para el manejo óptimo de los vertedores de las presas, debido a que en los últimos años se han presentado eventos extremos cada vez con mayor frecuencia; los científicos consideran que las variaciones en los caudales pueden estar asociados al fenómeno del cambio climático en el orbe.

Una avenida es un fenómeno hidrológico ocasionado por precipitaciones, que se generan mediante la combinación de corrientes de aire frío (frentes) y almacenamiento de humedad originada en las partes altas como lo son las montañas. Las avenidas extremas se definen

por su gasto pico y su volumen total de entrada al embalse, son de vital importancia para el diseño de los aprovechamientos hidráulicos, especialmente para las obras de control.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental actualizar las avenidas de diseño, para periodos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años correspondientes a las cuencas propias de las Presas: Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”, Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”, Netzahualcōyotl “Malpaso” y Ángel Albino Corzo “Peñitas”, utilizando el método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, además de verificar que los niveles en los embalses de las presas no rebasen el NAME.

El capítulo 1, “Antecedentes”, aborda los aspectos generales sobre avenidas de diseño, así como la importancia que se tiene al actualizarlas a través del tiempo, se discute los estudios realizados con anterioridad en el Sistema de Presas del Río Grijalva, se comparan las avenidas de diseño estimadas en los estudios de 1993 con los reportados en el año 2000.

A continuación, en el capítulo 2, “Descripción de la zona en estudio”, se describen las características principales de la cuenca del Río Grijalva, como son: localización, hidrología y por supuesto las centrales hidroeléctricas que integran dicha cuenca. Se describe el impacto que tiene el Complejo Grijalva en la generación hidroeléctrica nacional y la aportación respecto a la capacidad total nacional.

Con el propósito de tener fundamentos sólidos de Probabilidad y Estadística, se presenta el capítulo 3, “Elementos de Probabilidad y Estadística”, en este capítulo se presentan conceptos generales utilizados en este estudio, tales como: periodo de retorno, cálculo de funciones de distribución de probabilidad de variables aleatorias continuas más usadas en hidrología; específicamente la distribución general de valores extremos tipo I (Gumbel) y Gumbel mixta (2 poblaciones) aplicando el algoritmo de Rosenbrock para estimar sus parámetros estadísticos.

En el capítulo 4 “Estimación de avenidas de diseño”, se desarrolla el procedimiento de cálculo de una avenida de diseño a través del análisis estadístico de escurrimientos medios diarios aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Se describe la metodología para estimar tránsitos de avenidas empleando el método de aproximaciones sucesivas. De manera general se aborda el manejo de programas para estimar gastos medios máximos anuales, extrapolación probabilística de eventos de diseño para diferentes periodos de retorno y tránsitos de avenidas.

En el capítulo 5, “Actualización de las avenidas de diseño del sistema de presas del Río Grijalva”, se aplica la metodología para estimar las avenidas de diseño para cada una de las cuatro presas. En lo que respecta a la Presa La Angostura se presenta la comparación de gastos pico, volúmenes de avenidas y tránsitos de las avenidas de diseño correspondientes a los estudios realizados en los años 2006, 2009 y 2010. Para las Presas Chicoasén, Malpaso y Peñitas se hace la comparación respecto a los resultados obtenidos en los estudios 2006 y 2008.

Finalmente en el capítulo 6, se reportan las principales conclusiones y recomendaciones derivados de este estudio; en este capítulo se reflexiona sobre los daños que pudiesen causar al no contar con una óptima política de operación, sobre todo en las presas de La Angostura y Malpaso.

Se incluyen los siguientes apéndices: **Apéndice A**, “Algoritmo de Rosenbrock para variables no restringidas”, se presenta la metodología para programar dicho algoritmo en lenguaje FORTRAN 2003; en el **Apéndice B**, “Cálculo de gastos máximos de diseño para diferentes periodo de retorno”, se presenta el código fuente del programa QG2P.exe en FORTARN 2003 programado por Luis Eusebio Ramírez Salazar, este programa calcula gastos de diseño para diferentes periodos de retorno; el **Apéndice C**, “Componentes de un vaso de almacenamiento de una presa”, se refiere a los tipos de almacenamiento y sus características de interés en hidrología.

Es importante mencionar que este trabajo también tiene el propósito de ser una herramienta útil para los estudiantes de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, que engloba los conceptos relativos a la estimación de avenidas de diseño empleando el método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, debido a que este tema no está difundido en gran medida en los planes de estudio a nivel Licenciatura.

Capítulo 1

Antecedentes

1.1. Aspectos generales sobre Avenidas de Diseño

Las avenidas son escurrimientos que pueden ser naturales, como los que son consecuencia de eventos de tormentas, derretimiento de depósitos de nieve (glaciares) o de lluvias ocasionadas por ciclones; pero también pueden ser inducidas por el hombre, ante una inadecuada operación de una obra hidráulica. Cuando los escurrimientos presentan condiciones extremas importantes de manera excesiva, pueden ocasionar desbordamiento en los ríos provocando inundaciones en las poblaciones cercanas; dando como resultado pérdidas de vidas humanas, pérdidas de vida silvestre, daños a la agricultura y a la industria, dichas catástrofes generan problemas serios en el ámbito socioeconómico; para disminuir el riesgo de su ocurrencia, el ingeniero civil es el encargado de diseñar y construir obras hidráulicas de control que permitan almacenar el agua en exceso, a fin de disponer de ella en forma regular (Alvarado, C.A.J., 1993), (Aparicio, M.F.J., 2005).

Una de las primeras y principales obras de control creadas en la ingeniería civil es la construcción de presas, su propósito principal es retener el curso de un río con el fin de controlar el caudal de agua. Las presas pueden tener usos diversos como son: almacenar agua para riego, consumo humano, generación de energía eléctrica, regulación de ríos, control de inundaciones, etc. Durante la etapa de planeación y diseño de una presa, para

garantizar de manera segura y eficaz el desalojo de los volúmenes excedentes presentes en el embalse, el diseño final debe evitar derrames catastróficos y permitir una adecuada operación de la presa por ello el ingeniero diseña una estructura llamada obra de excedencia para proteger la presa y el sobre-almacenamiento para disminuir las descargas hacia aguas abajo. Para ello utiliza un diseño hidrológico llamado avenida de diseño y posteriormente transitar dicha avenida (Domínguez et al., 1981).

Uno de los objetivos más importantes de la ingeniería hidrológica es la obtención de la avenida de diseño. La avenida de de diseño es la que determina la capacidad de descarga y dimensionamiento de un vertedor u obra de excedencia. Para diseñar una obra de excedencia se necesita determinar las avenidas que podrían pasar por el vertedor, ya sea determinando las avenidas que se presentan únicamente en condiciones extraordinarias, o aquéllas que frecuentemente se tendrán que manejar. Además para obtener un buen dimensionamiento del vertedor se consideran dos variables de suma importancia, por un lado el costo de la construcción de la obra y por otro los daños que causarían en caso de que ésta fallara (Vázquez, C.M.T., 1995).

La información hidrológica necesaria para la obtención de la avenida de diseño, consiste en registros de la variación del gasto respecto al tiempo (hidrograma), en el sitio donde estará la presa, así como registros de la variación en el tiempo respecto a las alturas de lluvia (hietograma) en la cuenca que drena hacia el sitio de la presa. Para poder diseñar modelos que pudiesen presentarse en el futuro es necesario contar con datos de escurrimientos y precipitaciones producidas por tormentas ocurridas en el pasado y así poder realizar una confiable estimación de avenidas de diseño.

La posición geográfica (influenciada por la precipitación y temperatura, sujeta o no a la acción de huracanes) y la fisiografía (topografía e infiltración) de la cuenca, muestran una gran variedad de condiciones climáticas que influyen en la magnitud de la avenida, lo que da lugar a una diversidad de métodos con los que se puede calcular la avenida de diseño del vertedor.

En la literatura relacionada con el cálculo de avenidas de diseño generalmente se conocen dos métodos que se utilizan con mayor frecuencia en el mundo. Uno de ellos es el método estadístico y por otro lado los métodos hidrometeorológicos o también llamados de relación de lluvia-escurrimiento. Los métodos estadísticos describen el comportamiento de los gastos picos ocasionados por una avenida, dichos gastos quedan registrados en una estación hidrométrica. Estos registros de gastos se comportan mediante fenómenos aleatorios de tipo continuo. Los métodos hidrometeorológicos se desarrollan en dos pasos: cálculo de la tormenta de diseño, que a su vez se transformara en la avenida mediante un modelo de relación lluvia-escurrimiento (Monsalve, S.G., 1999).

1.2. Importancia de actualizar Avenidas de Diseño

El cálculo de avenidas de diseño resulta ser un estudio de vital importancia debido a que dichas avenidas son las que se transitan por el vaso de una presa para determinar la regulación del gasto de descarga en las compuertas (políticas de operación de vertedores), así como el diseño de obras de excedencias y por lo tanto, permiten diseñar obras más seguras contra inundaciones.

Un mal diseño puede causar daños materiales, económicos y pérdidas humanas debido a inundaciones aguas abajo de la presa, las cuales varían en magnitud según si la zona donde se ubique es de tipo urbana, industrial, agrícola o bien una combinación de ellas.

En las zonas donde frecuentemente se presentan depresiones tropicales y frentes fríos como puede ser el sureste y golfo de México. Estos fenómenos aleatorios generan lluvias extremas y continuas que son las que llegan a producir inundaciones y aunado a eso, si se tienen vertedores mal diseñados, entonces ocurren verdaderas catástrofes.

Es de suma importancia actualizar las avenidas de diseño ya que de ellas depende el buen funcionamiento en los vertedores debido a eventos extremos de esta índole; determinar una adecuada política de operación que permita disminuir el riesgo de una inundación o evitar que las presas alcancen elevaciones que pongan el riesgo a la cortina, lo cual sería el peor daño causado. Una buena política de operación en los vertedores de descarga debe estar apoyada en una estimación correcta de la avenida de diseño (Domínguez et al., 1981).

La actualización de las avenidas de diseño de las obras de excedencia de grandes presas, es muy importante debido a que dichas obras fueron diseñadas con un registro histórico de un determinado número de años, y así, conforme se incrementan los años, la naturaleza se comporta de manera aleatoria y en los escurrimientos producen variaciones que hacen indispensable actualizar las avenidas de diseño para hacer una verificación de que la obra de excedencias siga funcionando adecuadamente.

1.3. Estudios realizados anteriormente sobre avenidas de diseño en el sistema de presas del Río Grijalva

1.3.1. Primeros estudios realizados

Durante la época de construcción y diseño en las presas del complejo del Grijalva se disponía de una escasa cantidad de datos, entre ellos están: la presa Malpaso (primera presa en construirse), solamente se contó con 17 años de registros hidrométricos (1952-1969); para la presa La Angostura, se disponía de 23 años de registro hidrométrico (1952-1975); para Chicoasén, se disponían 28 años y para la presa Peñitas se contaba con 35 años de registro (1952-1987). Dichas estimaciones hidrológicas de eventos máximos, básicamente se realizaron con métodos empíricos y estadísticos, extrapolados con periodos de retorno de diez mil años (Marengo et al., 2003).

En los años ochentas, específicamente en 1987, se efectuaron una serie de revisiones con métodos hidrometeorológicos. Utilizándose el método de la precipitación máxima probable (PMP), no se consideraron confiables dichos resultados, ya que no se tenía información válida de temperaturas de bulbo seco y húmedo durante varios años y sólo se efectuaron transposiciones de tormentas que ponen en duda los resultados obtenidos.

Los datos originales de gastos picos de entrada y de salida de las avenidas de diseño de cada presa se muestran en la tabla 1.1, las capacidades máximas de descarga no cambian, ya que están asociadas con el nivel máximo extraordinario (NAME) de las presa, de modo que todas las presas del complejo Grijalva tienen una gran capacidad de descarga en sus vertedores (Marengo et al., 2003).

Tabla 1.1. Datos originales de la avenidas de diseño y de los vertedores de la presas del complejo Grijalva.

Presa	Gasto pico de entrada (m ³ /s)	Volumen de las Avenidas (Mm ³)
La Angostura	23,000	8,980
Chicoasén	17,400	15,000
Malpaso	20,000	16,933
Peñitas	22, 877	18,700

1.3.2. Estudio realizado en 1993 por la CFE y el IIUNAM

Para los años noventa, la CFE (Comisión Federal de Electricidad) decidió incrementar el nivel máximo de operación de la presa La Angostura, a fin de tener un mayor almacenamiento e incrementar la reserva de energía del país.

En **1993** se revisó la información hidrológica recopilada hasta **1991** de todo el complejo Grijalva y se llegó a la conclusión de actualizar avenidas de diseño mediante un estudio hidrológico global del sistema, llegando a la siguiente conclusión: El nivel máximo de operación (NAMO) del embalse de la presa, que es la que regula todo el funcionamiento hidroeléctrico del complejo, paso de la elevación original que se tenía de 523.60 (msnm) a 533.00 (msnm); según las políticas de operación, solamente La Angostura y Malpaso tienen capacidad de regulación, mientras que Chicoasén y Peñitas deben operar con el gasto turbinado por las centrales de aguas arriba, ya que carecen de capacidad para manejar avenidas (Domínguez et al., 1993), (Marengo et al., 2003).

En la tabla 1.2 se muestran las avenidas de diseño correspondientes al estudio del año 1993; utilizando el método estadístico de escurrimientos, considerando un periodo de retorno $Tr=10,000$ años y una duración de 15 días para las presas de La Angostura, Chicoasén y Malpaso, en el caso de Peñitas se usó una duración de 5 días; en la tabla 1.3 se muestran los gastos pico de entrada y volúmenes de las avenidas obtenidas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) (Domínguez et al., 1993).

Tabla 1.2. Hidrogramas de diseño del complejo Grijalva. $Tr=10,000$ años (Estudio 1993 IIUNAM).

t (día)	La Angostura Q (m ³ /s)	Chicoasén Q (m ³ /s)	Malpaso Q (m ³ /s)	Peñitas Q (m ³ /s)
1	1724	990	1480	284
2	1829	962	1954	10828
3	1668	783	199	4212
4	2528	1267	867	470
5	2665	2170	1377	906
6	2610	5459	4206	
7	3254	3043	8192	
8	4144	1434	15866	
9	3312	1784	12305	
10	3245	2028	3258	
11	2953	1288	3156	
12	2777	922	705	
13	3012	925	2565	
14	2104	1361	1169	
15	1712	934	1873	

Tabla 1.3. Gastos pico y volúmenes de avenidas (Estudio 1993).

Presa	d (días)	IIUNAM	
		Gasto pico de entrada (m ³ /s)	Volumen de las Avenidas (Mm ³)
La Angostura	15	4144	3286
Chicoasén	15	5459	2178
Malpaso	15	15866	4926
Peñitas	5	10828	1578

1.3.3. Estudio realizado en el 2000 por la CFE, CNA y el IIUNAM

Durante los meses de septiembre y octubre de 1998 se presentaron importantes precipitaciones en la costa del estado de Chiapas, lo que causó severos daños a la población y a la infraestructura del estado. En el vaso de la presa La Angostura se registró un gasto medio diario de 5,252 (m³/s) ocurrido el 9 de septiembre de 1998. La temporada de lluvias del año 1999 afectó severamente el sureste mexicano. Así las presas La Angostura y Malpaso se llenaron por completo, y en el caso de Chicoasén y Peñitas se vertieron importantes volúmenes de agua. Los eventos extremos que ocurrieron durante el mes de octubre llevaron a que se presentara un nivel máximo de 538.20 (msnm), cuando la elevación inicial en la presa de Angostura se mantiene en los 533 (msnm); Ello obligó nuevamente a realizar la actualización de las avenidas en el año **2000** con registros medidos hasta **1999** (Domínguez et al., 2000).

Es importante mencionar que cada año el Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas (integrado por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)) establece niveles de seguridad para el comportamiento de las presas en México.

Las dependencias que realizaron estudios hidrológicos en el 2000 fueron: Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional del Agua y el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En la tabla 1.4 se muestra la comparación de resultados de gastos pico y volúmenes de avenidas y en la tabla 1.5 se indican las avenidas de diseño obtenidas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) (Domínguez et al., 2000).

Las presas como La Angostura y Malpaso son mucho más sensibles al ingreso de volúmenes que a gastos grandes; mientras que en Chicoasén y Peñitas, los gastos pico son más significativos que los volúmenes (Marengo et al., 2003).

Tabla 1.4. Gastos pico y volúmenes de avenidas. Tr=10,000 años (Estudio 2000).

Presa	CFE			IIUNAM		
	d (días)	Gasto pico de entrada (m ³ /s)	Volumen de las Avenidas (Mm ³)	d (días)	Gasto pico de entrada (m ³ /s)	Volumen de las Avenidas (Mm ³)
La Angostura	60	9724	14649	50	10114	12858
Chicoasén	10	7009	2120	15	14607	2454
Malpaso	60	18038	12320	50	18023	9788
Peñitas	5	11360	2482	10	7536	1550

Tabla 1.5. Hidrogramas de diseño del complejo Grijalva.
Tr=10,000 años (Estudio 2000 IIUNAM).

La Angostura				Malpaso				Chicoasén		Peñitas
t (día)	Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
1	2244	26	7014	1	1189	26	12511	1	478	1056
2	2310	27	2436	2	1283	27	6694	2	551	914
3	2270	28	1354	3	928	28	3370	3	0	1277
4	2642	29	3569	4	1062	29	1469	4	0	2106
5	2420	30	3669	5	1196	30	1229	5	0	7536
6	2192	31	3156	6	1316	31	578	6	1585	1502
7	2300	32	3080	7	1452	32	1198	7	3600	1574
8	2551	33	2894	8	1432	33	1991	8	14607	913
9	2642	34	2598	9	1586	34	1435	9	4593	1052
10	2733	35	2302	10	1740	35	879	10	2200	1086
11	2733	36	3078	11	1619	36	1961	11	349	
12	2837	37	2968	12	1815	37	1689	12	0	
13	2913	38	2890	13	1554	38	1912	13	0	
14	3023	39	2785	14	1825	39	1717	14	420	
15	3133	40	2680	15	2096	40	1522	15	513	
16	2450	41	2688	16	1157	41	1663			
17	2746	42	2596	17	1713	42	1509			
18	3126	43	2354	18	771	43	1520			
19	2968	44	2246	19	728	44	1384			
20	3600	45	2138	20	950	45	1248			
21	3667	46	2383	21	2059	46	1129			
22	3981	47	2307	22	2673	47	995			
23	2120	48	2343	23	4048	48	1330			
24	7316	49	2277	24	6924	49	1236			
25	10114	50	2211	25	18023	50	1142			

1.3.4. Estudios realizados en 2006 y 2009 por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)

Para el 2006 se volvió a realizar una actualización de las avenidas de diseño, debido a que en el año 2005 se presentaron avenidas extraordinarias, como consecuencia de estos fenómenos se identificaron condiciones desfavorables en las presas La Angostura, Chicoasén y Malpaso (Domínguez et al., 2006).

En el año 2009, la Comisión Federal de Electricidad solicitó la actualización de las avenidas de diseño del sistema hidroeléctrico del río Grijalva. Lo cual motivó la realización de este trabajo.

Para el estudio realizado en el 2006 se utilizaron los registros de los escurrimientos medios diarios hasta el 2005, mientras que para el estudio del 2009 se trabajó con los datos de hasta el año 2008 (IIUNAM). En el presente trabajo se estimaron las avenidas de diseño de la cuatro presas del complejo Grijalva, utilizando el registro histórico de escurrimientos medios diarios hasta el año 2008, además se hizo una comparación de resultados de las avenidas de diseño con las estimadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en el 2006.

Referencias

- 1.1. Alvarado, C.A.J. **“Cálculo de Avenidas de Diseño para vertedores de presas de almacenamiento”**. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1993.
- 1.2. Aparicio, M.F.J. **“Fundamentos de Hidrología de superficie”**. Limusa, México, 2005.
- 1.3. Campos, A.D.F. **“Procesos del ciclo hidrológico. San Luis Potosí, México”**. Universitaria Potosina, 2003.
- 1.4. Domínguez M. R., Arganis, J.M.L., **“Cálculo de registros sintéticos de ingresos por cuenca propia de un sistema de presas de la región noroeste de México caracterizada por eventos invernales”**. Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología. Vol. X No. 4, Octubre-diciembre, 2009. pp 353-361
- 1.5. Domínguez, M.R., Arganis, J.M.L., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Echeverri, V.C.A. **“Determinación de Avenidas de Diseño y ajuste de los parámetros del modelo de optimización de las políticas de operación del sistema de presas del Río Grijalva”**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Diciembre 2006.
- 1.6. Domínguez, M.R., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Arganis, J.M.L. Estudio de diferentes aspectos sobre el funcionamiento de la obra de excedencias del Proyecto Hidroeléctrico, la Angostura, Chiapas y actualización de la hidrología para el sistema de presas del Río Grijalva. **“Estudio Hidrológico de la Cuenca alta del Río Grijalva”**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Septiembre del 2000.
- 1.7. Domínguez M.R., Fuentes M.O., Franco, V. **“Avenidas de diseño”**, Capítulo A.1.10 del Manual de Diseño de Obras Civiles. CFE. México, 1981.
- 1.8. Domínguez, M.R., Mendoza, R.R., Alvarado, C.A, Márquez, U.L.E. **“Operación integral del sistema hidroeléctrico del Río Grijalva**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Julio de 1993.

- 1.9. Lynsley, R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H. **“Hydrillogy for engineers”**. McGraw-Hill, 1975.
- 1.10. Marengo, M.H., Salinas, U.O. **“Eventos extremos de 1999 en el sureste mexicano. Actualización del análisis hidrológico del complejo hidroeléctrico Grijalva, en Chiapas, México”**. Ingeniería hidráulica en México. Vol. XVIII, No 4, octubre-diciembre 2003. pp. 87-118.
- 1.11. Márquez, U,L,E. **“Avenidas de Diseño para los Vertedores de la Presas del Río Grijalva”**. Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM. 1993.
- 1.12. Monsalve, S.G. **“Hidrología en la Ingeniería”**. Alfaomega, México, 1999.
- 1.13. Ocegueda, H.V.M. **“Avenidas de Diseño”**. Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM. 1987.
- 1.14. Toledo, A. **“Ríos, costas, mares; Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México”**. Instituto Nacional de Ecología, El colegio de México, El colegio de Michoacán, México, 2003.
- 1.15. Vázquez, C.M.T. **“Procedimiento sistemático para el cálculo de la avenida de diseño en presas con gran capacidad de regulación”**. Tesis de Maestría, DEPFL.UNAM. 1995.

Capítulo 2

Descripción de la zona de estudio

2.1. Introducción

El objetivo principal de este trabajo es la descripción y aplicación del método de volúmenes utilizado en la actualización de las avenidas de diseño de las presas del Río Grijalva. Para efectuar el análisis hidrológico de la cuenca del Río Grijalva y posteriormente interpretar los resultados obtenidos, es importante conocer las características de localización, como son: hidrología, topografía y por supuesto las presas que integran la cuenca del Río Grijalva.

El sistema de presas hidroeléctricas analizado se localiza dentro de la Cuenca del Río Grijalva, en el estado de Chiapas, México; comprende a las presas: Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”, Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”, Presa Netzahualcóyotl “Malpaso” y la Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”.

Para conocer de manera general la ubicación de la zona de estudio, se presenta a continuación la división de México en regiones hidrológicas, incluyendo la del sitio de

interés, también se presenta las características generales de la cuenca Grijalva-Usumacinta y en particular la cuenca del Río Grijalva, finalmente se explican de manera general las características generales de las presas del Río Grijalva.

2.2. Regiones Hidrológicas de México

En los años sesenta la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) dividió a México en 37 regiones hidrológicas, con el objetivo de estudios hidrológicos y de calidad del agua. La Comisión Nacional del Agua (CNA), ha dividido a México, hidrológicamente, en 13 regiones Hidrológico-Administrativas, dichas regiones administrativas se subdividen en 37 regiones hidrológicas. **Una región hidrológica es la agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares.** En la tabla 2.1 se muestran las 37 regiones en que está dividido el país hidrológicamente. En la Fig. 2.1 se representa gráficamente dichas divisiones.

Tabla 2.1 Regiones hidrológicas-Administrativas (Fuente INEGI).

Regiones hidrológicas de México				
Administrativas	Regiones hidrológicas	Administrativas	Regiones hidrológicas	
I. Península de baja california	1. Baja california noroeste (Ensenada)	VII. Cuencas Centrales del Norte	35. Mapimi	
	2. Baja california centro oeste (El vizcaíno)		36. Nazas-Aguanaval	
	3. Baja california suroeste (Magdalena)		37. El Salado	
	II. Noroeste	4. Baja california noroeste (Laguna salada)	VIII. Lerma Santiago Pacífico	12. Lerma-Santiago
		5. Baja california centro este (Santa Rosalía)		13. Huicicila
		6. Baja california sureste (La paz)		14. Ameca
		7. Río colorado		15. Costa de Jalisco
III. Pacifico Norte	8. Sonora norte	IX. Golfo Norte		16. Armería-Coahuayana
	9. Sonora sur			25. San Frenado Soto La Marina
IV. Balsas	10. Sinaloa	X. Golfo Centro		26. Panuco
	11. Presidio-San Pedro		27. Tuxpan-Nautla	
V. Pacifico Sur	17. Costa de Michoacán	XI. Frontera Sur	28. Papaloapan	
	18. Balsas		29. Coatzacoalcos	
	19. Costa Grande	XII. Península de Yucatán	23. Costa de Chiapas	
	20. Costa Chica-Río Verde		30. Grijalva-Usumacinta	
VI. Río Bravo	21. Costa de Oaxaca	XIII. Aguas del Valle de México	31. Yucatán Oeste (Campeche)	
	22. Tehuantepec		32. Yucatán Norte (Yucatán)	
	24. Bravo Conchos		33. Yucatán Este (Quintana Roo)	
Endorreicas	24. Bajo Bravo		Parte de la 18 (Balsas)	
	24. Bravo (Amistad-Falcón)			
	34. Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes)			



Figura 2.1. Regiones Hidrológicas (Fuente CNA).

2.1.1. Región hidrológica No. 30 Grijalva-Usumacinta

La región hidrológica número 30 (RH30), Grijalva-Usumacinta se localiza en el sureste de la República Mexicana. Comprende la mayor parte de los estados de Chiapas con el 85.53% de su superficie estatal y Tabasco con 75.22%, y pequeñas porciones de Campeche con 33.04%, Oaxaca con 1.02% y Veracruz con 0.10% de su superficie estatal. Por tanto la Región Hidrológica No. 30 posee una extensión continental de 102,641 (km²). En la tabla 2.2 se muestra la extensión territorial de cada estado involucrado por la RH30. La región Hidrológica No. 30 es la más húmeda del país y aloja a los ríos más caudalosos; El Río Usumacinta y el Río Grijalva, ambos desembocan en el Golfo de México.

Tabla 2.2 Extensión de la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta (Fuente INEGI).

Superficie de la Región Hidrológica No 30 Grijalva-Usumacinta					
Estado	Cuenca	% de la superficie estatal	Superficie estatal en, Km ²	% de la superficie del país	Superficie RH30 estatal en, km ²
Chiapas	R. Usumacinta	6.30	74451	3.8	63678
	R. Chixoy	0.77			
	R. Grijalva-Villahermosa	15.78			
	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	22.28			
	R. Grijalva-La Concordia	17.58			
	R. Lacantún	22.82			
Total	85.53				
Tabasco	R. Usumacinta	29.24	25470	1.3	19159
	L. de Términos	4.53			
	R. Grijalva- Villahermosa	41.45			
Total	75.22				
Campeche	R. Usumacinta	2.58	56818	2.9	18773
	L. de Términos	30.46			
Total	33.04				
Oaxaca	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	1.02	94044	4.8	959
Veracruz	R. Grijalva-Tuxtla Gutiérrez	0.10	72492	3.7	72
Superficie territorial de la Región Hidrológica No. 30					102,641



Figura 2.2. Región Hidrológica No. 30.

2.3. Cuenca del Río Grijalva-Usumacinta

La cuenca del río Grijalva-Usumacinta, es una cuenca transfronteriza, que nace en la República de Guatemala y cruza los estados de Chiapas y Tabasco, una parte menor del estado de Campeche y una pequeña porción de los estados de Oaxaca y Veracruz.

Tiene una superficie aproximada de 131,157 (km²), de los cuales aproximadamente 52,600 (km²) corresponden a la cuenca del Río Grijalva y 78,757 (km²) a la cuenca del Río Usumacinta, véase la Fig. 2.3 (CFE 1988).

2.3.1. Descripción general de la cuenca del Río Grijalva

La cuenca del Río Grijalva comprende cuatro porciones geográficas bien definidas que se conocen con los nombres de Alto Grijalva, Medio Grijalva, Bajo Grijalva (Sierra) y Bajo Grijalva (Planicie) (Fig. 2.4).

El Alto y Medio Grijalva se ubican en la Depresión Central de Chiapas, cuenta con una extensa zona semiplana bordeada por la Sierra Madre, los Altos y las Montañas del Norte de Chiapas. En esta porción se presentan las mayores elevaciones de Chiapas como las serranías localizadas entre San Cristóbal de las Casas y Comitán, que alcanzan alturas superiores a los 2,700 (msnm), **también se encuentra el cañón del sumidero**. La máxima elevación se ubica hacia el sureste cerca de la frontera con la República de Guatemala, se trata del **Volcán Tacaná** con aproximadamente 4,000 (msnm) (Fig. 2.5).

En el Bajo Grijalva (Sierra), se ubica la Sierra del Norte de Chiapas, se compone de una serie de serranías separadas por alargados valles que bordean a los Altos y las Montañas del Oriente. **La disposición de las montañas permite interceptar la humedad que cargan los vientos del Golfo de México, lo que propicia un clima húmedo con lluvias todo el año** (Fig. 2.5).

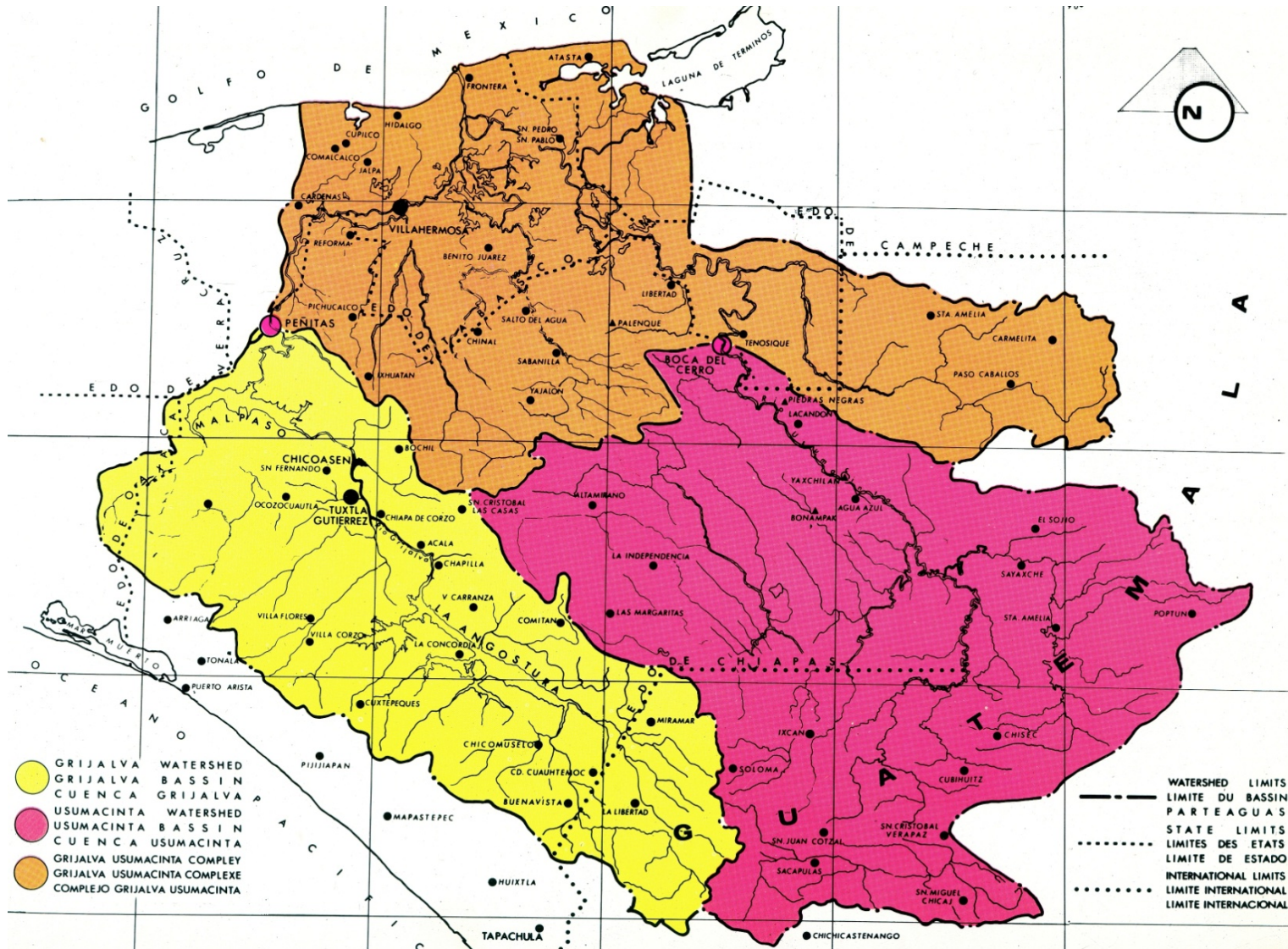


Figura 2.3. Cuenca Grijalva-Usumacinta (Fuente CFE 1976).

El Bajo Grijalva (Planicie), se presentan planicies ubicadas en la Llanura Costera del Golfo, esta llanura es ocupada en su mayoría por el estado de Tabasco, está formada por grandes cantidades de aluvión acarreado por los ríos más caudalosos del país: Usumacinta, Grijalva, Papaloapan y Coatzacoalcos; los cuales atraviesan dicha porción para finalmente desembocar en la parte sur del Golfo de México (Fig. 2.5).

En la **parte alta de la cuenca** se ubica una de las zonas de mayor precipitación en México, con poco más de 4,000 (mm) anuales. En esta zona se registran las más altas precipitaciones **cuando se combina un sistema tropical con la entrada de frentes o corrientes de aire frío** y ocasiona severas inundaciones aguas abajo.

En la planicie del Bajo Grijalva la precipitación oscila entre los 1,700 (mm) y 2,300 (mm), la influencia de sistemas atmosféricos es similar que en la parte alta del Bajo Grijalva, pero la precipitación disminuye porque no existen todas las combinaciones antes mencionadas. (Global Water Partnership 2006).

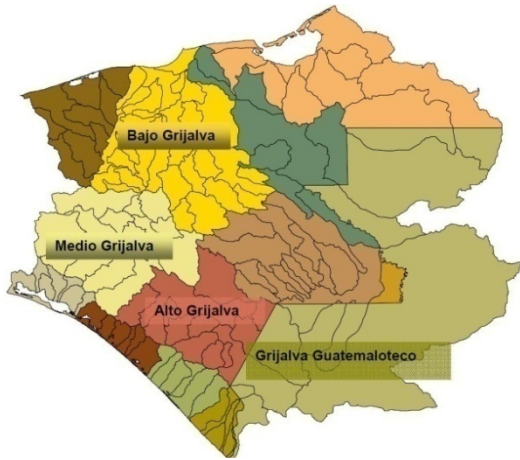


Figura 2.4. Porciones de la cuenca del Río Grijalva.

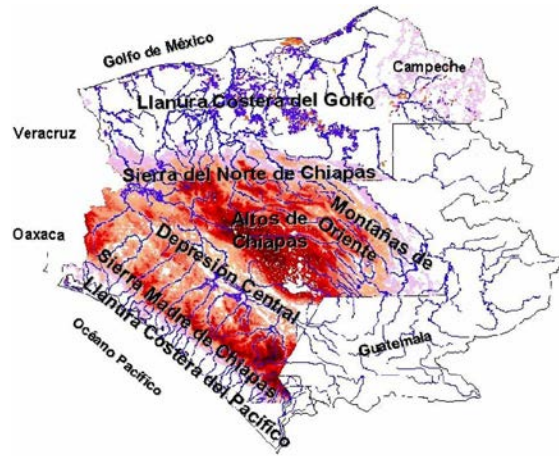


Figura 2.5. Fisiografía de la cuenca del Río Grijalva.

2.3.2. Hidrología de la Cuenca del Río Grijalva

El río Grijalva nace cerca del volcán Tacaná en la República de Guatemala, entra a México recorriendo la depresión central de Chiapas hasta llegar a la presa La Angostura, aguas abajo de dicha presa el Río Grijalva recorre la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Capital del estado de Chiapas, aguas abajo de la capital se ubica la presa Chicoasén, siguiendo su paso el Río Grijalva cuenta con las aportaciones por margen izquierda del Río La Venta y por la margen derecha de los ríos Chicoasén y Yamonho, cerca donde se ubica la presa Malpaso (Fig. 2.6).

Posteriormente aguas abajo de la presa Peñitas recibe las aportaciones de los ríos Platanar y Camoapa, que dan origen al Río Mezcalapa, después bifurca en los ríos Samaria por su margen izquierda y el río Carrizal por su margen derecha, este último cruza la Ciudad de Villahermosa, Capital del Estado de Tabasco, donde recibe las aportaciones del Río Pichucalco y La Sierra que nacen en las montañas del Bajo Grijalva. Después de Villahermosa continúa el Río Grijalva hasta confluir con el río Usumacinta para después desembocar al Golfo de México (Fig. 2.6).



Figura 2.6. Sistema del Río Grijalva.

La invasión de masas de aire frío del norte y húmedos tropicales del Atlántico y el Pacífico provocan la mayoría de las precipitaciones anuales en la región. En el verano las lluvias son muy intensas. Entre el otoño y el invierno soplan los nortes, con lluvias prolongadas y torrenciales. *Los ríos y lagunas alcanzan sus máximos niveles entre septiembre y noviembre*, lo que vuelve a la planicie un espejo de agua. *Es en la época de las inundaciones cuando suelen ocurrir desastres en la agricultura y las poblaciones asentadas en la llanura costera del norte* (Instituto Nacional de Ecología 2005).

2.3.3. Sistema Hidroeléctrico de la cuenca del Río Grijalva

En el Río Grijalva entre Chiapas y Tabasco, existen cuatro presas con la finalidad de evitar inundaciones y producir **energía eléctrica** cuyos nombres son: La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas. Dicho sistema de presas generan cerca del 44% (2009) del total de energía hidroeléctrica disponible en el país. En la tabla 2.3, se aprecia la generación media anual del Sistema Grijalva.

2.4. Características generales de las presas de la cuenca del Río Grijalva

2.4.1. Introducción

En el año de 1937, la extinta **Comisión Nacional de Irrigación** fue la responsable de instalar las primeras estaciones hidrométricas, con el objetivo de conocer el comportamiento de los ríos principales de Chiapas y Tabasco. Para 1947 la extinta **Secretaría de Recursos Hidráulicos** realizó un reconocimiento de Río Grijalva desde su nacimiento hasta la desembocadura en el Golfo de México, con el objetivo de localizar los

probables sitios para la construcción de presas reguladoras y de generación de energía eléctrica. Este reconocimiento fijó como sitios probables los siguientes:

- i. Aguas arriba del sitio de Chiapa de Corzo, se ubicaría la presa La Angostura.
- ii. Cercana a la población de Chicoasén, quedaría ubicada la presa Chicoasén.
- iii. La boquilla de Malpaso, quedaría a 2.5 (km) aguas abajo de la confluencia del Río La venta, principal afluente del Río Grijalva.
- iv. La boquilla de la presa Peñitas, al final del curso montañoso del Grijalva, inmediatamente aguas abajo de la desembocadura del Río Sayula.

Para propiciar y acelerar el desarrollo de la Cuenca del Río Grijalva se creó la **Comisión del Grijalva en 1951**, con el fin de estudiar, planear y ejecutar las obras necesarias para el desarrollo integral de la cuenca del río Grijalva (Comisión del Grijalva 1964).

Como resultado de los reconocimientos generales y de los resultados topográficos, geológicos, hidrológicos, agroeconómicos, y antropológicos realizados por la comisión del Grijalva, fue posible establecer que el mejor aprovechamiento del Río Grijalva debería comprender la construcción de diversas obras. Las funciones específicas se definieron mediante el **Plan Integral del Grijalva**:

- a) Obras para el control de avenidas, generación de energía eléctrica, riego y mejoramiento de la navegación.
- b) Obras de defensa contra inundaciones, que incluyen bordos de protección, encauzamiento de corrientes y rectificación de cauces en la planicie costera del Estado de Tabasco y en una pequeña porción del Estado de Chiapas.
- c) Canales de riego y drenaje en los terrenos agrícolas.
- d) Obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado de las poblaciones de la cuenca del Río Grijalva.

Tabla 2.3. Energía Hidroeléctrica en las presas del Río Grijalva.

SISTEMA HIDROELÉCTRICO DE LA CUENCA DEL RÍO GRIJALVA								
Central	Tecnología	Estado	No. De Unidades	Capacidad efectiva instalada (MW)	Generación de energía anual (GWh)	Factor de Planta (%) *	% de la capacidad hidroeléctrica nacional	% de Generación hidroeléctrica nacional
La Angostura (Belisario Domínguez)	Hidroeléctrica	Chiapas	5	900	2299	29.16		
Chicoasén (Manuel Moreno Torres)	Hidroeléctrica	Chiapas	8	2400	4725	22.47		
Malpaso (Netzahualcóyotl)	Hidroeléctrica	Chiapas	6	1080	3107	32.84		
Peñitas (Ángel Albino Corzo)	Hidroeléctrica	Chiapas	4	420	1493	40.58		
Total del Sistema Grijalva				4800	11625	27.57	42.17	43.96
Hidroeléctrica Nacional				11383	26445			
Capacidad Total Nacional				51686	235107			

* Calculado con base en su operación continua durante los 366 días del año. Fuente: Secretaría de Energía con datos de Comisión Federal de Electricidad, datos actualizados al año 2009.

Tuvieron que pasar 50 años para lograr que el sistema Grijalva funcionara como se había planeado, desde la instalación de las primeras estaciones hidrométricas en **1937** hasta la culminación de la última presa hidroeléctrica “Peñitas” en **1987**.

En los apartados 2.4.2 a 2.4.5, se explican las características generales de cada una de las presas que conforman al sistema. La tabla 2.4 contiene los datos de las 4 presas con sus respectivos nombres oficiales, ubicación y la fecha de construcción. La Fig. 2.7 se esquematiza de forma general el arreglo de las presas del Río Grijalva en planta y en perfil.

Tabla 2.4. Presas del Río Grijalva (CFE 2009).

Porción	Presa	Ubicación	Inicio de la construcción	Fin de la construcción	Entrada en operación
Alto Grijalva	Belisario Domínguez (Angostura)	V. Carranza, Chiapas	1969	1974	14-Jul-76
	Manuel Moreno Torres (Chicoasén)	Chicoasén, Chiapas	1974	1980	29-May-81
	Netzahualcóyotl (Malpaso)	Tecpatán, Chiapas	1960	1965	29-Ene-69
Bajo Grijalva	Ángel Albino Corzo (Peñitas)	Ostuacán, Chiapas	1979	1987	15-Sep-87

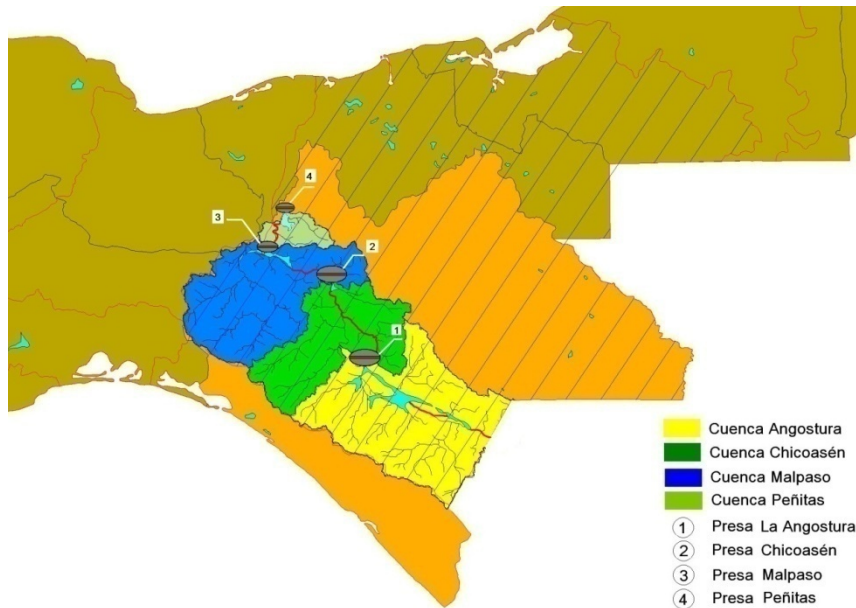


Figura 2.7. Presas del Río Grijalva alojadas en la cuenca del Río Grijalva.

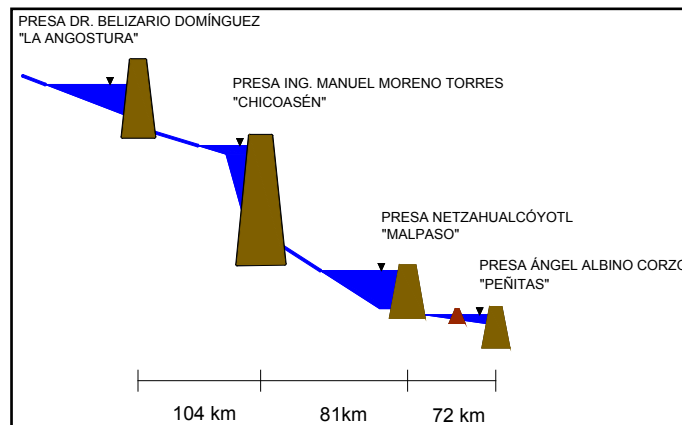


Figura 2.8. Perfil del Sistema de Río Grijalva.

2.4.2. Características de la Presa Netzahualcóyotl “Malpaso”



Figura 2.9. Presa Netzahualcóyotl “Malpaso”.

2.4.2.1. Introducción

Bajo el cargo de la Comisión del Grijalva, en 1955, disponiendo de los datos hidrométricos y geológicos preliminares, *se llegó a la conclusión de que la primera presa por construirse debería ubicarse en el sitio denominado Raudales de Malpaso*, por presentar esta boquilla mejores condiciones que las otras estudiadas. Así, dicha presa era la primera en construirse del sistema del Grijalva y se le conoce como *Presa Netzahualcóyotl*, los nativos del lugar le llaman Presa Malpaso (Fig. 2.9).

La construcción de la Presa Netzahualcóyotl tuvo por objetivo:

- a) Control de las avenidas máximas registradas en el Río Grijalva, para reducir los gastos y que no se ocasionaran inundaciones catastróficas en los poblados de *La Chontalpa*.
- b) Producción de 2,754 millones de kilowatts-hora anuales de energía eléctrica.
- c) Riego de 350,000 hectáreas en La Chontalpa
- d) Permitir la navegación de pequeñas embarcaciones

La zona de “*La Chontalpa*” se ubica en el Bajo Grijalva, en el estado de Tabasco. Siempre estaba sometida a devastadoras crecientes provocadas por el Río Grijalva, lo que ocasionaba que se inundara con frecuencia La Chontalpa, paralizando por varios meses

toda actividad humana. En las épocas de inundaciones La Chontalpa sufría serios problemas de insalubridad y hambre. Se presentaban precipitaciones extremas de 8 meses y sequías intensas durante 4 meses. En el ámbito agrícola las pérdidas eran catastróficas. Este caso fue uno de los objetivos a dar solución mediante la construcción de la Presa Netzahualcóyotl (Comisión del Grijalva 1964).

Definido el sitio, en **1958** se inició la construcción del camino de acceso. Simultáneamente se activaron los estudios geológicos de la Boquilla, así como los levantamientos topográficos de detalle y la verificación por tierra de los levantamientos fotogramétricos del vaso. Al finalizar el año de **1959** se habían definido diseños generales, se tenía concluido el estudio de materiales aprovechables para la construcción de la cortina y obras auxiliares. Para mediados de **1960** se contaba ya con planos de la obra de desvío, la cortina, diques y estructuras conexas.

La Presa Netzahualcóyotl “Malpaso” constituye el primer aprovechamiento del sistema del Grijalva. Se construyó entre los años de 1960 a 1965 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, en el municipio de Tecpatán. Se localiza a 81 km aguas abajo de la Presa Chicoasén. Sus coordenadas geográficas son: 17°11'58" de latitud norte y 93°36'17" de longitud oeste. **La cuenca propia de Malpaso comprende un área aproximada de 9,403 (km²),** área comprendida aguas abajo de la Presa Chicoasén hasta dicha presa (Fig. 2.10).



Figura 2.10. Cuenca propia de Malpaso.

2.4.2.2. Descripción general de las obras

- CORTINA

Para la selección del tipo de cortina se estudiaron las siguientes alternativas: arco-bóveda de concreto, sección de gravedad de concreto y **cortina de enrocamiento con corazón impermeable de arcilla**, se seleccionó ésta última. Tiene taludes 2:1 en ambos lados (Fig. 2.11).

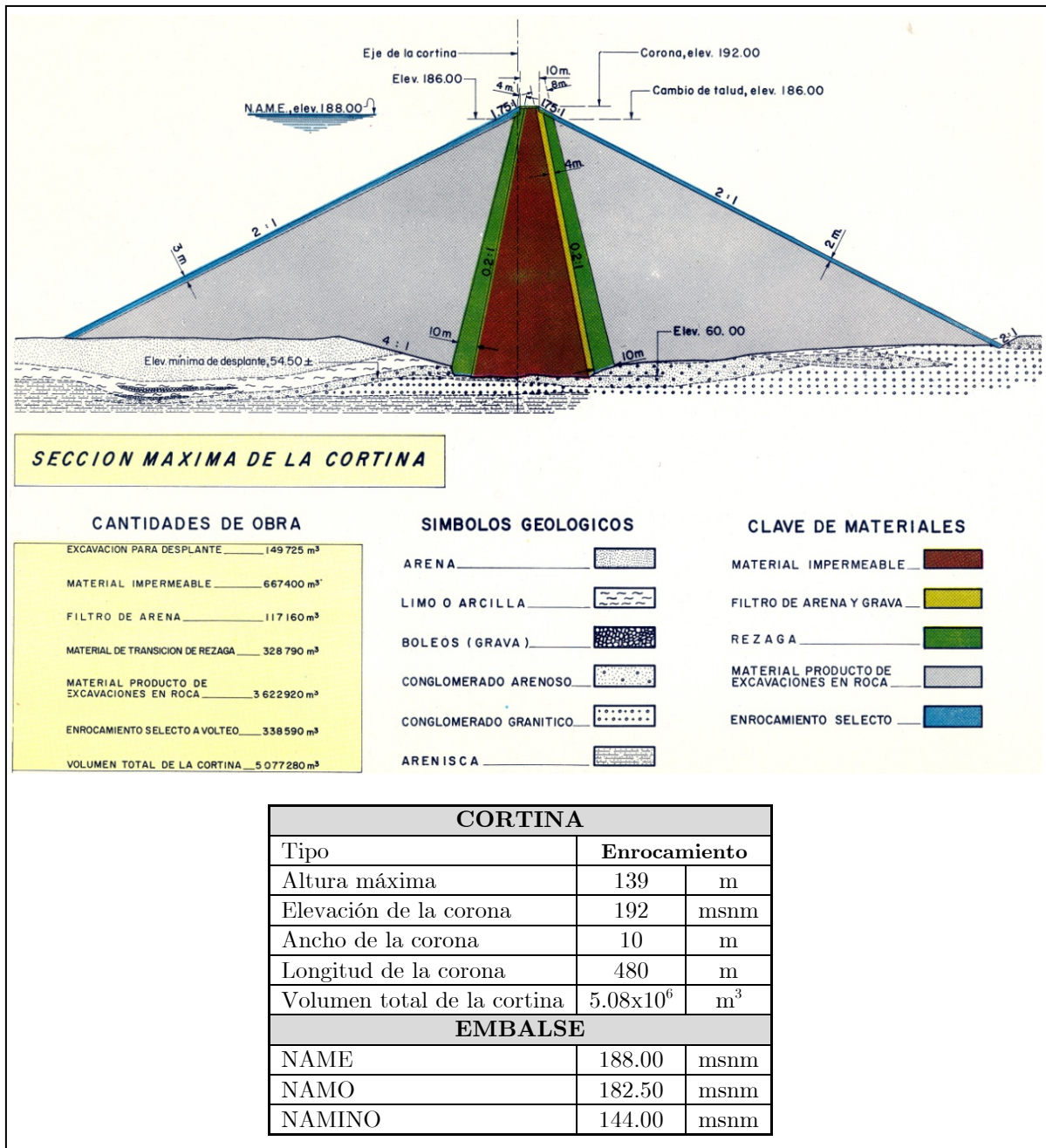


Figura 2.11. Cortina de la Presa Netzahualcóyotl.

Hubo la necesidad de cerrar tres depresiones naturales mediante la construcción de diques: uno de ellos cerca de la cortina y los otros dos en el parteaguas que divide las cuencas del Río La Venta y el Uxpanapa. Los diques uno y tres se diseñaron con secciones similares a la cortina. El dique número dos se localiza en una falla geológica regional importante, se diseñó con una sección homogénea de arcilla y enrocamientos de protección en los taludes y con un drenaje eficiente en la cimentación del talud aguas abajo (Figs. 2.12 y 2.13).

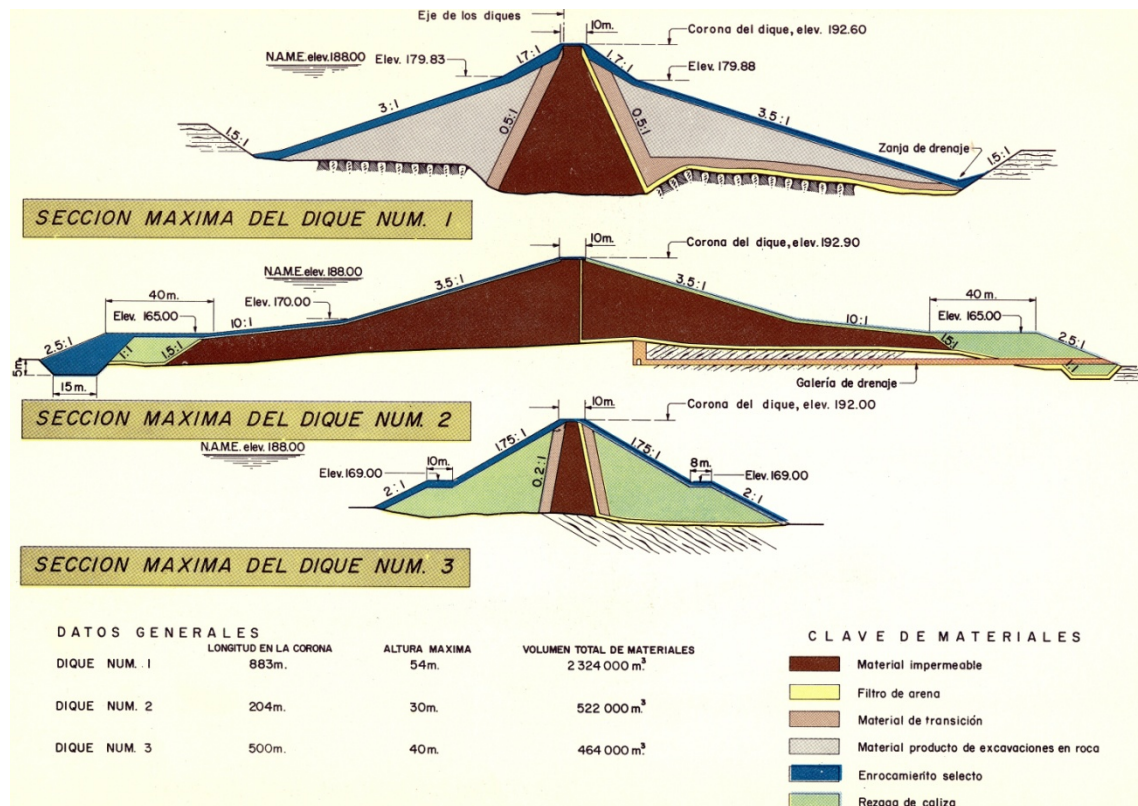


Figura 2.12. Diques Auxiliares.

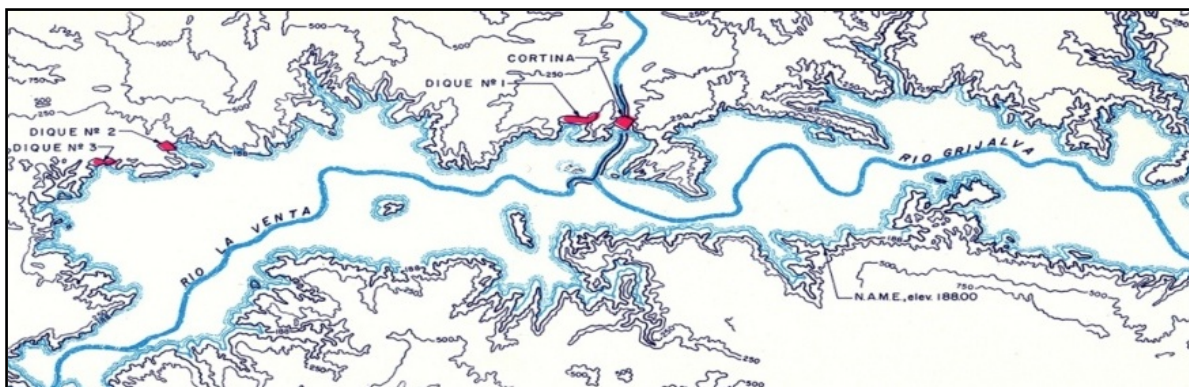


Figura 2.13. Ubicación de los tres Diques.

▪ **OBRA DE DESVÍO**

Se excavaron cinco túneles de desvío, dos en la margen izquierda y tres en la margen derecha, de 16 (m) de diámetro y se revistieron de concreto para quedar con diámetro de 14 m, con longitud promedio de 800 (m) cada uno. Los tres túneles de la margen derecha se utilizaron posteriormente para las descargas de las turbinas de la planta hidroeléctrica (Fig. 2.14). Al término de la excavación de los cinco túneles de desvío se procedió a cerrar el cauce del río mediante la construcción de ataguías auxiliares, *desviando el cauce por los túneles*. Lo anterior permitió construir las ataguías principales, la de aguas arriba con taludes; 6.5:1 aguas arriba y 2:1 aguas abajo, la ataguía aguas abajo con taludes; 1.5:1 aguas arriba y aguas abajo. Con las ataguías hechas, se logró confinar en forma segura la zona de construcción de la cortina (Fig. 2.18).

▪ OBRA DE CONTROL Y EXCEDENCIAS

Consta de dos canales vertedores ubicados en la margen izquierda; un **canal de excedencias** controlado por cuatro compuertas radiales de 15 (m) de ancho y 18.70 (m) de altura y un segundo **canal de control** con tres compuertas radiales de 15 (m) la ancho por 15 (m) de altura. La cresta del vertedor de excedencias se fijó a la elevación de 167.64 (msnm) y la elevación de la cresta del vertedor de control se fijó en 163.69 (msnm). Permite evacuar un gasto máximo total de 21,750 (m³/s) (Figs. 2.15 y 2.16).

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica se localiza en la margen derecha, consta de obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas. La casa de máquinas es subterránea, está diseñada para alojar 6 grupos, cada uno constituido por una turbina tipo Francis, con capacidad de 180 (MW) cada una (Fig. 2.17).

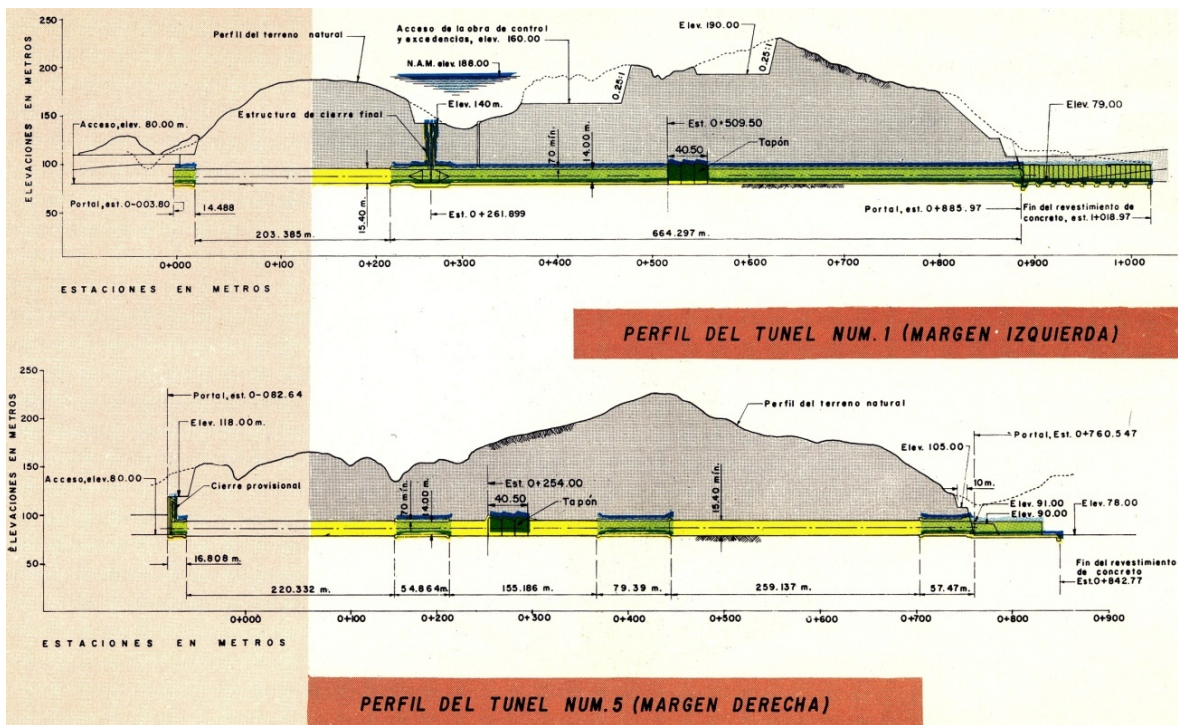


Figura 2.14. Túneles de desvío de la Presa Malpaso.

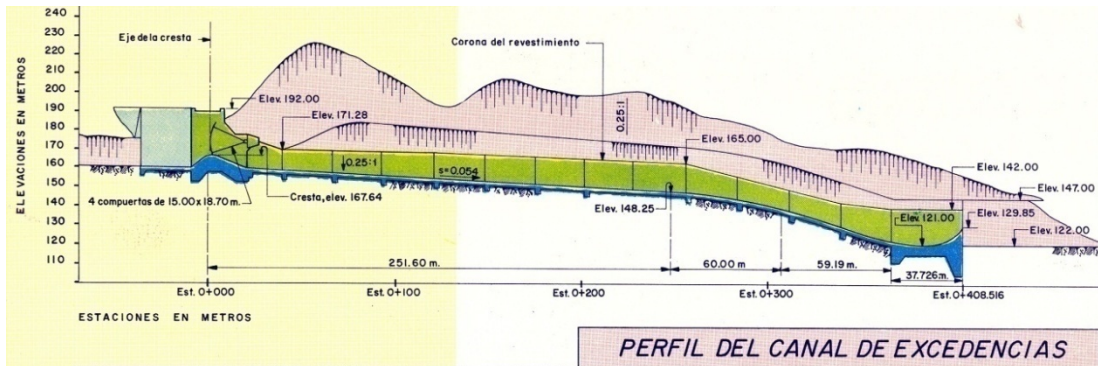


Figura 2.15. Obras de Excedencia y Control. Presa Malpaso.

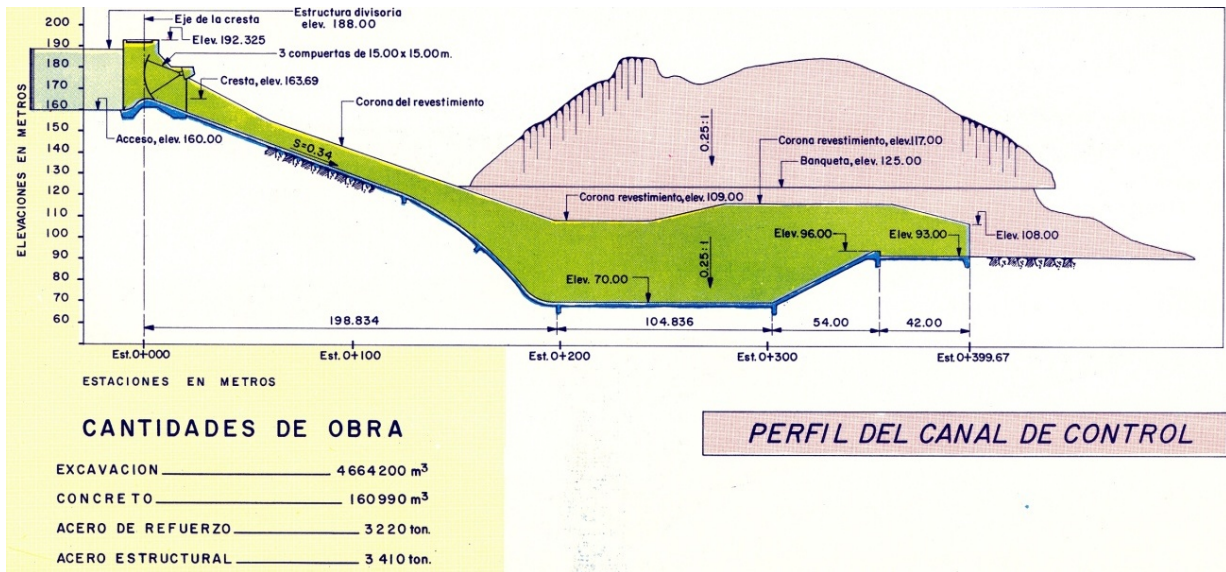


Figura 2.15. Continuación

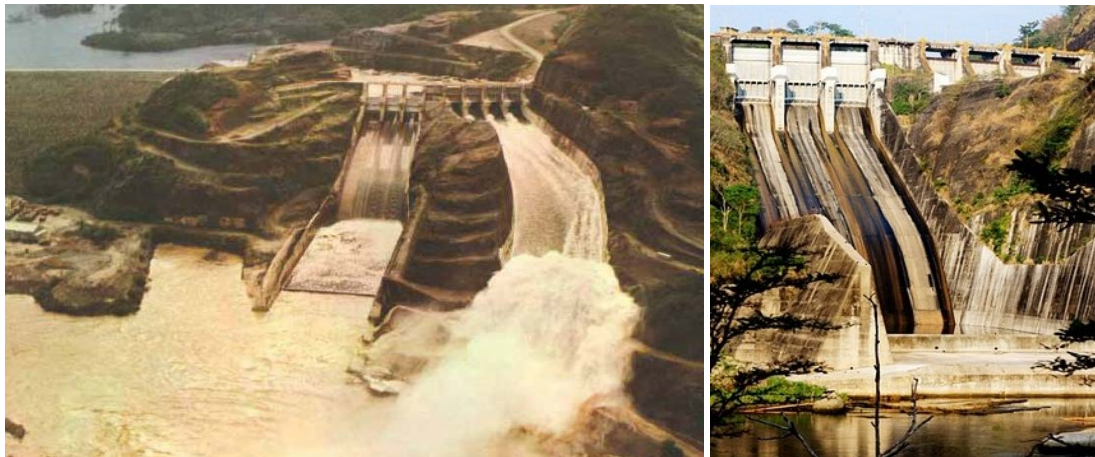


Figura 2.16. Vertedores de la Presa Malpasso.

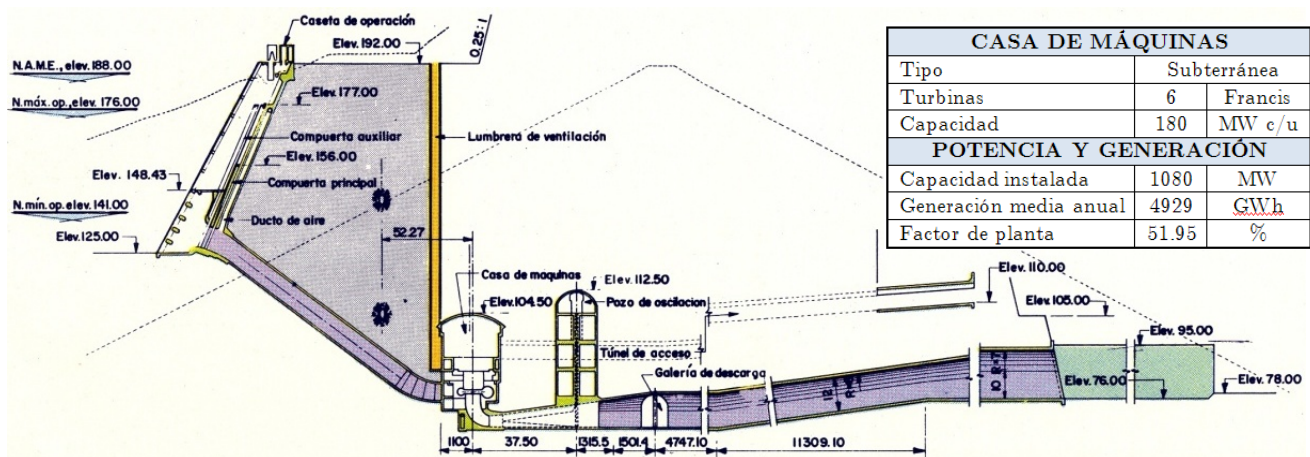


Figura 2.17. Conducción a presión de la Presa Malpasso.

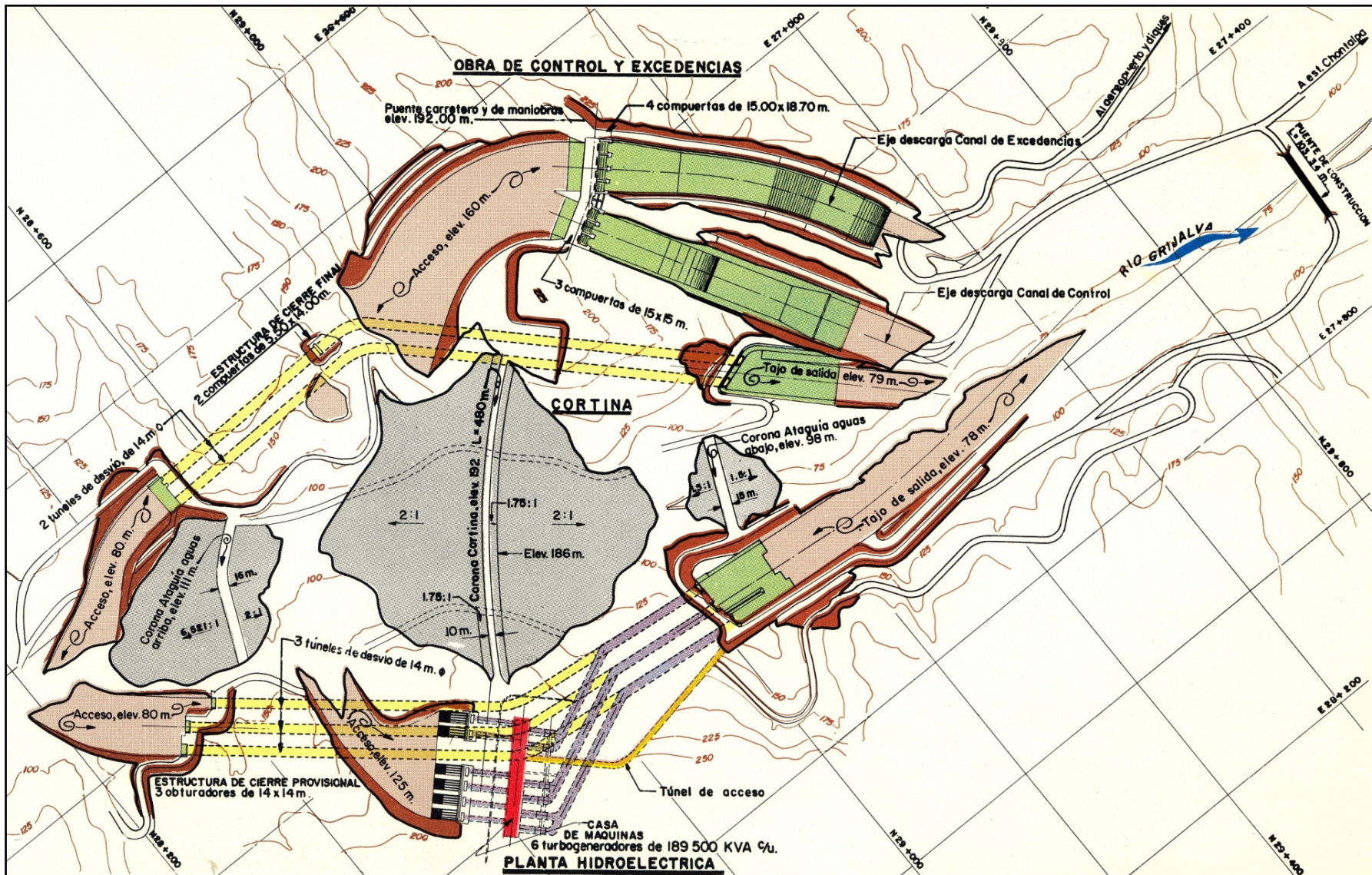


Figura 2.18. Planta General de la presa Netzahualcóyotl “Malpaso”.

2.4.3. Características de la Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”



Figura 2.19. Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”.

2.4.3.1. Introducción

La Presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura” (Fig. 2.19) constituye el segundo aprovechamiento del sistema del Grijalva. Se construyó entre los años de 1969 a 1974 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, está situada entre los municipios de Venustiano Carranza, Tzimol y Socoltenango al norte, Concordia y Chicomuselo al sur, Trinitaria y Comalapa al este, Chiapa de Corzo al oeste. Se localiza a 104 (km) aguas arriba de la Presa Chicoasén. Sus coordenadas geográficas son: 16°24'03' de latitud norte y 92°46'40' de longitud oeste. **La cuenca propia de La Angostura comprende un área aproximada de 18,099 (km²)**, se considera toda el área del Grijalva situada aguas arriba de la Presa La Angostura (Fig. 2.20) (Domínguez et al., 1993).



Figura 2.20. Cuenca propia Angostura.

2.4.3.2. Descripción general de las obras

▪ CORTINA

El tipo de cortina que se seleccionó es de enrocamiento con un delgado núcleo impermeable de arcilla, además tiene un importante volumen de arena y grava producto de varios depósitos aluviales ubicados a distancias de 4 a 7 (km) aguas abajo del sitio. Los taludes exteriores aguas arriba son de 2:1 y aguas abajo de 1.8:1 (Fig. 2.21).

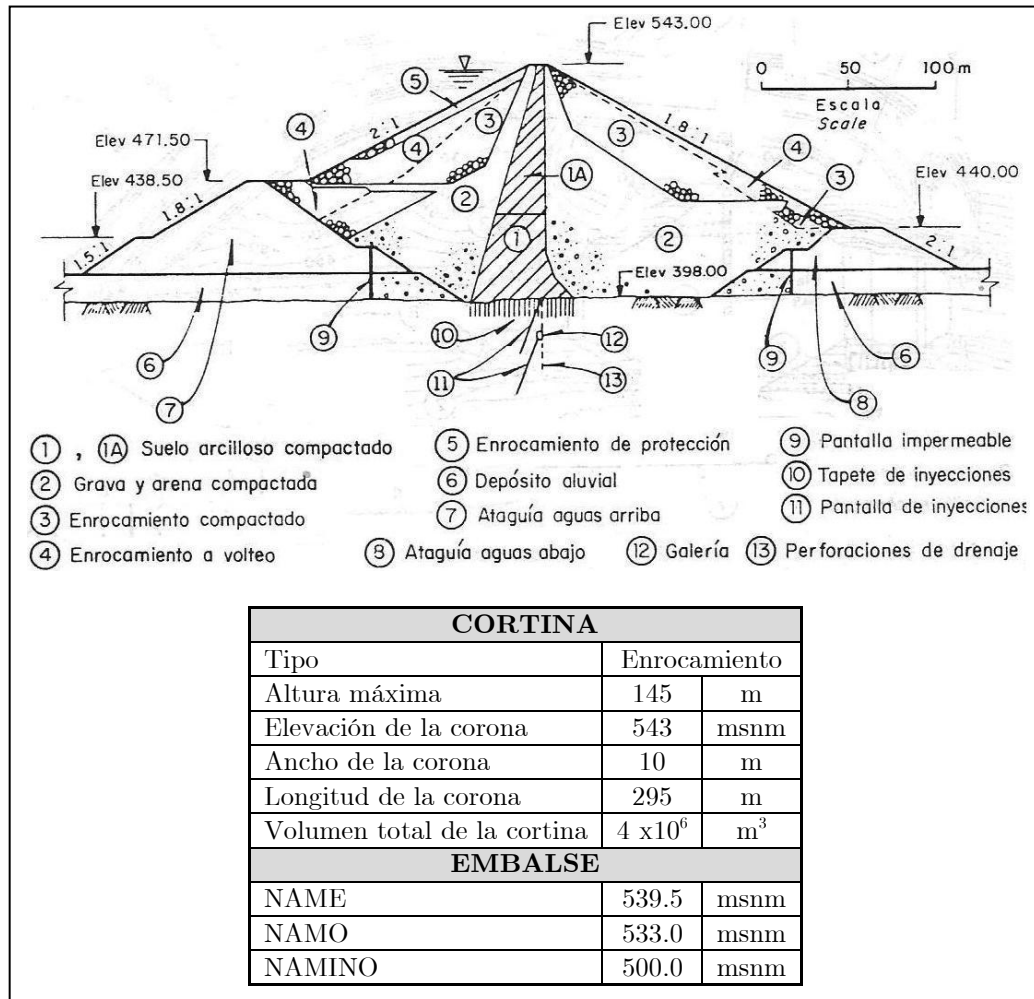


Figura 2.21. Sección máxima de la Presa La Angostura.

▪ OBRA DE DESVÍO

El río fue desviado por medio de dos túneles revestidos de concreto de 13 (m) de diámetro interior, uno por la margen izquierda y el otro por la margen derecha, y dos ataguías, aguas arriba de 60 (m) de altura y 30 (m) la de aguas abajo, construidas de grava, arena y arcilla (Fig. 2.25).

▪ OBRA DE EXCEDENCIAS

La obra de excedencias cuenta con dos vertedores ubicados en la margen izquierda, son dos canales abiertos dotados de tres compuertas radiales cada uno, la longitud de los canales

tienen longitud aproximada de 800 (m). El vertedor se diseñó para una descarga máxima total de 6,000 (m³/s). La elevación de la cresta del vertedor se fijó en 519.60 (msnm). La estructura terminal, localizada en la salida de cada canal, está constituida por una cubeta de lanzamiento (salto de esquí) (Figs. 2.22 (a), 2.22 (b) y 2.23).

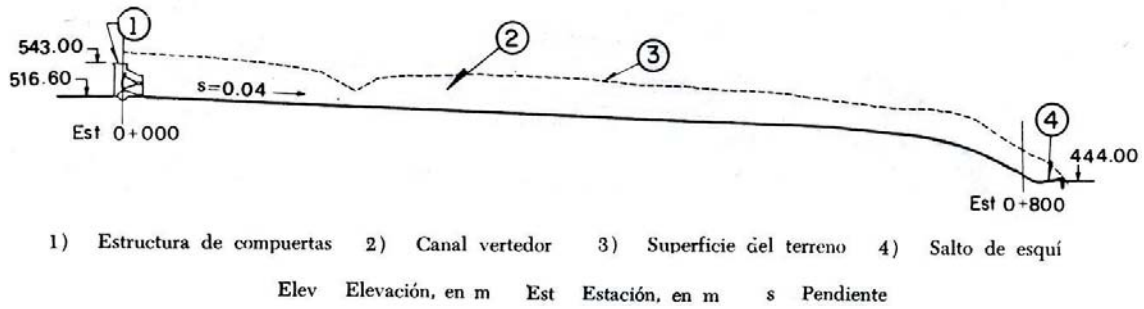


Figura 2.22 (a). Sección longitudinal del vertedor. Presa La Angostura.



Figura 2.22 (b). Planta del vertedor



Figura 2.23. Sección terminal del vertedor en salto de esquí.

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica, se localiza en la margen izquierda, consta de una obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas. El diámetro de la tubería a presión es de 8.7 (m). La casa de máquinas es subterránea, tiene dimensiones de 22 (m) de ancho, 100 (m) de longitud y 40 (m) de altura aproximadamente. Está diseñada para alojar 5 unidades, cada una constituida por una turbina tipo Francis, con capacidad de 180 (MW) cada una (Fig. 2.24).

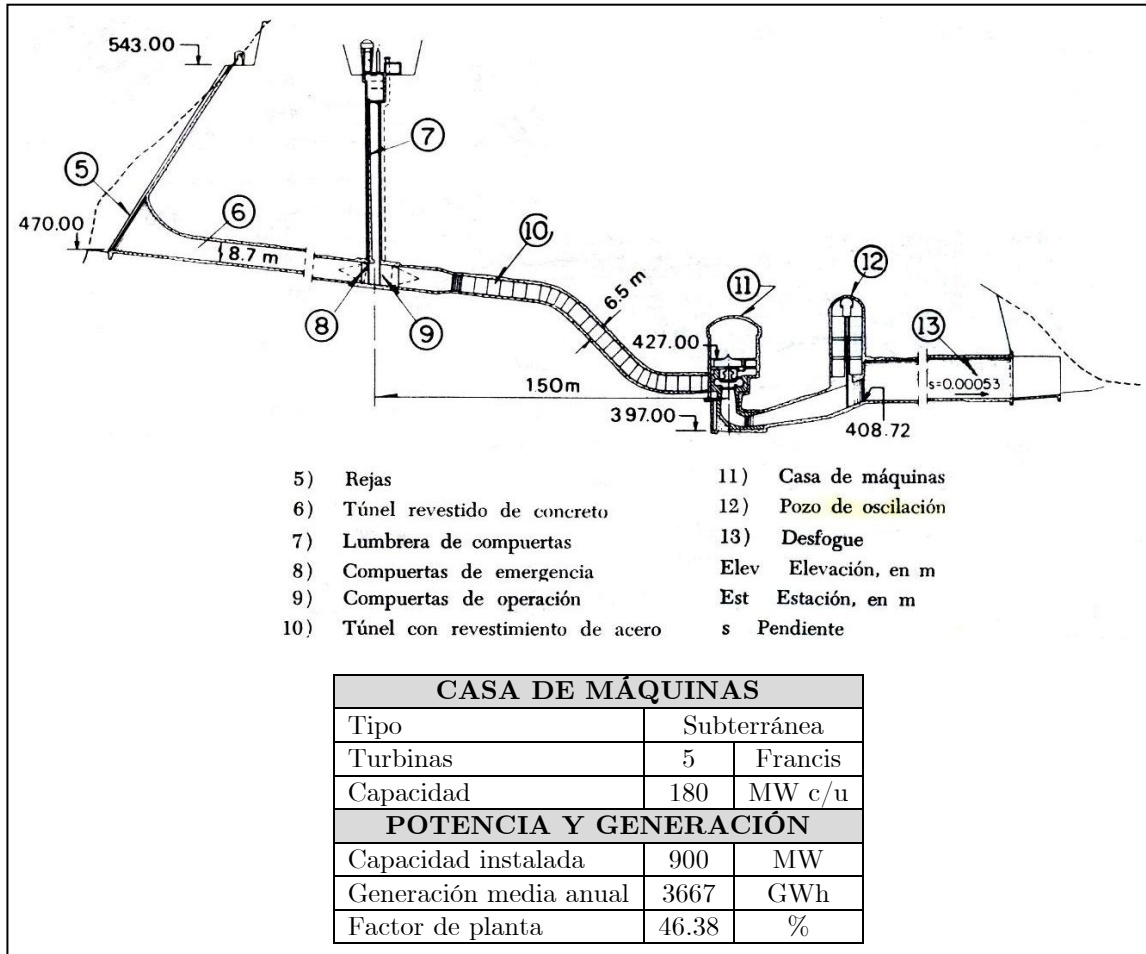


Figura 2.24. Sección transversal de la casa de máquinas. Presa La Angostura.

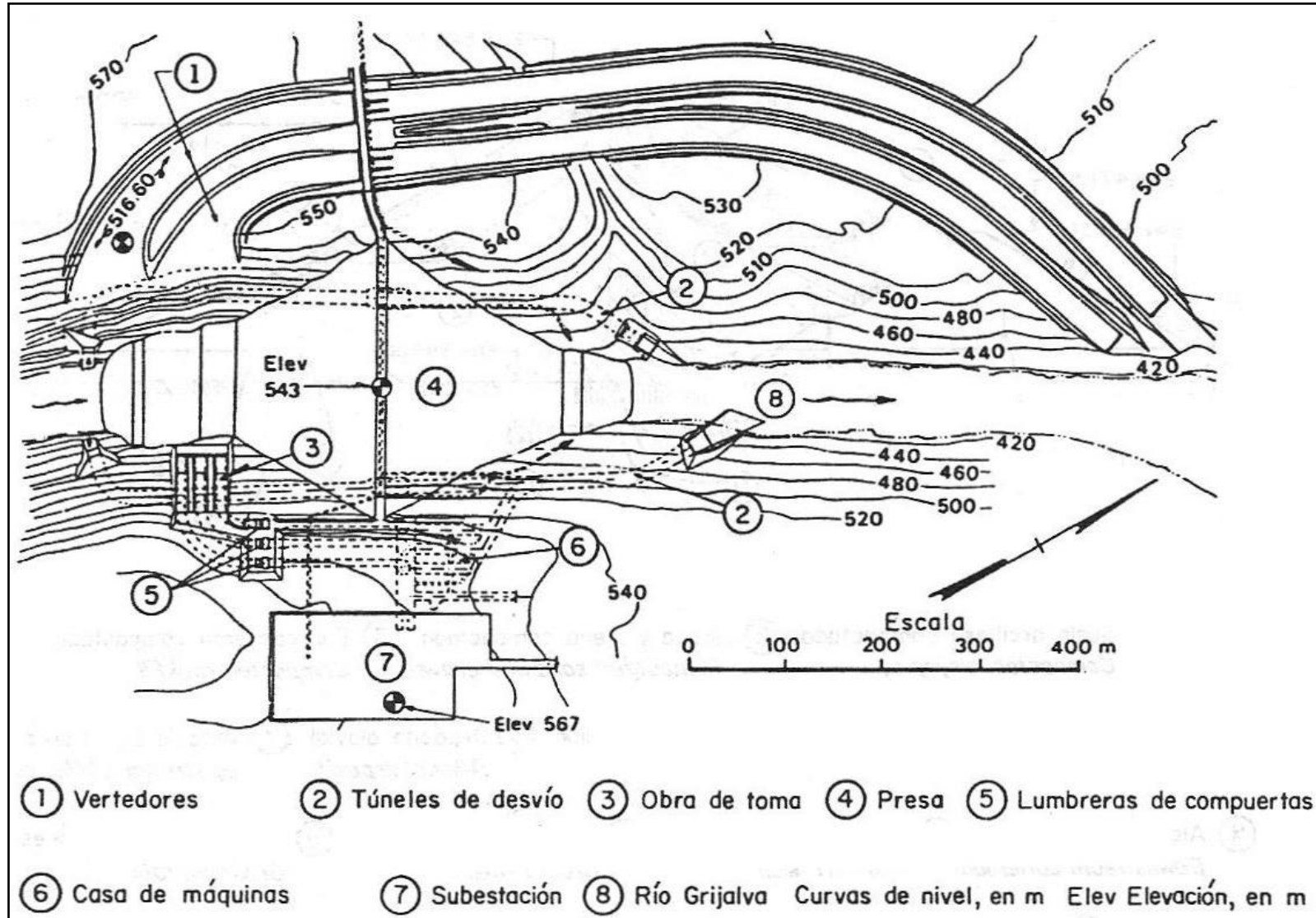


Figura 2.25. Planta General de la presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura”.

2.4.4. Características de la Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”



Figura 2.26. Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén”.

2.4.4.1. Introducción

La Presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén” (Fig. 2.26) se construyó entre los años de 1974 a 1980 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, en el municipio de Chicoasén. Se localiza a 104 (km) aguas abajo de la Presa La Angostura. Sus coordenadas geográficas son: 16°56'29” de latitud norte y 93°06'03” de longitud oeste. **La cuenca propia de Chicoasén comprende un área aproximada de 7,194 (km²)**, área comprendida aguas abajo de la Presa La Angostura hasta la Presa Chicoasén (Fig. 2.27).

La Presa Chicoasén es la tercera en construirse del Plan Integral del Río Grijalva. **Las características hidrológicas, topográficas, geológicas y económicas del sitio hacen que esta central hidroeléctrica se convierta en la más poderosa para generar energía eléctrica anual en México.**

En la cuenca propia de Chicoasén, el régimen pluviométrico establece dos periodos bien definidos: El primer periodo se presenta con precipitaciones máximas, se registra en los meses de **julio a noviembre**; es producto de las perturbaciones ciclónicas que se generan en el Golfo de México y el Mar Caribe, a las cuales se le agregan ocasionalmente las del Océano Pacífico. El segundo periodo corresponde al de estiaje, que comprende los meses de **diciembre a junio**.

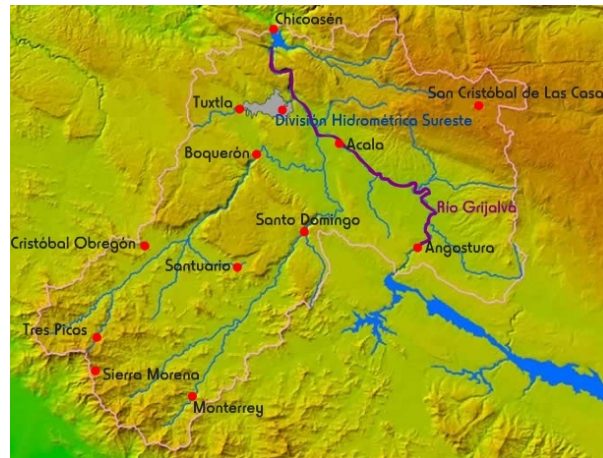


Figura 2.27. Cuenca propia de Chicoasén.

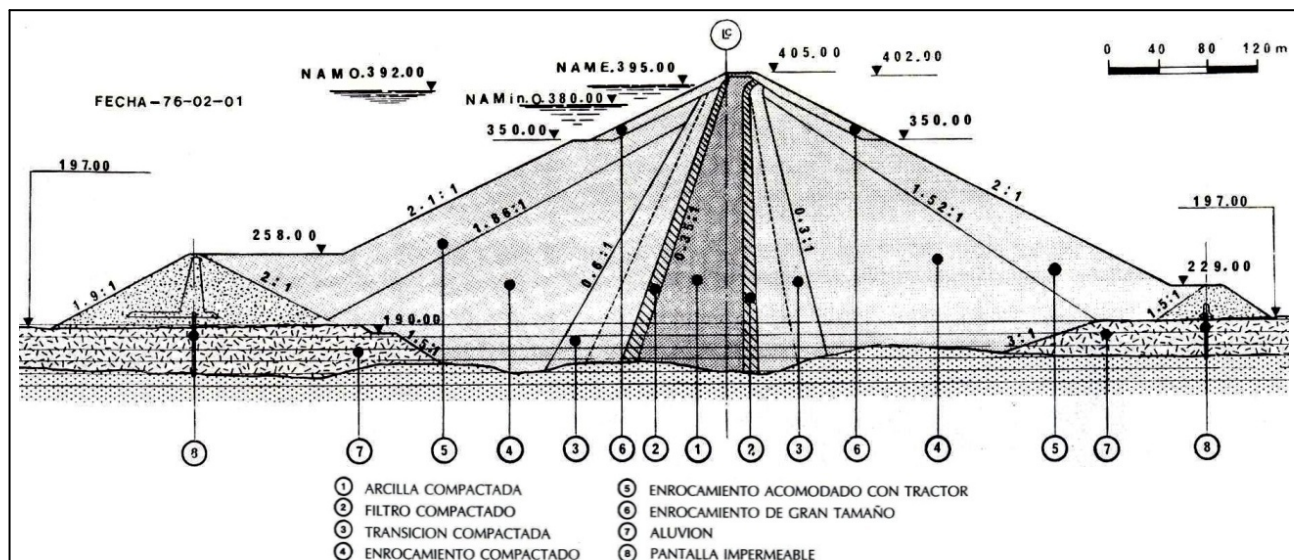
2.4.4.2. Descripción general de las obras

▪ CORTINA

Para el diseño de la cortina, se analizaron dos alternativas. En la primera se proponía una presa de concreto tipo arco-bóveda, y en la segunda un terraplén **de materiales graduados**. Finalmente se optó por la segunda alternativa debido a la presencia de una falla geológica próxima a la cortina de Chicoasén (falla Chicoasén).

La sección de la cortina fue construida con material de enrocamiento, se definió con un núcleo central flexible, impermeable, protegido con filtros, transiciones y respaldos amplios de protección. Los taludes exteriores son: 2:1, aguas abajo y de 2.1:1, aguas arriba.

El material (1), corresponde al corazón impermeable de arcilla y tiene un volumen de 2.07×10^6 (m³). Para el material (2), los filtros se construyeron a base de grava-arena provenientes de los depósitos del río con volumen de 0.73×10^6 (m³). El material de transición (3), se obtuvo de la rezaga de las excavaciones de las obras que contenían roca-grava-arena y tiene un volumen de 2.71×10^6 (m³). Los respaldos de enrocamiento compactado (material 4), están formados por fragmentos de caliza provenientes de las excavaciones de la obra de excedencias, de la obra de toma y de la casa de máquinas (Fig. 2.28).



CORTINA		
Tipo	Enrocamiento	
Altura máxima	250	m
Elevación de la corona	405	msnm
Ancho de la corona	25	m
Longitud de la corona	584	m
Volumen total de la cortina	14.51x10 ⁶	m ³
EMBALSE		
NAME	395	msnm
NAMO	388	msnm
NAMINO	380	msnm

Figura 2.28. Cortina de la Presa Chicoasén.

▪ OBRA DE DESVÍO

El desvío se realizó en condiciones muy favorables, ya que se tuvo que cerrar el embalse de La Angostura. Dado un reducido caudal del río después del cierre, fue posible desviarlo para librar la zona de construcción de la ataguía aguas arriba mediante la excavación de un *túnel auxiliar* de 343 (m) de longitud de sección portal sin revestir, de 7 (m) de ancho y 6 (m) de altura, excavado en la margen izquierda (Fig. 2.31).

La obra de desvío, consta de dos túneles excavados en la margen derecha, de sección portal sin revestir, de 13 (m) de ancho y 13 (m) de altura. Las ataguías de materiales graduados forman parte de la cortina, la de aguas arriba con 61 (m) de altura y de 26 (m) la de aguas abajo (Fig. 2.31).

▪ OBRA DE EXCEDENCIAS

Está formada por tres *vertedores en túnel* alojados en la margen izquierda, controlados por compuertas radiales. El acceso del agua a los vertedores es mediante un canal excavado a cielo abierto, de ancho variable. En cada uno de los vertedores se tiene tres compuertas radiales de 8.40 (m) de ancho por 19 (m) de altura. La cresta del cimacio, tipo Creager, se fijó a una elevación de 373 (m) y permite evacuar un gasto de 15,000 (m³/s) (5000 (m³/s) por túnel), bajo una carga máxima de 22 (m) (Figs. 2.29 (a) y 2.29 (b)).

Los túneles de descarga se excavaron a 17 (m) de diámetro y se revestieron de concreto para quedar con diámetro de 15 (m); la longitud aproximada de cada uno es de 900 (m) con una pendiente de 0.0322. La estructura terminal, localizada en el portal de salida de cada túnel, está constituida por una cubeta de lanzamiento (salto de esquí) (Figs. 2.29 (a) y 2.29 (b)).

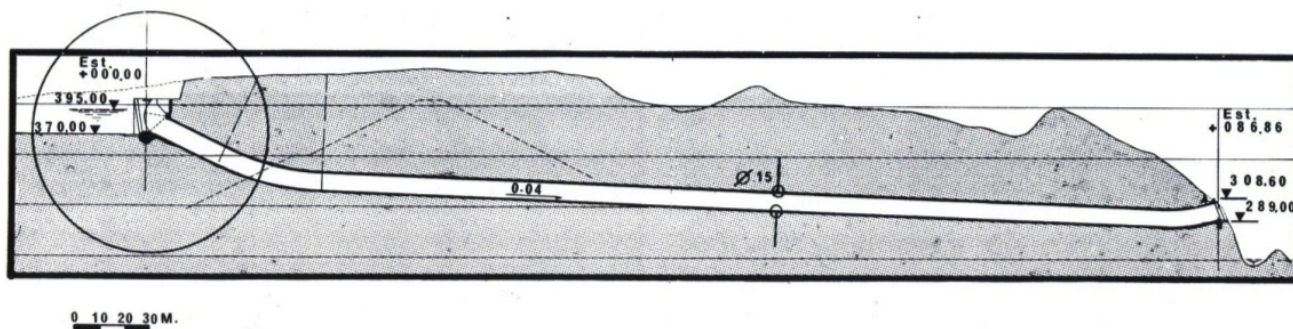


Figura 2.29 (a). Perfil del vertedor. Presa Chicoasén.



Figura 2.29 (b). Planta de los vertedores. Presa Chicoasén.

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica, se localiza en la margen derecha, consta de obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas. La obra de toma consiste en un canal de acceso y 8 tomas independientes. Está diseñada con 8 estructuras de toma, una para cada grupo generador, provistas de rejillas y de una compuerta automática de accionamiento hidráulico rápido de 6.70x6.70 (m) (Fig. 2.31). La casa de máquinas es subterránea, tiene dimensiones de 199 (m) de longitud, 20.5 (m) de ancho y 43 (m) de altura. Está diseñada para alojar 8 grupos, cada uno constituido por una turbina tipo Francis, con capacidad de 306 (MW) cada una (Fig. 2.30).

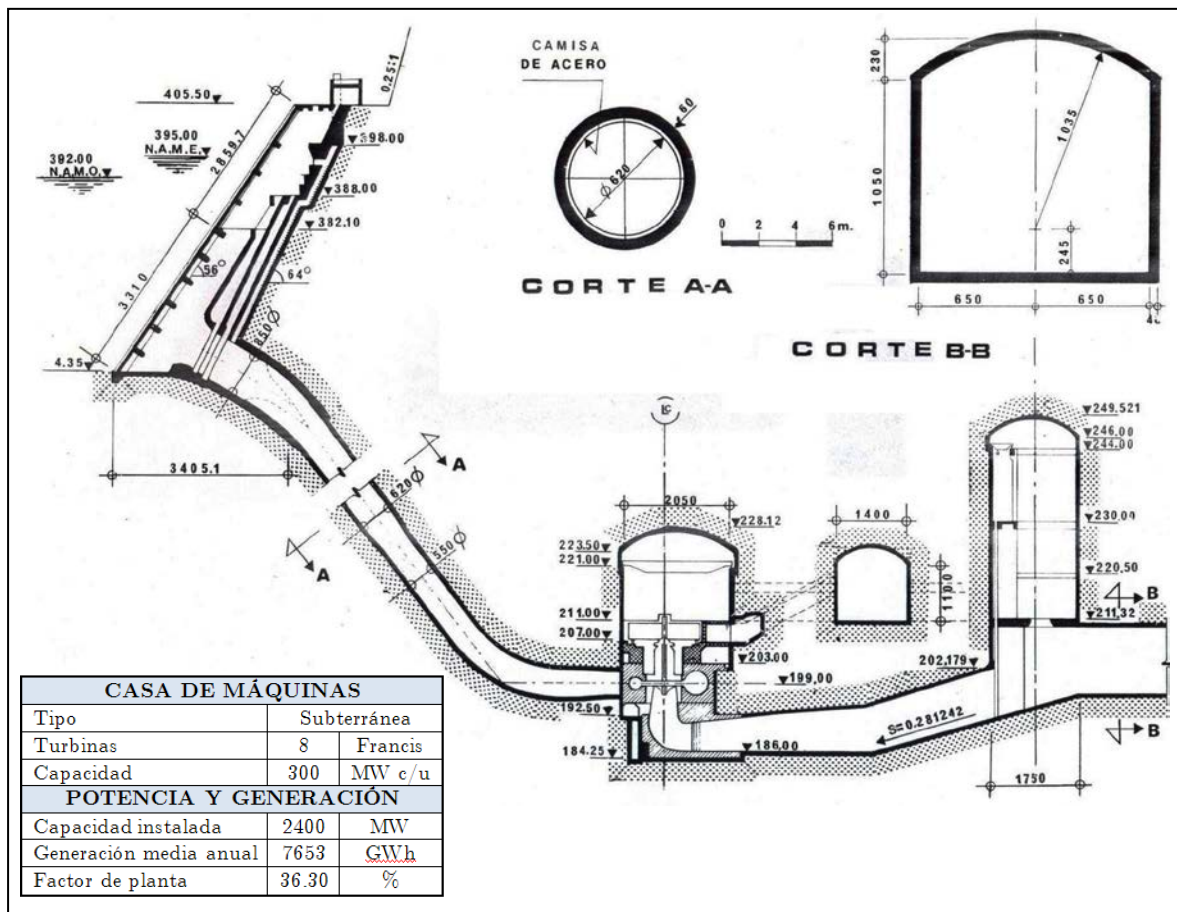


Figura 2.30. Tubería a presión y casa de máquinas de la Presa Chicoasén.

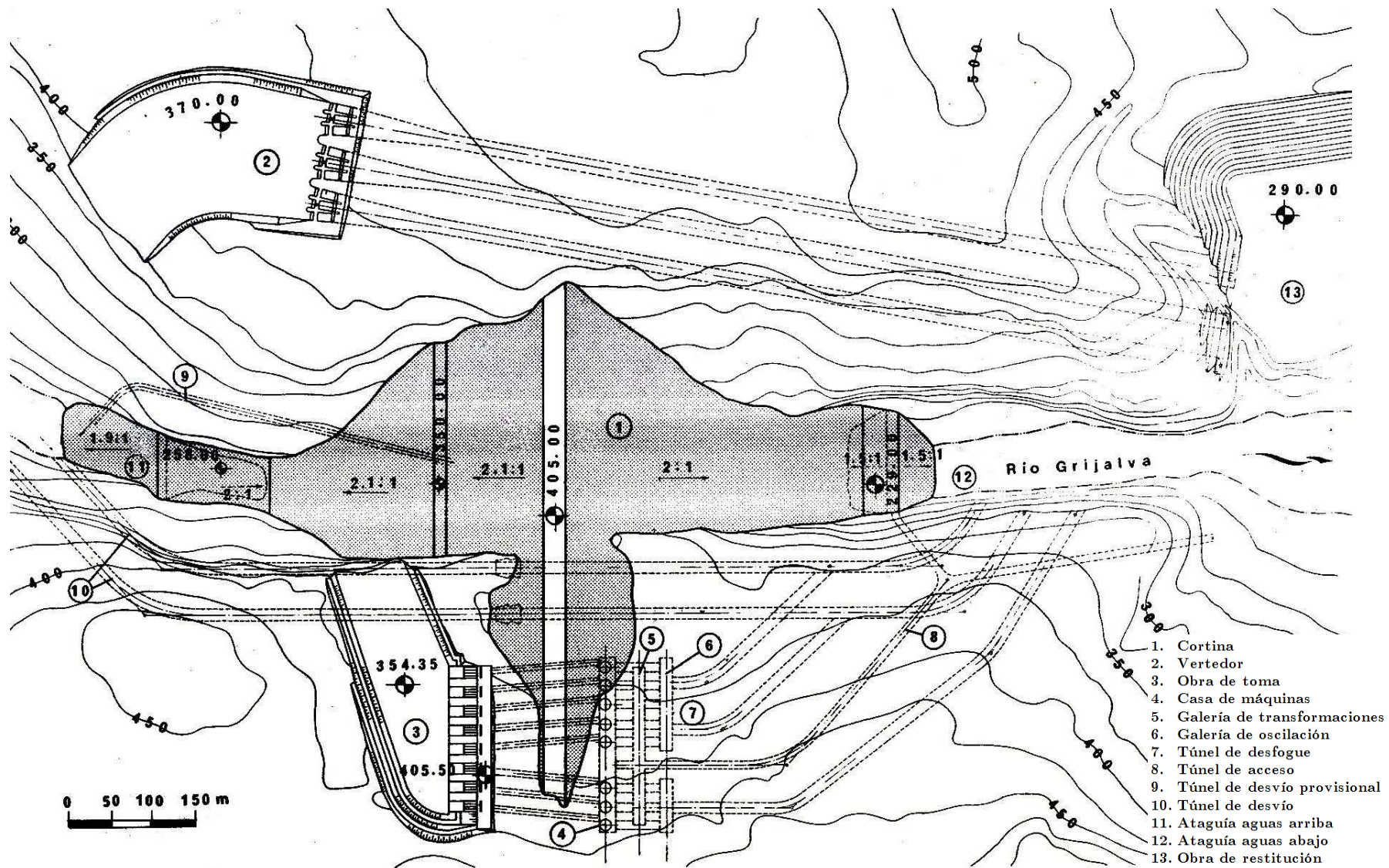


Figura 2.31. Planta General de la presa Ing. Manuel Moreno Torres "Chicoasén".

2.4.5. Características de la Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”



Figura 2.32. Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas”.

2.4.5.1. Introducción

La Presa Ángel Albino Corzo “Peñitas” (Fig. 2.32) constituye el cuarto aprovechamiento del sistema del Grijalva. Se construyó entre los años de 1979 a 1987 en el estado de Chiapas sobre el Río Grijalva, en el municipio de Ostuacán, ésta se localiza a 72 (km) aguas abajo de la Presa Malpaso. Sus coordenadas geográficas son: 17°26'42” de latitud norte y 93°27'28” de longitud oeste. **La cuenca propia de Peñitas comprende un área aproximada de 1,402 (km²),** área comprendida aguas abajo de la Presa Malpaso hasta dicha presa (Fig. 2.33).



Figura 2.33. Cuenca propia de Peñitas.

2.4.5.2. Descripción general de las obras

▪ CORTINA

La construcción de la cortina de materiales graduados se inició en 1980. Se aprovechó la amplitud de la boquilla en esta zona y la **existencia de una isla que dividía el cauce en dos brazos** (Fig. 2.39), lo que permitió utilizar el brazo derecho para continuar su cauce, mientras que por el brazo izquierdo era rellenado y así poder comenzar con los primeros trabajos, entre ellos compactar los depósitos aluviales y poder desplantar la cortina directamente sobre el aluvión (Fig. 2.34).

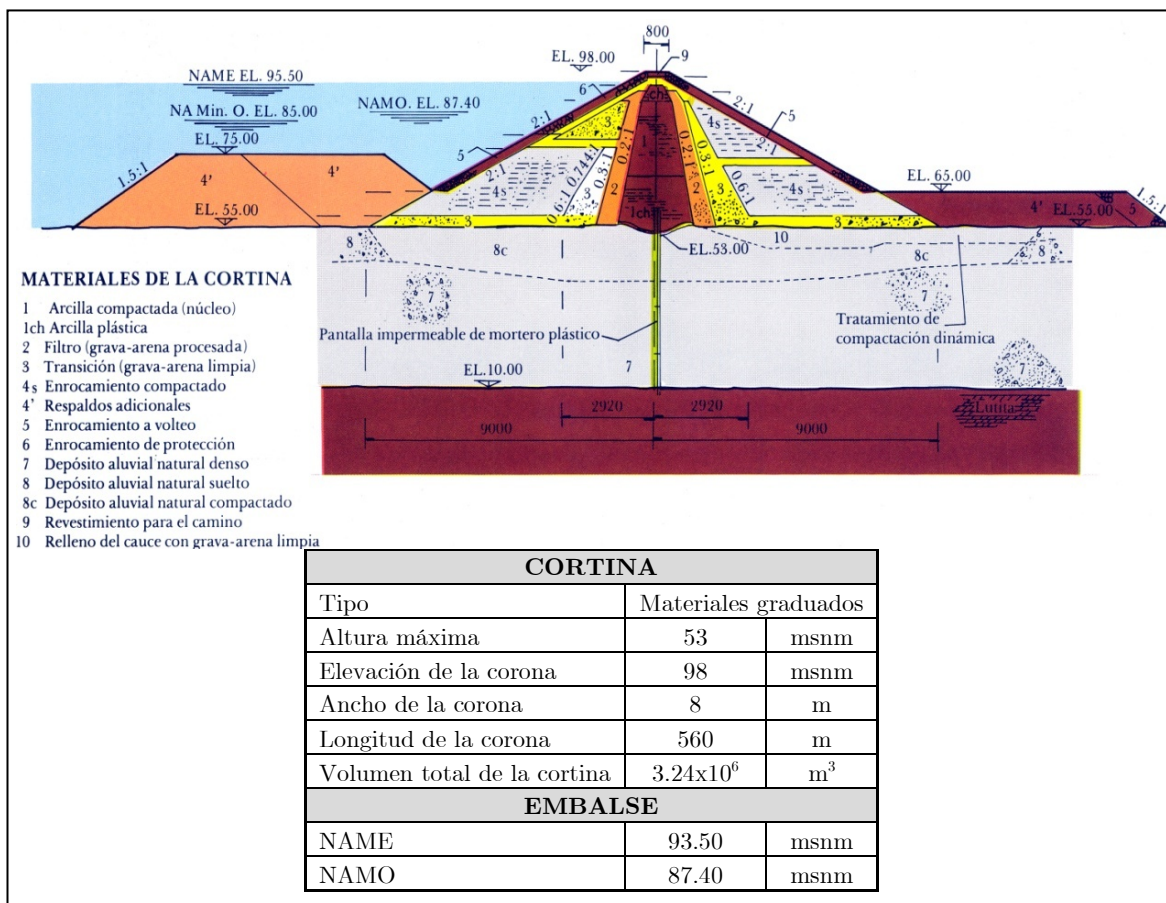


Figura 2.34. Cortina de la Presa Peñitas.

▪ OBRA DE DESVÍO

Con la obstaculización del brazo izquierdo, el cauce del río solamente fluía en dirección del brazo derecho, lo que permitió avanzar con la cortina por la margen izquierda. Paralelamente al avance de la cortina **se excavó un canal de desvío a cielo abierto de 35 (m) de ancho en la margen derecha**, lo que permitió concluir con la cortina (Fig. 2.39).

▪ OBRA DE EXCEDENCIAS

Consta de dos vertedores alojados en la margen derecha, controlados por compuertas radiales. Cada uno de los vertedores tiene cuatro compuertas radiales de 14.5 (m) de ancho por 15 (m) de altura. La cresta del vertedor se fijó a una elevación de 76.50 (m), la

longitud total de la cresta es de 116 (m) y permite evacuar un gasto de 18,700 (m³/s) (9,350 (m³/s) por cada vertedor) (Figs. 2.35, 2.36 (a) y 2.36 (b)).

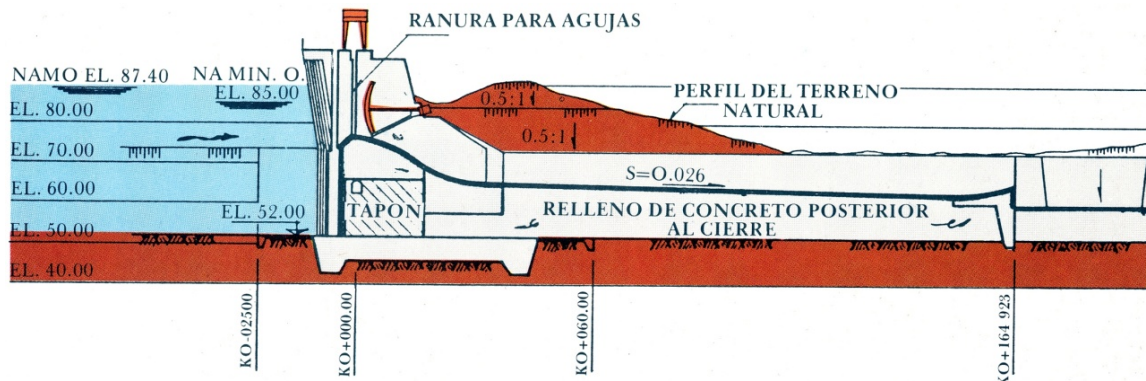


Figura 2.35. Perfil del vertedor de la Presa Peñitas.



Figura 2.36 (a). Vertedor aguas arriba. Figura 2.36 (b). Vertedor aguas abajo.

▪ PLANTA HIDROELÉCTRICA

La planta hidroeléctrica, localizada en la margen izquierda, consta de obra de toma, conducción a presión y casa de máquinas.

La obra de toma consiste en un canal de llamada y 4 tomas independientes. Está diseñada con 8 rejillas semicirculares. La conducción a presión consta de 8 conductos de 9x12 (m) y longitud de 40 (m), con inclinación a 45° (Fig. 2.39).

La casa de máquinas es de tipo exterior, tiene dimensiones de 165 m de longitud, 23.7 m de ancho y 60 (m) de altura. Está diseñada para alojar 4 unidades, cada una constituida por una turbina tipo Kaplan de eje vertical, con capacidad de 105 (MW) cada una (Figs. 2.38 (a) y 2.38 (b)).

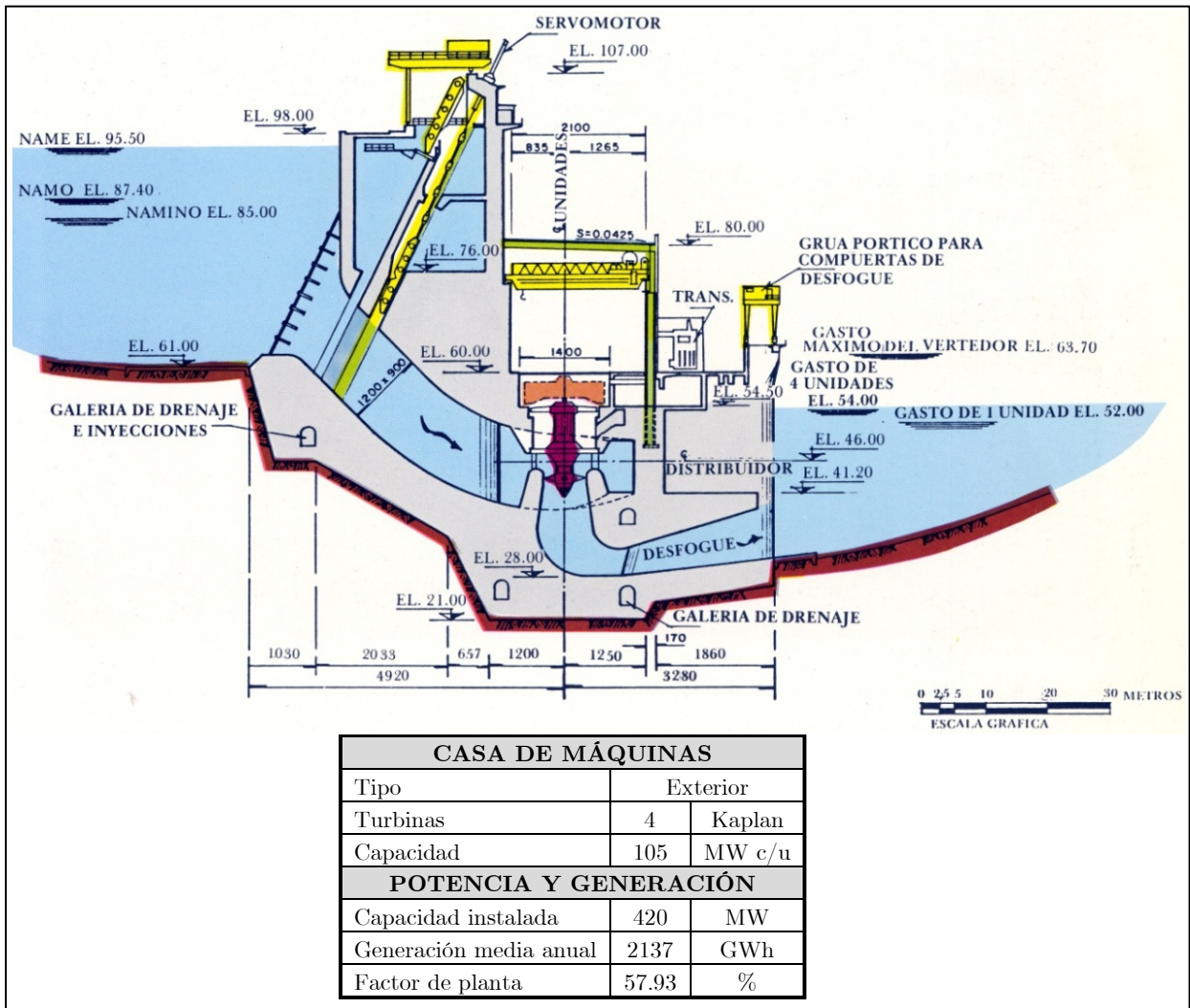


Figura 2.37. Perfil del Conductor a Presión. Presa Peñitas.



Figura 2.38 (a). Casa de máquinas (perfil). Presa Peñitas.

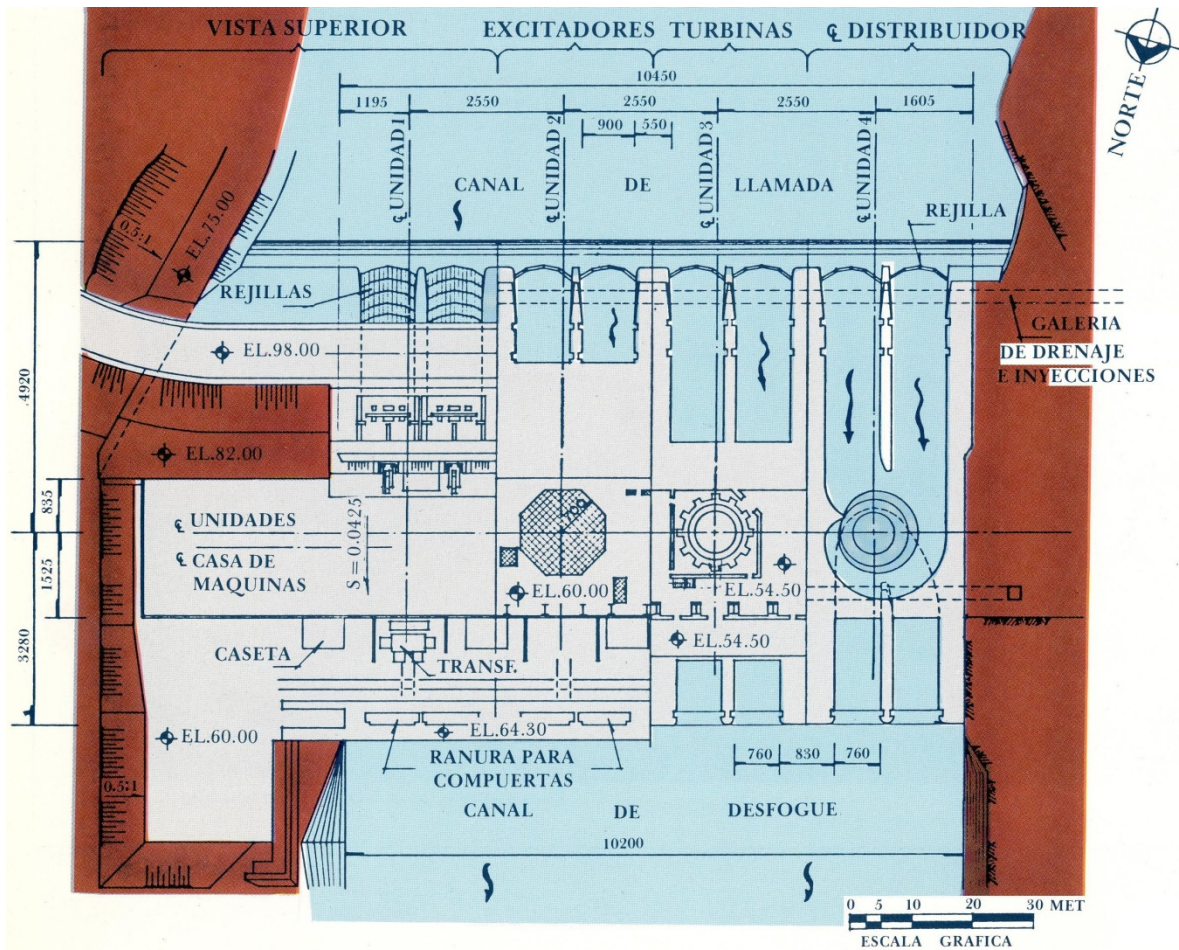


Figura 2.38 (b). Casa de máquinas (planta). Presa Peñañitas.

Para realizar estudios de avenidas y posteriormente transitarlas, es de suma importancia conocer los aspectos generales de las cuatro presas que integran el Sistema del Río Grijalva, sobre todo los niveles como el NAMO, NAME, elevación de la corona, superficies de los embalses que envuelven a cada presa y vertedores de excedencias por mencionar algunos.

El presente capítulo, es de suma importancia debido a que se tiene un panorama general del Sistema de Presas del Grijalva, con el motivo de estudiar de manera completa el análisis de las avenidas de diseño que se estimaron en el capítulo 5.

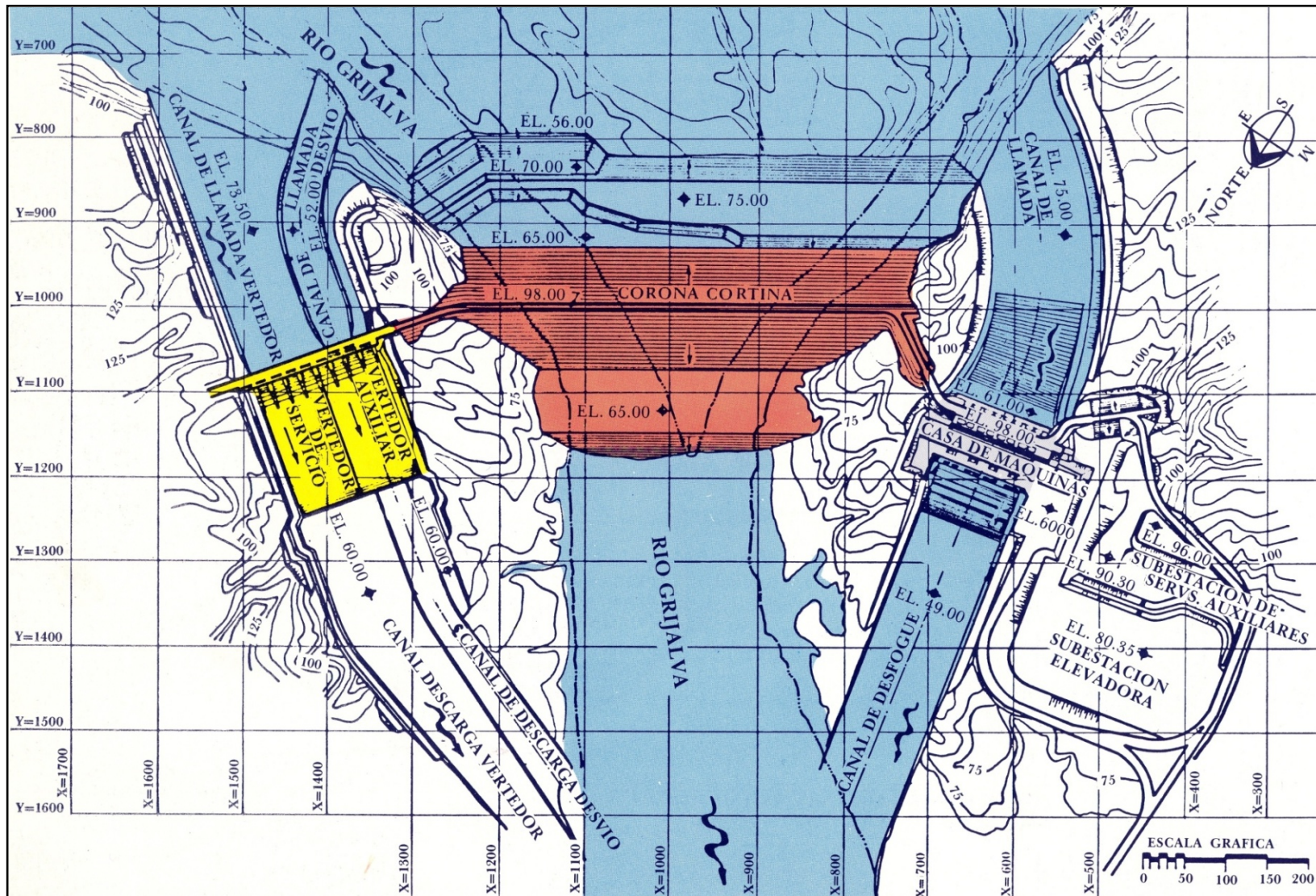


Figura 2.39. Planta General de la presa Ángel Alvino Corzo “Peñitas”.

Referencias

- 2.1. Comisión Federal de Electricidad (2009). <http://www.cfe.gob.mx>
- 2.2. Comisión Federal de Electricidad (2009). Subdirección de Generación. <http://h06814.ije.org.mx/cuencas/>
- 2.3. Comisión Federal de Electricidad. **“Comportamiento de Presas construidas en México”**, Vol. VII. Comisión Federal de Electricidad, 1985.
- 2.4. Comisión Nacional del Agua (2009). <http://www.cna.gob.mx>
- 2.5. Comisión Nacional del Agua. Presas de México 14 vols. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1994.
- 2.6. Domínguez, M.R., Mendoza, R.R., Alvarado, C.A, Márquez, U.L.E. **“Operación integral del sistema hidroeléctrico del Río Grijalva”**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Julio de 1993.
- 2.7. Instituto Nacional de Ecología (2005). **“La cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta”**. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/402/cuencas.html>
- 2.8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario Estadístico de Chiapas, 2007. <http://www.inegi.gob.mx>
- 2.9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009). <http://www.inegi.gob.mx>
- 2.10. México. Comisión del Grijalva. **“Presa Netzahualcóyotl”**: Chiapas. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1964.
- 2.11. México. Comisión Federal de Electricidad. **“México construye: Proyectos Hidroeléctricos Chicoasén y La Angostura”**. Comisión Federal de Electricidad, 1976.
- 2.12. México. Comisión Federal de Electricidad. **“Proyecto Hidroeléctrico Peñitas”**. Comisión Federal de Electricidad, 1988.

- 2.13. México. Comisión Federal de Electricidad. Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén. Comisión Federal de Electricidad, 1976.
- 2.14. México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. **Región Hidrológica No 30 (Grijalva-Usumacinta)**. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1971.
- 2.15. Secretaría de Energía (2009). <http://www.sener.gob.mx>
- 2.16. Rubio G. H., Triana R. C., “**Gestión integrada de crecientes caso de estudio México: Río Grijalva**”. Programa Asociado de Gestión de Crecientes, Organización Meteorológica Mundial (OMM), Global Water Partnership (GWP). Septiembre del 2006. pp. 1-14.

Capítulo 3

Elementos de Probabilidad y Estadística

3.1. Introducción

En este capítulo se presentan conceptos básicos de Probabilidad y Estadística, ya que dentro del diseño y planeación de una obra hidráulica juegan un papel importante en el análisis hidrológico de eventos futuros. Un ejemplo sería el diseño de vertedores de una presa de almacenamiento en donde se necesita predecir lluvias o avenidas de diseño con una determinada frecuencia o periodo de retorno.

3.2. Conceptos básicos de probabilidad

3.2.1. Experimento

Un experimento es toda **acción** que se realiza con el fin de **observar su resultado**. La experimentación es una etapa fundamental para llegar al conocimiento científico. La teoría de la probabilidad ha sido motivada por diversas circunstancias de la vida real en las que se realiza un experimento y el investigador observa un resultado. Un ejemplo que se puede

considerar es la determinación de la carga de ruptura de una varilla de acero que se prueba en una cierta máquina y es sometida a un esfuerzo de tensión. En este experimento la **acción** consiste en someter a la varilla a una prueba de ruptura por tensión; después de aplicar incrementos de carga, la varilla falla por tensión, que sería el **resultado** de la acción; y la **observación** es la lectura en la máquina para determinar la carga de ruptura que ocasionó que la varilla fallara (Olivera, S.A., 1987).

Un experimento es determinista si se puede predecir con certeza su resultado antes de que éste se realice. Un experimento es aleatorio cuando no es posible asegurar el resultado que se va a presentar al realizarlo; es decir que a pesar de repetirlo en condiciones aproximadamente idénticas, sus resultados no son esencialmente los mismos.

3.2.2. Espacio muestral

Es el conjunto de todos los posibles resultados de un experimento aleatorio y generalmente se representa a dicho conjunto con las letras \mathcal{S} , L , Ω .

3.2.3. Evento

Un evento A es una colección de puntos muestrales contenidos en el espacio muestral \mathcal{S} de un experimento aleatorio.

Eventos mutuamente excluyentes

Son eventos que no pueden ocurrir simultáneamente. Si se tienen dos eventos A y B cualesquiera, tales que la ocurrencia de uno implica que no puede ocurrir el otro, esto es, $A \cap B = \Phi$ entonces A y B son eventos mutuamente excluyentes.

Eventos colectivamente exhaustivos

A los eventos A_1, A_2, \dots, A_n se les llama eventos conjuntamente exhaustivos cuando su unión forma todo el espacio muestral, es decir:

$$S = (A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n)$$

3.2.4. Definición axiomática de probabilidad

Sea \mathcal{S} un espacio muestral, sea L la clase de todos los eventos y sea P una función de valores reales definida en L . Entonces P se llama una función de probabilidad, y $P(A)$ se denomina la probabilidad del evento A , si y sólo si se cumplen los siguientes axiomas (Borras, H., 1985).

Axioma I

La probabilidad de un evento es un número mayor o igual que cero y menor o igual que uno:

$$0 \leq P(A) \leq 1 \quad (3.1)$$

Axioma II

La probabilidad del evento \mathcal{S} es la unidad:

$$P(S) = 1 \quad (3.2)$$

Donde \mathcal{S} es el evento formado por todo el espacio muestral

Axioma III

La probabilidad de un evento que sea la unión de los eventos A y B mutuamente excluyentes, es la suma de las probabilidades de estos dos eventos:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \quad (3.3)$$

Para cualquier secuencia infinita de eventos mutuamente excluyentes A_1, A_2, A_3, \dots , se tiene

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) = P(A_1) + P(A_2) + P(A_3) + \dots + P(A_n) \quad (3.4)$$

3.2.5. Teoremas derivados de la definición axiomática

Teorema 1.1

Sea el evento A un evento cualquiera de S y A' el complemento de A, entonces:

$$P(A') = 1 - P(A) \quad (3.5)$$

Demostración:

Por el axioma II:

$$P(S) = 1$$

tomando en cuenta que:

$$(A \cup A') = S$$

obteniendo su probabilidad de ambos lados:

$$P(A \cup A') = P(S)$$

aplicando el axioma III

$$P(A) + P(A') = 1$$

$$\therefore P(A') = 1 - P(A)$$

Teorema 1.2

Sea ϕ el evento imposible, entonces:

$$P(\phi) = 0 \quad (3.6)$$

Demostración:

haciendo

$$S = S \cup \phi$$

obteniendo su probabilidad de ambos lados:

$$P(S) = P(S) + P(\phi)$$

por el axioma II:

$$P(S) = 1$$

sustituyendo

$$1 = 1 + P(\phi)$$

$$\therefore P(\phi) = 0$$

Teorema 1.3

Si A y B son dos eventos de S y $A \subset B$ (A es subconjunto de B)

$$P(A) \leq P(B) \quad (3.7)$$

Demostración:

El evento de B de la Fig. 3.1, se puede representar como la unión de los eventos mutuamente excluyentes A y $A' \cap B$, esto es, $B = \{A \cup (A' \cap B)\}$.

del axioma III

$$P(B) = P(A) + P(A' \cap B)$$

y por el axioma I

$$P(A' \cap B) \geq 0$$

$$\therefore P(B) \geq P(A)$$

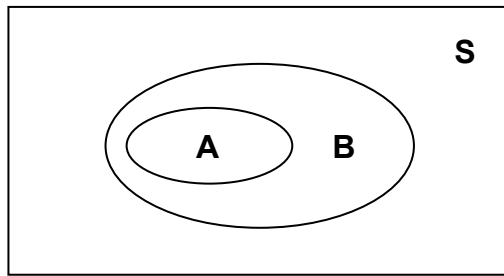


Figura 3.1. El conjunto A es subconjunto de B .

Teorema 1.4

Si A_1, A_2, \dots, A_n es una colección de eventos mutuamente excluyentes y conjuntamente exhaustivos, como se muestra en la Fig. 3.2.

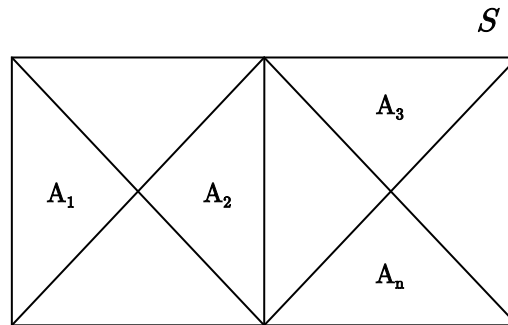


Figura 3.2. Eventos mutuamente excluyentes y conjuntamente exhaustivos.

Entonces:

$$P(A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup \dots \cup A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n)$$

$$P(A_1 \cup A_2 \cup A_3 \cup \dots \cup A_n) = \sum_{i=1}^n P(A_i)$$

$$\text{con } A_i \cap A_j = \emptyset \text{ para } i \neq j$$

Este teorema es solo una forma general del axioma III.

Teorema 1.5

Para dos eventos cualesquiera A y B:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \tag{3.8}$$

Demostración:

analizando la Fig. 3.3 se tiene

$$P(A \cup B) = P(A - B) + P(A \cap B) + P(B - A) \tag{3.9}$$

por otra parte

$$P(A - B) = P(A) - P(A \cap B) \tag{3.10}$$

$$P(B - A) = P(B) - P(A \cap B) \tag{3.11}$$

sustituyendo las ecuaciones (3.10) y (3.11) en la ecuación (3.9):

$$P(A \cup B) = P(A) - P(A \cap B) + P(A \cap B) + P(B) - P(A \cap B)$$

$$\therefore P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

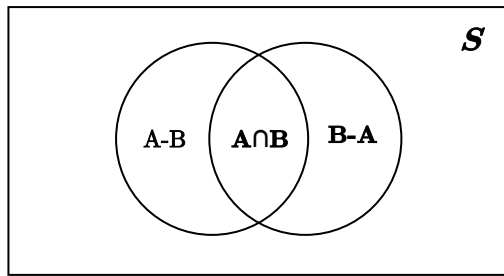


Figura 3.3. $P(A \cup B)$

3.3. Variables aleatorias

3.3.1. Introducción

Para dar solución a algunos problemas de ingeniería, se genera un cierto grado de incertidumbre debido a la variación de los fenómenos presentes en la naturaleza. Como resultado de las incertidumbres, el ingeniero no puede predecir con exactitud el evento que pueda ocurrir en el futuro, para solucionarlo utiliza modelos estadísticos y probabilistas en donde la variable esencial se llama **Variable aleatoria** (Benjamín et al., 1970).

3.3.2. Concepto de variable aleatoria

Dado un experimento aleatorio E , entonces una variable aleatoria X se define como una función real de variable real cuyo dominio es el espacio muestral S de probabilidades, contenido por eventos simples e_n , y por otro lado el codominio de la función es un espacio que contiene al conjunto de los números reales \mathbb{R} con valores $x_n = X(e_n)$ (Montgomery et al., 2000).

Una variable aleatoria X es una función real de variable real que **asigna** a cada evento simple $e_j \in S$ un valor numérico real $x_n \in IR$, mejor dicho $X(e_n) = x_n$. En la Fig. 3.4 se aprecia la naturaleza de la transformación de $X : S \rightarrow IR$.

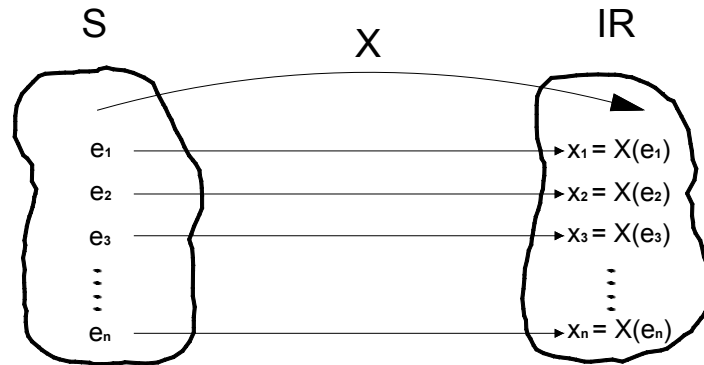


Figura 3.4. Concepto de variable aleatoria.

Con respecto a la notación, se consideran letras mayúsculas X para denotar variables aleatorias y letras minúsculas x para los valores particulares que puedan tomar. En la literatura es común encontrar denotadas con mayúsculas a las **funciones de distribución de probabilidad acumulada** $F(x)$ y con minúsculas a las **funciones densidad de probabilidad** $f(x)$ (Borras, H., 1985).

El comportamiento de una variable aleatoria " X " se describe mediante su ley de probabilidades y se caracteriza principalmente por medio de una **distribución de probabilidad** de la variable aleatoria. Al conjunto de parejas ordenadas (x_j, p_j) , se le conoce como distribución de probabilidad de la variable aleatoria X . Las variables aleatorias pueden ser discretas o continuas.

Como podemos observar una variable aleatoria se caracteriza en forma analítica por medio de una distribución de probabilidad y a su vez queda definida por una función de probabilidad. A continuación en la Fig. 3.5 se muestra un cuadro sinóptico para comprender la caracterización y definición de una variable aleatoria.

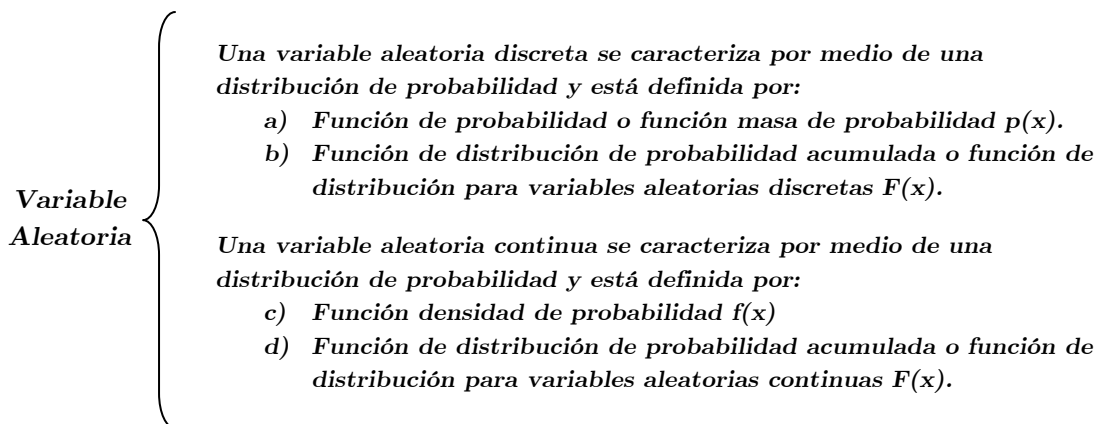


Figura 3.5. Características de una variable aleatoria.

3.3.3. Variables aleatorias discretas

- *Concepto de variable aleatoria discreta*

Si el dominio de definición de una variable aleatoria es un intervalo finito, y los resultados del experimento aleatorio al que está asociada dicha variable aleatoria sólo definen algunos de los valores comprendidos dentro de ese intervalo, se dice que la variable aleatoria es discreta.

Obsérvese que la distribución de probabilidad $\{(x_i, p_i)\}$ de la variable aleatoria, define completamente el fenómeno al que está asociada, ya que dichos valores determinan los resultados del experimento y sus correspondientes probabilidades y la forma de cómo se presentan esos resultados (Benjamín et al., 1970).

- *Función de probabilidad o función masa de probabilidad $p(x)$*

Una distribución de probabilidad analíticamente queda definida mediante una función de probabilidad $p(x_i)$, la cual relaciona los resultados de un experimento aleatorio con su probabilidad de ocurrencia. Cuando el resultado del experimento aleatorio es un número, generalmente se le asigna el mismo valor; o sea, la variable aleatoria X puede tomar los valores de x_i . Lo anterior se puede representar mediante la siguiente expresión. En la Fig. 3.6 se representa gráficamente la función de probabilidad (Montgomery et al., 2000).

$$p(x_i) = P(X = x_i) \tag{3.12}$$

La condiciones que debe de cumplir cualquier función $p(x_i)$ para que sea función de probabilidad de una variable aleatoria X , y así poder definir una distribución de probabilidad, debe cumplir los primeros dos axiomas de la teoría de la probabilidad.

$$0 \leq P(x_i) \leq 1, \quad \forall i \tag{3.13}$$

$$\sum_{i=1}^x P(x_i) = 1 \tag{3.14}$$

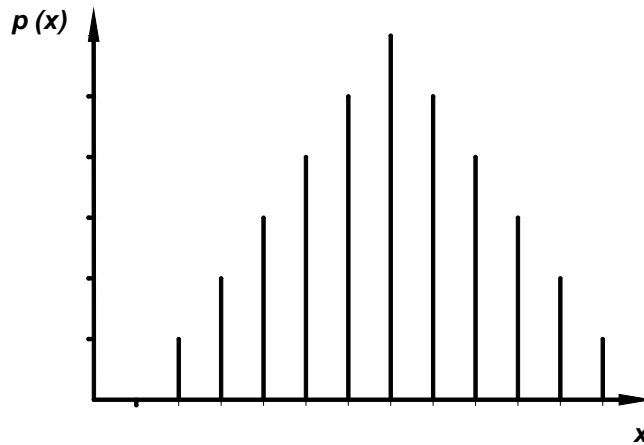


Figura 3.6. Función de probabilidad.

3.3.4. Variables aleatorias continuas

En el análisis estadístico en hidrología generalmente se trabaja con variables aleatorias continuas, por lo que se analizarán con precaución.

3.3.4.1. Concepto de variable aleatoria continua

Si el dominio de definición de una variable aleatoria es un intervalo infinito, y los resultados del experimento aleatorio al que está asociada dicha variable definen cualquier valor real comprendido dentro del intervalo, se dice que la variable aleatoria es continua.

Este tipo de variables se presentan con más frecuencia en los sistemas físicos debido a que la masa, el calor, el volumen, el tiempo y otras características, pueden tomar cualquier valor, dentro de una escala continua. Sin embargo, formalmente puede definirse la distribución de probabilidades de una variable aleatoria continua X por medio de su **función densidad de probabilidad** (Benjamín et al., 1970).

3.3.4.2. Función densidad de probabilidad $f(x)$

En el caso de una variable aleatoria continua no es posible establecer explícitamente las parejas ordenadas (valor de la variable aleatoria, y su correspondiente probabilidad) que definen una distribución de probabilidad continua, por no ser numerable el conjunto de valores de la variable aleatoria continua. Una variable aleatoria continua X puede tomar una infinidad de valores en un pequeño intervalo; en consecuencia, la probabilidad de que X tome un valor en particular es prácticamente cero y para estudiar el comportamiento de las variables se debe de hablar de subintervalos, dentro de los cuales puede encontrarse el valor de X (Montgomery et al., 2000).

Sea X una variable aleatoria continua en el intervalo $-\infty \leq x \leq \infty$, o sea, que puede tomar cualquier valor real en ese intervalo, por lo que no es posible definir su distribución de probabilidad en forma tabular; no es posible expresar explícitamente el conjunto infinito de parejas ordenadas $\{(x_i, p_i)\}$ que se tiene para todo valor de x en el intervalo. En este caso deberá definirse la distribución de probabilidad x en forma gráfica o analítica.

Por la continuidad de los valores de x en el intervalo, en este caso el polígono de probabilidad se convierte en una curva continua de ecuación $y = f(x)$, siendo $f(x)$ una función real de la variable aleatoria X en su intervalo de definición. A la función $f(x)$ se le llama **función densidad de probabilidad** de la variable aleatoria X .

La función densidad de probabilidad se define de tal manera que la probabilidad del evento $P(x_1 \leq X \leq x_2)$ sea igual al área bajo la curva de la función $f(x)$ entre $x = x_1$ y $x = x_2$, como se muestra en la Fig. 3.7.

entonces:

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \quad (3.15)$$

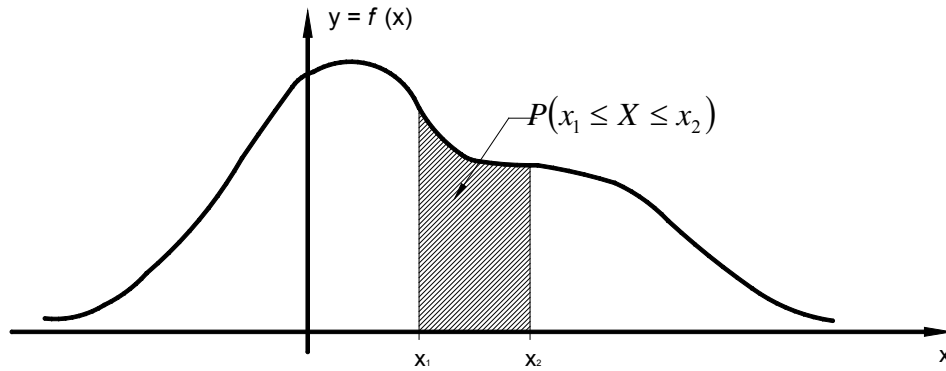


Figura 3.7. Función densidad de probabilidad.

Es importante darse cuenta de que $f(x)$ no representa la probabilidad de nada, solo cuando la función integra entre dos puntos se produce una probabilidad.

Una función $f(x)$ debe de cumplir con las condiciones siguientes para que sea función densidad de probabilidad de una variable aleatoria continua:

- a) La función $f(x)$ es positiva para todo valor de x :

$$f(x) \geq 0 \tag{3.16}$$

- b) El área bajo la curva de la función $f(x)$ en el intervalo $-\infty \leq x \leq \infty$ vale uno:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1 \tag{3.17}$$

3.3.4.3. Función de distribución de probabilidad acumulada $F(x)$

Otra forma de caracterizar el comportamiento de una variable aleatoria es mediante la distribución de probabilidad acumulada y puede definirse formalmente por medio de una **función de distribución de probabilidad acumulada $F(x_0)$** , como:

$$F(x_0) = P(X \leq x_0) \tag{3.18}$$

La función de distribución acumulada de cualquier tipo de variable aleatoria discreta o continua, tiene las siguientes propiedades y su representación gráfica se visualiza en la Fig. 3.8 (Montgomery et al., 2000).

$$\begin{aligned} F(x_0) &\geq 0 \quad \forall x_0 \\ F(-\infty) &= 0 \\ F(\infty) &= 1 \\ F(x_0 + \varepsilon) &\geq F(x_0), \quad \text{para toda constante } \varepsilon > 0 \\ P(x_1 \leq X \leq x_2) &= F(x_2) - F(x_1) \end{aligned}$$

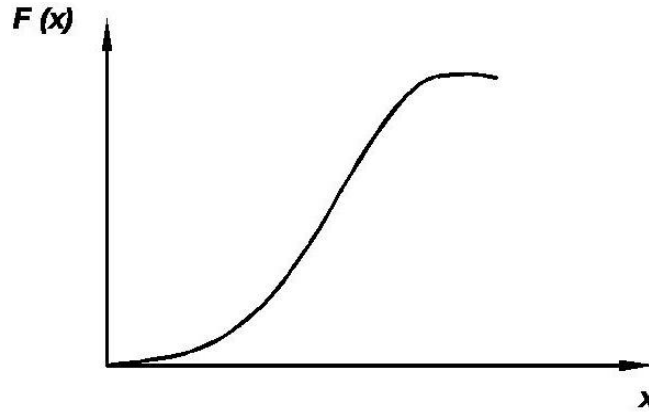


Figura 3.8. Función de distribución de probabilidad acumulada.

3.3.4.4. Función de distribución de probabilidad acumulada para variables aleatorias continuas

Si la variable aleatoria es continua y $f(x)$ es su función densidad de probabilidad, la función $F(x)$ es:

$$F(x_0) = P(X \leq x_0) = \int_{-\infty}^{x_0} f(x) dx$$

$$\boxed{F(x_0) = \int_{-\infty}^{x_0} f(x) dx} \quad (3.19)$$

3.3.5. Esperanza matemática o valor esperado de variables aleatorias continuas

En general, en la literatura se le considera a la esperanza matemática como valor esperado o valor promedio de la variable aleatoria X . Puede ser interpretada como un **promedio ponderado** de una función $g(x)$ y como se verá posteriormente es de gran utilidad para definir algunos **parámetros poblacionales** que caracterizan el comportamiento de la variable aleatoria (Borras, H., 1985).

- **Esperanza matemática de una función de una variable aleatoria continua**

Si la variable aleatoria es de tipo continua, y su función densidad de probabilidad es $f(x)$, la esperanza matemática de $g(x)$ se define como:

$$\boxed{E\{g(x)\} = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) f(x) dx} \quad (3.20)$$

3.3.6. Parámetros poblacionales de la distribución de variables aleatorias continuas

Como se había comentado, los parámetros más importantes a calcular son la media y la varianza. Para su estudio se presentaran dos casos particulares de la esperanza matemática que son: los momentos con respecto al origen y los momentos con respecto a la media (Olivera, S.A., 1987).

Momentos de orden n con respecto al origen

Para una distribución de probabilidad, se define al momento de orden n con respecto al origen de la variable aleatoria X , a la esperanza matemática de la función $g(x)$ considerando lo siguiente:

tomando en cuenta que:

$$g(x) = X^n \tag{3.21}$$

sustituyendo la ecuación (3.21) en la ecuación (3.20), resulta

$$E\{X^n\} = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x) dx \tag{3.22}$$

donde: n es un número entero positivo.

3.3.6.1. Momentos de orden n con respecto a la media

Se llama momento de orden n con respecto a la media de la distribución de probabilidad de la variable aleatoria X , a la esperanza matemática de la función $g(x)$ considerando lo siguiente:

si

$$g(x) = (X - \mu_x)^n \tag{3.23}$$

donde: n es un entero positivo y μ_x la media de la distribución,

sustituyendo la ecuación (3.23) en la ecuación (3.20)

$$E\{(X - \mu_x)^n\} = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^n f(x) dx \tag{3.24}$$

3.3.6.2. Media de la distribución poblacional

Tomando en cuenta el momento de orden n respecto al origen para el caso de variables aleatorias discretas, se tiene:

$$E\{X^n\} = \sum_{\forall x} x^n p(x) \tag{3.25}$$

y obteniendo el primer momento con respecto al origen, $n = 1$

$$E\{X\} = \sum_{\forall x} x p(x) \tag{3.26}$$

si hacemos

$$\mu_x = E\{X\} \tag{3.27}$$

sustituyendo la ecuación (3.26) en la ecuación (3.27)

$$\mu_x = \sum_{\forall x} x p(x) \tag{3.28}$$

Si consideramos que cada x_i ocurre con la misma probabilidad p_i , entonces cada p_i tiene valor de:

$$p_i = \frac{1}{n} \quad (3.29)$$

sustituyendo la ecuación (3.29) en la ecuación (3.28)

$$\mu_X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.30)$$

A la expresión anterior se le llama **media de la distribución**. La media es uno de los parámetros más representativos de la distribución, ya que conociendo la media o valor esperado de la distribución se tiene una idea del valor central de la distribución.

Una analogía del concepto físico del primer momento, que es la media de la distribución de probabilidad de la variable aleatoria es semejante al concepto de centroide que se estudia en mecánica. Observando la Fig. 3.9, la media es la abscisa del centroide de la función de probabilidad (Olivera, S.A., 1987).

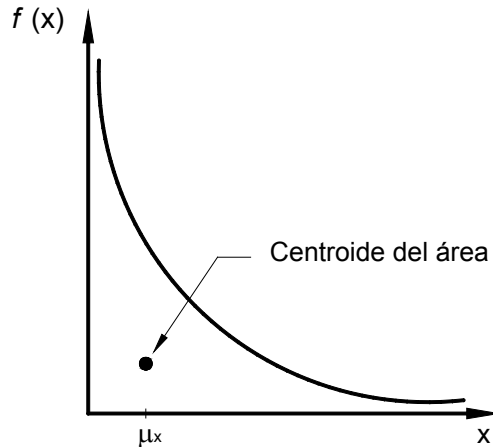


Figura 3.9. La media es la abscisa del centroide.

3.3.6.3. Varianza de la distribución poblacional

Si $n = 0$, se tiene el momento de orden cero con respecto a la media, y tanto en el caso discreto como en el continuo vale uno.

Si $n = 1$, se tiene el momento con respecto a la media, y tanto en el caso discreto como en el continuo vale cero.

Si $n = 2$, se tiene el segundo momento con respecto a la media.

de la ecuación (24)

$$E\{(X - \mu_X)^2\} = \int_{-\infty}^{\infty} (X - \mu_X)^2 f(X) dx \quad (3.31)$$

haciendo

$$\sigma_X^2 = E\{(X - \mu_X)^2\}$$

Por lo tanto el momento de orden dos, $n = 2$, con respecto a la media, recibe el nombre de *varianza* y se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma_X^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_X)^2 f(x) dx \quad (3.32)$$

Si se considera a la esperanza matemática como un promedio y a la diferencia $(X - \mu_X)$ como la distancia entre un valor particular de X y su media, **entonces se interpreta a la varianza como el promedio de los cuadrados de las diferencias entre el valor medio (μ_x) y los posibles valores de la variable aleatoria** (Olivera, S.A., 1987).

Si el exponente n toma cualquier otro valor par, se tendrá también un indicador de la dispersión de los datos y éste será siempre positivo, mientras que para una potencia impar, el momento puede ser positivo, negativo o cero.

La raíz cuadrada de la varianza define el concepto de **desviación estándar** de la variable aleatoria X y se representa por σ_X , donde:

$$\sigma_X = \sqrt{\sigma_X^2} \quad (3.33)$$

La desviación estándar explica la dispersión promedio de los valores posibles de la variable aleatoria con respecto a su media.

3.4. Conceptos básicos de estadística

3.4.1. Introducción

La estadística ha llegado a ser un instrumento de uso cotidiano para todos los profesionistas que están en contacto con fenómenos de naturaleza aleatoria, y que a partir del conocimiento de ciertos datos cuantitativos del fenómeno, deben tomar decisiones sobre su comportamiento general.

3.4.2. Concepto de Estadística

La Estadística se ocupa de los métodos y procedimientos para recoger, clasificar, resumir, hallar regularidades y analizar los datos, siempre y cuando la variabilidad e incertidumbre sea una causa intrínseca de los mismos; así como de realizar inferencias a partir de ellos, con la finalidad de ayudar a la toma de decisiones y en su caso formular predicciones.

Para su estudio, la estadística se divide en: estadística descriptiva, cuando los resultados del análisis no pretenden ir más allá del conjunto de datos, e inferencia estadística cuando el objetivo del estudio es derivar las conclusiones obtenidas a un conjunto de datos más amplio (Borras, H., 1985).

3.4.3. Estadística descriptiva

Definición

Ciencia dedicada a describir las características existentes en un conjunto de datos (la muestra), utilizando métodos numéricos y gráficos que resumen y presentan la información contenida en ellos. Las tareas de la estadística descriptiva son: La organización de los datos

numéricos de la muestra a través de las tablas y las representaciones gráficas (Borras, H., 1985).

Población

Es un conjunto finito o infinito de objetos, llamados elementos, que tienen en común una o varias características particulares que se desean estudiar.

Muestra

Es un subconjunto de la población. La selección de una muestra es una etapa muy importante dentro del estudio estadístico, debido a que la información que presenta la muestra es la base para hacer suposiciones o inferencias sobre lo que ocurre en la población.

3.4.3.1. Parámetros estadísticos de una muestra

Como ya se vio anteriormente los parámetros poblacionales se representan mediante letras griegas $\mu, \sigma, \sigma^2, \nu, \gamma$. En el caso de una distribución de frecuencias también se pueden establecer medidas descriptivas, conocidos como **parámetros estadísticos o estadísticos muestrales**, y para distinguirlas de los parámetros poblacionales se usan las letras latinas \bar{x}, S, S^2, C_v, g .

En el análisis hidrológico se recomienda el uso de los estadísticos no sesgados, ya que generalmente se trabaja con muestras relativamente pequeñas.

Los datos de una muestra pueden caracterizarse numéricamente mediante los siguientes grupos de parámetros estadísticos:

- **Medidas de tendencia central**

Media (\bar{x})

Se define como el promedio aritmético de los datos de una muestra y está dada por:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.34)$$

donde:

\bar{x}	media de la muestra
x_i	valores de la muestra
n	número total de valores

- **Medidas de dispersión**

Como su nombre lo indica, las medidas de dispersión reflejan la separación o alejamiento de los elementos de una muestra (Borras, H., 1985).

Varianza (S_x^2)

En el tema de variables aleatorias se definió a la varianza de una variable aleatoria como el segundo momento con respecto a la media. De manera análoga, para una distribución de frecuencias se define el momento k-ésimo con respecto a la media como:

$$m_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^k \quad (3.35)$$

y en consecuencia, la **varianza muestral** (insesgada) se define como:

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.36)$$

y la **desviación estándar** (S_x) como:

$$S_x = \sqrt{S_x^2} \quad (3.37)$$

Coefficiente de variación (C_v)

Para una distribución de frecuencias, se define como el cociente de la desviación estándar muestral entre la media muestral; esto es:

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{x}} \quad (3.38)$$

▪ **Medidas de asimetría**

Para medir en forma adimensional la asimetría de una distribución de frecuencias, se utiliza el **coeficiente de asimetría** por momentos g ; que se define como el cociente del tercer momento con respecto a la media entre la raíz cuadrada del segundo momento con respecto a la media elevada al cubo; esto es:

$$g = \frac{m_3}{(m_2)^{3/2}}$$

de donde resulta

$$g = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{(n-1)}{n} S_x^2 \right]^{3/2}} \quad (3.39)$$

3.5. Generalidades de inferencia estadística

3.5.1. Introducción

En estadística se le llama inferencia al proceso de inducir o bien deducir las características o parámetros poblacionales a partir de la información muestral, midiendo con probabilidades la incertidumbre (Olivera, S.A., 1987).

Para hacer una inferencia estadística, se pueden **estimar los parámetros** descriptivos de la población a partir de la información obtenida en una muestra, ya sea como un valor puntual, como un intervalo, o bien establecer valores hipotéticos de los parámetros y probar estadísticamente si son válidas las hipótesis.

Un estimador es un valor aproximado de un parámetro poblacional, y es determinado de los estadísticos muestrales obtenidos de la población. Existen dos formas para estimar los parámetros: **puntuales o por intervalos de confianza**.

Estimación puntual: cuando solamente se da un valor del parámetro desconocido.

Estimación por intervalos de confianza: cuando se fijan dos valores entre los cuales se encuentra el parámetro desconocido.

3.5.2. Métodos para determinar la estimación puntual de parámetros poblacionales

A continuación se presentan algunos métodos para la estimación de parámetros más comunes en hidrología, estos son: método de momentos y método de máxima verosimilitud.

3.5.2.1. Método de momentos

El método de los momentos es un procedimiento muy sencillo para encontrar un estimador de uno o más parámetros poblacionales. Consiste básicamente en igualar los momentos poblacionales con los muestrales con lo que se genera un sistema de ecuaciones, cuyo tamaño depende del número de parámetros a estimar (Montgomery et al., 2000).

Supóngase que X es una variable aleatoria **continua** con función densidad de probabilidad

$$f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \quad (3.40)$$

Donde dicha función tiene parámetros desconocidos $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$. Sea X_1, X_2, \dots, X_n una muestra aleatoria de tamaño n de X .

Por otra parte definidos los primeros **k -ésimos momentos de una muestra** con respecto al origen, resulta:

$$m_t = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^t}{n} \quad t = 1, 2, \dots, k \quad (3.41)$$

Los primeros **k momentos de la población** con respecto al origen son:

$$\mu_t = E(X^t) = \int_{-\infty}^{\infty} x^t f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) dx \tag{3.42}$$

$$t = 1, 2, \dots, k \quad X \text{ es continua}$$

Al igualar los momentos de la muestra con los momentos de la población se producirán k ecuaciones con k incógnitas, esto es:

$$\begin{array}{c} \mu_t = m_t \\ \int_{-\infty}^{\infty} x^t f(x; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) dx = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^t}{n} \\ t = 1, 2, \dots, k \end{array} \tag{3.43}$$

Con la solución de la ecuación anterior, se encuentran los **estimadores** de momento $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_k$ de los *parámetros* $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$.

3.5.2.2. Método de máxima verosimilitud

Uno de los mejores métodos para obtener un estimador puntual es el de máxima verosimilitud (Montgomery et al., 2000).

Supóngase que X es una variable aleatoria continua con función densidad de probabilidad $f(x; \theta)$, donde θ es un parámetro desconocido único y asociado a la distribución de probabilidad de X . Sean X_1, X_2, \dots, X_n los valores observados en una muestra aleatoria de tamaño n . Su función densidad conjunta se describe como:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \tag{3.44}$$

A la expresión anterior es conocida como **función de verosimilitud** y se representa con la letra L .

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta) \tag{3.45}$$

Para poder encontrar el estimador de máxima verosimilitud $\hat{\theta}$ del parámetro θ , $\hat{\theta}$ debe de maximizar a la función de verosimilitud

$$\hat{\theta} = \text{máx} f\left(X_1, X_2, \dots, X_n; \theta\right) \tag{3.46}$$

“El procedimiento para estimar los parámetros en donde la función de verosimilitud alcanza su máximo, implica realizar la derivada parcial de L con respecto a θ e igualando a cero” (Montgomery et al., 2000).

3.6. Periodo de retorno (Tr)

El objetivo principal del análisis estadístico de datos hidrológico es la determinación del llamado periodo de retorno de un cierto evento hidrológico.

3.6.1. Concepto de periodo de retorno

El **periodo de retorno** (Tr) se define como el lapso de tiempo promedio en años, en que se presente la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada.

La probabilidad $p = P(X \geq x_{Tr})$ de ocurrencia del evento $X \geq x_{Tr}$ en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno, de tal modo que para cada observación existen dos resultados posibles: si $X \geq x_{Tr}$ (probabilidad p) se tiene un éxito, en otro caso $X < x_{Tr}$ (probabilidad $1 - p$) se presenta una falla.

La probabilidad de ocurrencia de un evento en cualquier observación es el inverso de su periodo de retorno

$$P(X \geq x_{Tr}) = \frac{1}{Tr} \quad (3.47)$$

La ecuación anterior indica que si un evento hidrológico X es igual o mayor que x , entonces ocurre dicho evento por lo menos una vez en Tr años, de donde $1/Tr$ es la probabilidad de excedencia.

De la ecuación (3.47) se deriva el periodo de retorno con probabilidad de no excedencia,

$$P(X \leq x_{Tr}) = 1 - \frac{1}{Tr} \quad (3.48)$$

Usualmente cuando se tienen datos de un cierto periodo, y se desea aplacar algún método estadístico para extrapolar dichos datos a periodos de retorno mayores al de las mediciones, es necesario asignar un valor Tr a cada dato registrado. Para asignar periodos de retorno a una serie de datos es común el empleo de la ley empírica de Weibull:

$$Tr = \frac{n + 1}{k} \quad (3.49)$$

donde:

- n número de años de registro
- k número de orden del dato analizado ordenado de mayor a menor

3.6.2. Criterios usuales para fijar un periodo de retorno

- **Criterios económicos**

La fijación del periodo de retorno puede llevarse a cabo por medio de criterios económicos, como pueden ser la comparación de los costos anuales de las obras con los daños producidos por avenidas.

Según la Fig. 3.10, entre mayor sea el periodo de retorno T_r , los costos de una obra crecerán de manera importante y por lo tanto los costos de los daños producidos por avenidas serán relativamente pequeñas. La suma de las curvas 1 y 2 será el costo total y el costo mínimo será el punto mínimo de dicha curva de costos totales (Monsalve, S.J., 1999).

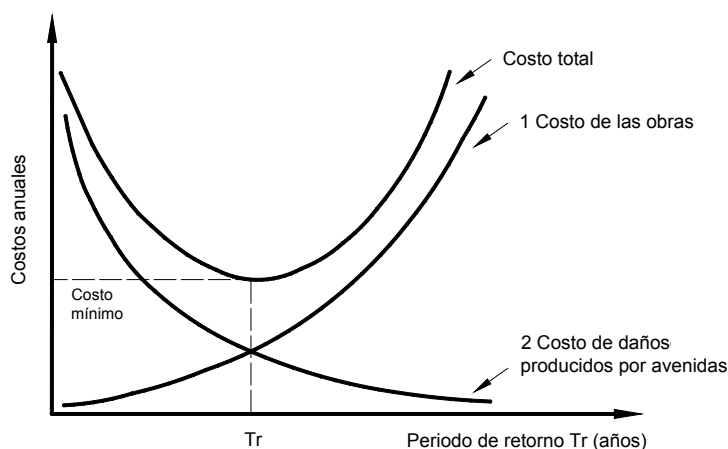


Figura 3.10. Análisis de costos anuales de obras para la determinación de periodos de retorno.

▪ **Criterios usuales**

- I. Vida útil de la obra
- II. Tipo de estructura
- III. Facilidad de reparación y ampliación
- IV. Peligro de pérdidas y vidas humanas

3.7. Funciones de distribución de probabilidad de variables aleatorias continuas más usadas en hidrología

3.7.1. Introducción

Las funciones de densidad más comunes para el análisis hidrológico son las siguientes:

- Normal
- Lognormal
- Gamma
- Exponencial
- Pearson tipo III (Gamma de tres parámetros)
- Gumbel (Distribución general de valores extremos tipo I)
- Gumbel dos poblaciones (Gumbel mixta)

Las primeras cinco obedecen a un tipo de población, mientras que la distribución Gumbel dos poblaciones trabaja con dos tipos de población; por ejemplo los gastos producidos por lluvias ciclónicas y no ciclónicas o bien en sitios, como en el Noroeste de México, en los que se presentan volúmenes grandes debido a lluvias de invierno conocidas como “equipatas” (Domínguez et al., 2009).

Las funciones de probabilidad que generalmente se ajustan a lluvias y escurrimientos anuales son las tres primeras. Las dos últimas se desarrollaron para el análisis de eventos extremos. La función exponencial es muy poco flexible, se usa para lluvias máximas y para estudios de volúmenes almacenados.

Como ya se había comentado, los métodos estadísticos se basan en *ajustar* una muestra de gastos máximos registrados, por medio de una función de distribución de probabilidad, para posteriormente extrapolarlos a un determinado periodo de retorno.

Las distribuciones que manejaremos para ajustar las muestras con el fin de diseñar Avenidas de Diseño, son las distribuciones de valores extremos, o sea, las funciones de distribución Gumbel y Gumbel dos poblaciones. De modo que daremos una breve explicación sobre estas distribuciones en particular.

3.7.2. Función de distribución de valores extremos tipo I (Gumbel)

Consideremos una población en donde se tienen n muestras, cada muestra contiene n eventos. A hora seleccionemos el valor máximo q de cada muestra. Si el tamaño de las muestras es suficientemente grande, o sea, cuando n tiende a infinito la función de distribución de probabilidad acumulada o función de distribución de probabilidad de q tiende a una distribución de tipo Gumbel;

$$F(q) = e^{-e^{-\left[\frac{q-\beta}{\alpha}\right]}} \quad (3.50)$$

La función densidad de probabilidad está dada por:

$$f(q) = \frac{1}{\alpha} e^{-e^{-\left[\frac{q-\beta}{\alpha}\right]}} e^{-\left[\frac{q-\beta}{\alpha}\right]} \quad (3.51)$$

$$(-\infty < q < \infty, \alpha > 0)$$

donde:

- α parámetro de escala
- β parámetro de ubicación
- q variable aleatoria continua (representa a los gastos máximos)
- $F(q)$ función de distribución de valores extremos tipo I
- $f(q)$ función densidad de probabilidad tipo Gumbel

Esta función de distribución se utiliza para determinar la probabilidad de que se presenten grandes avenidas, debido a que se ha demostrado teóricamente que se ajusta a los valores máximos. La tendencia de la función de distribución Gumbel se presenta en la Fig. 3.11.

- **Parámetros poblacionales de la distribución Gumbel**

Media

$$\mu = \beta + \Gamma \alpha \quad (3.52)$$

donde:

- Γ constante de Euler $\Gamma = 0.5772156649$

Desviación estándar

$$\sigma = \frac{\pi}{\sqrt{6}} \alpha \tag{3.53}$$

Coefficiente de asimetría

$$\gamma = 1.1396 \tag{3.54}$$

El coeficiente de asimetría es constante lo cual indica que esta distribución es sesgada a la derecha para todos los valores de α y β . Como la distribución es asimétrica se recomienda el método de máxima verosimilitud para estimar los parámetros α y β (Berezowsky et al., 1981).

▪ **Variable reducida de la distribución Gumbel**

La variable reducida z , de la distribución Gumbel se deduce de la ecuación (3.50) como:

$$\left(\frac{q - \beta}{\alpha} \right) = -Ln \left[Ln \left(\frac{1}{F(q)} \right) \right] \tag{3.55}$$

sustituyendo la ecuación (3.48) en la ecuación (3.55), la variable reducida z queda en términos del periodo de retorno como:

$$z = -Ln \left[Ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right] \tag{3.56}$$

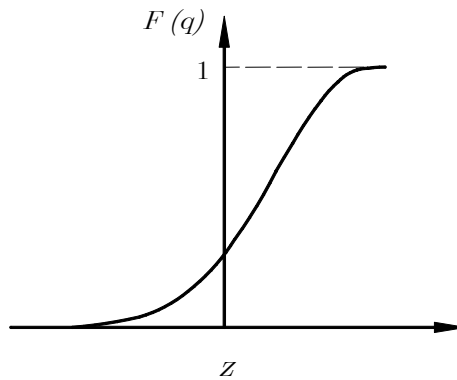


Figura 3.11. Función distribución de Gumbel.

▪ **Estimación de parámetros estadísticos por el método de momentos**

El valor de los parámetros α y β se estiman con las ecuaciones siguientes

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S \tag{3.57}$$

$$\beta = \bar{x} - \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \Gamma \right) S \tag{3.58}$$

donde:

\bar{x}	media de muestra, calculada con la ecuación (3.34)
S	desviación estándar de la muestra, calculada con las ecuaciones (3.36) y (3.37)
Γ	constante de Euler $\Gamma = 0.5772156649$

▪ **Estimación de parámetros estadísticos por el método de máxima verosimilitud**

El logaritmo natural de la función de verosimilitud para la distribución Gumbel es (Berezowsky et al., 1981).

$$Ln(L) = n Ln(\alpha) - \left[\alpha \sum_{i=1}^n (q_i - \beta) \right] - \left[\sum_{i=1}^n e^{-\alpha(q_i - \beta)} \right] \quad (3.59)$$

derivando la ecuación (3.59) parcialmente con respecto a los parámetros α y β e igualando a cero se tiene:

$$\frac{\partial}{\partial \beta} (Ln(L)) = n \alpha - \alpha \sum_{i=1}^n e^{-\alpha(q_i - \beta)} = 0 \quad (3.60)$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} (Ln(L)) = \frac{n}{\alpha} - \sum_{i=1}^n (q_i - \beta) + \sum_{i=1}^n (q_i - \beta) e^{-\alpha(q_i - \beta)} = 0 \quad (3.61)$$

Se observa que las ecuaciones (3.60) y (3.61) forman un sistema de ecuaciones, la ecuación (3.60) puede ser escrita como:

$$e^{\alpha \beta} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n e^{-\alpha q_i}} \quad (3.62)$$

sustituyendo la ecuación (3.62) en la ecuación (3.61) resulta:

$$\frac{n}{\alpha} - \sum_{i=1}^n q_i + n \left[\frac{\sum_{i=1}^n q_i e^{-\alpha q_i}}{\sum_{i=1}^n e^{-\alpha q_i}} \right] = 0 \quad (3.63)$$

La ecuación (3.63) es no lineal, de modo que para darle solución se puede resolver numéricamente por medio del método de Newton-Raphson, la fórmula de recurrencia queda como:

$$\alpha_{i+1} = \frac{1}{\alpha_i} - \frac{F(\alpha_i)}{dF(\alpha_i)} \quad (3.64)$$

Donde la función y su correspondiente derivada se muestran a continuación:

$$F(\alpha_i) = n \alpha_i - \sum_{i=1}^n q_i + n \left[\frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot e^{-\left(\frac{q_i}{\alpha}\right)}}{\sum_{i=1}^n e^{-\left(\frac{q_i}{\alpha}\right)}} \right] \quad (3.65)$$

$$\frac{dF(\alpha_i)}{\alpha_i} = -n \alpha_i^2 - n \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^n e^{-\left(\frac{q_i}{\alpha}\right)} \right) \left(\sum_{i=1}^n q_i^2 \cdot e^{-\left(\frac{q_i}{\alpha}\right)} \right) - \left(\sum_{i=1}^n q_i \cdot e^{-\left(\frac{q_i}{\alpha}\right)} \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^n e^{-\left(\frac{q_i}{\alpha}\right)} \right)^2} \right] \quad (3.66)$$

Una vez encontrado el valor óptimo de α , se sustituye en la ecuación (3.62) para obtener β como:

$$\beta = \alpha \left[Ln(n) - Ln \left(\sum_{i=1}^n e^{-\left(\frac{q_i}{\alpha}\right)} \right) \right] \quad (3.67)$$

Los parámetros estadísticos iniciales α y β que requieren en el método de Newton-Raphson, se calculan por medio de la técnica de momentos (Ecns. 3.57 y 3.58).

▪ **Estimación de eventos de diseño ajustados con la función Gumbel**

Una vez obtenidos los parámetros óptimos α y β , y realizando el cambio de variable $q_i = Q_{calculado_i}$ de la ecuación (3.50), se despeja $Q_{calculado_i}$ de la siguiente manera:

Si se aplican logaritmos naturales dos veces en ambos miembros de la ecuación (3.50), desarrollando y aplicando propiedades de los logaritmos se tiene:

$$\left(\frac{Q_{calculado_i} - \beta}{\alpha} \right) = -Ln \left[Ln \left(\frac{1}{F(Q_{calculado_i})} \right) \right] \quad (3.68)$$

de donde los eventos de diseño se calculan como:

$$Q_{calculado_i} = \beta - \alpha \left[Ln \left(Ln \left(\frac{1}{F(Q_{calculado_i})} \right) \right) \right] \quad (3.69)$$

Sustituyendo la ecuación (3.48) (probabilidad de no excedencia) en la ecuación (3.69):

$$Q_{calculado_i} = \beta - \alpha \left[Ln \left(Ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right) \right] \quad (3.70)$$

3.7.3. Función de distribución Gumbel dos poblaciones (Gumbel mixta)

▪ **Introducción**

Cuando la República Mexicana se ve afectada por ciclones, y conjuntamente por eventos hidrometeorológicos, podemos observar mediante la distribución de Gumbel que se presentan dos poblaciones totalmente diferentes; por un lado precipitaciones ocasionadas

por fenómenos meteorológicos, y en segunda instancia por avenidas extremas ocasionadas por precipitaciones ciclónicas.

Para el análisis de esta distribución se supone que los fenómenos se originan por procesos diferentes, dando como resultado una distribución con dos poblaciones. La primera con una población no ciclónica y la otra corresponde a una ciclónica (Fig. 3.12).

▪ **Deducción de la función de distribución de probabilidad Gumbel dos poblaciones**

Según **González (1970)** debido a la presencia de dos poblaciones, la función Gumbel parece ser inadecuada para determinar su frecuencia, sin embargo se puede suponer que para cada población se puede estudiar por separado analizando la distribución Gumbel.

De tal manera que para los años donde **no se presentan ciclones**, los gastos máximos siguen una distribución de tipo Gumbel con parámetros α_1 y β_1 de la siguiente manera:

de la ecuación (3.50) se sustituyen los parámetros α_1 y β_1

$$F_1(q) = e^{-e^{-\left[\frac{q-\beta_1}{\alpha_1}\right]}} \quad (3.71)$$

Cuando los gastos máximos son **provocados por ciclones**, entonces se sustituyen los parámetros α_2 y β_2 en la ecuación (3.50) como:

$$F_2(q) = e^{-e^{-\left[\frac{q-\beta_2}{\alpha_2}\right]}} \quad (3.72)$$

La pregunta que se plantea ahora es la siguiente:

¿Cómo se puede saber o predecir la presencia de que años son ciclónicos y cuáles no lo son?

Lo anterior se logra a partir de los registros meteorológicos disponibles con que se cuenta o en un caso extremo preguntando con gente nativa del lugar.

Otra forma de saberlo es a partir de la siguiente pregunta:

¿Cuál es la probabilidad de que en cualquier año se presente un gasto máximo Q que sea menor o igual que otro gasto q ?

Para darle solución a esta pregunta se utiliza la teoría de la probabilidad elemental; al considerarse que:

Las variables que se manejan en hidrología son de tipo continuo, y se definen por medio de una función de distribución de probabilidad acumulada o función de distribución.

Para conocer la probabilidad del evento ($Q \leq q$), se aplica la probabilidad total

Sea $(Q \leq q)$, un evento en un espacio muestral S y sean A y \bar{A} , eventos colectivamente excluyentes cuya unión es el espacio S . Entonces:

$$P(Q \leq q) = P(A) \cdot P(Q \leq q | A) + P(\bar{A}) \cdot P(Q \leq q | \bar{A}) \quad (3.73)$$

donde:

A año no ciclónico
 \bar{A} año ciclónico

Al tomar en cuenta la probabilidad para años no ciclónicos

$$P(Q \leq q | A) = F_1(q) \quad (3.74)$$

y la probabilidad de años ciclónicos (gastos máximo) es

$$P(Q_{m\acute{a}x} \leq q | \bar{A}) = F_1(q) F_2(q) \quad (3.75)$$

sustituyendo las ecuaciones (3.74) y (3.75) en la ecuación (3.73)

$$P(Q \leq q) = F_1(q) P(A) + F_1(q) F_2(q) P(\bar{A}) \quad (3.76)$$

si por otro lado se hace

$$p = P(A) \quad (3.77)$$

$$F(q) = P(Q \leq q) \quad (3.78)$$

sustituyendo la ecuaciones (3.77) y (3.78) en la ecuación (3.76), además de aplicar el Teorema 1.1 de probabilidad (Ecn. 3.5) resulta:

$$F(q) = F_1(q) [p + (1 - p) F_2(q)] \quad (3.79)$$

finalmente, la función de distribución de probabilidad Gumbel dos poblaciones para gastos máximos anuales está dada por:

$$F(q) = e^{-e^{-\left(\frac{q-\beta_1}{\alpha_1}\right)}} \left[p + \left((1 - p) e^{-e^{-\left(\frac{q-\beta_2}{\alpha_2}\right)}} \right) \right] \quad (3.80)$$

y la función densidad de probabilidad es:

$$f(q) = e^{-e^{-\left(\frac{q-\beta_1}{\alpha_1}\right)}} \left\{ \frac{p}{\alpha_1} e^{-\left(\frac{q-\beta_1}{\alpha_1}\right)} + \frac{(1 - p)}{\alpha_1 \alpha_2} e^{-e^{-\left(\frac{q-\beta_2}{\alpha_2}\right)}} \left[\alpha_2 e^{-\left(\frac{q-\beta_1}{\alpha_1}\right)} + \alpha_1 e^{-\left(\frac{q-\beta_2}{\alpha_2}\right)} \right] \right\} \quad (3.81)$$

para:

$$F(q) \begin{cases} q > 0 \\ \alpha_i > 0 \\ 0 < p < 1 \end{cases}$$

donde:

q	gasto máximo anual, en (m ³ /s)
α_1	parámetro de escala de la población no ciclónica, en (m ³ /s)
β_1	parámetro de ubicación de la población no ciclónica, en (m ³ /s)
α_2	parámetro de escala de la población ciclónica, en (m ³ /s)
β_2	parámetro de ubicación de la población ciclónica, en (m ³ /s)
p	probabilidad de que se presenten eventos no ciclónicos

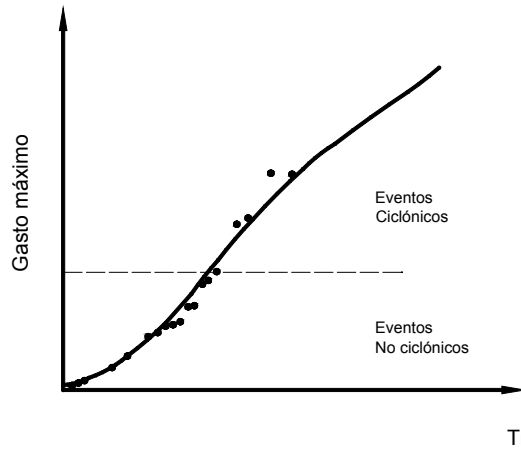


Figura 3.12. Distribución de probabilidad Gumbel dos poblaciones.

- *Estimación de parámetros estadísticos por medio del algoritmo de optimización no lineal de Rosenbrock*

Una primera aproximación de los cinco parámetros estadísticos $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$ y P , se obtiene aplicando la técnica de momentos (Ecns. 3.57 y 3.58) para cada población por separado, es decir:

$$\alpha_1 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S_1 \quad \beta_1 = \bar{x}_1 - \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \Gamma \right) S_1 \quad (3.82)$$

$$\alpha_2 = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S_2 \quad \beta_2 = \bar{x}_2 - \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \Gamma \right) S_2$$

Para estimar los estadísticos muestrales \bar{x}_i y S_i de la función G2P, primero se debe definir el **número de Gastos Máximos Ciclónicos nqc** , conocido este valor, se establece el rango de valores que tendrá la población ciclónica (2) y no ciclónica (1).

Según **Campos** (2006) una ecuación para estimar la probabilidad p en que se presentan eventos no ciclónicos, es la siguiente:

$$p = \frac{n - nqc}{n} \quad (3.83)$$

donde:

n tamaño de la muestra de gastos máximos anuales
 nqc número de gastos máximos anuales producidos por ciclones

González (1970), propuso para optimizar los cinco parámetros estadísticos, minimizar la función de errores cuadráticos pesados $E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$, de la siguiente manera:

La distribución de probabilidad empírica de gastos máximos anuales se estima mediante la ley de Weibull (para muestras ordenadas de menor a mayor)

$$F(q_{emp\acute{r}ico}) = \frac{k}{n + 1} \quad (3.84)$$

donde:

$F(q_{emp})$ distribución de probabilidad empírica de Weibull para eventos máximos
 k número de orden del gasto máximo anual
 n tamaño de la muestra de gastos máximos anuales

De tal forma que la función de errores cuadráticos pesados se compone por la suma que resulta de la diferencia de los eventos calculados con la distribución G2P (Ecn. 3.80) y los eventos empíricos calculados con la ley de Weibull (Ecn. 3.84)

$$E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P) = \sum_{i=1}^n [F(q) - F(q_{emp\acute{r}ico})]^2 w_i \quad (3.85)$$

donde:

$E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$ función de errores cuadráticos pesados
 w_i peso asignado al error cometido en el evento i

La función de errores cuadráticos pesados es una función no lineal, unimodal y dependiente de múltiples variables, por lo tanto para minimizar la función se tendrá que aplicar un método de optimización no lineal. El algoritmo que se aplicará para minimizar la función es el de **Rosenbrock para variables no restringidas**.

En el **Apéndice A** se muestra el código fuente programado en lenguaje FORTRAN 2003, incluidas sus actualizaciones que ha sufrido el presente algoritmo. En ese mismo apartado se especifican diferentes bibliografías sobre las modificaciones de tal método.

El algoritmo de Rosenbrock requiere condiciones iniciales, algunas de ellas son por ejemplo los parámetros estadísticos, determinados mediante la técnica de momentos como se muestra en las ecuaciones (3.82) y (3.83).

- **Estimación de eventos de diseño ajustados con la Función Gumbel dos poblaciones (G2P)**

Si ya se dispone de los parámetros estadísticos óptimos de la función, el siguiente paso será estimar los gastos máximos de diseño para diferentes periodos de retorno, el procedimiento es el siguiente:

A la función de distribución de probabilidad G2P (Ecn. 3.80) se le asigna una probabilidad de no excedencia para cada evento i , mejor dicho, igualamos las ecuaciones (3.48) con (3.80)

$$P(Q \leq q) = 1 - \frac{1}{Tr} = e^{-e^{-\left(\frac{q-\beta_1}{\alpha_1}\right)}} \left[p + \left((1-p) e^{-e^{-\left(\frac{q-\beta_2}{\alpha_2}\right)}} \right) \right] \quad (3.86)$$

realizando el cambio de variable $q_i = Q_{\text{calculado } i}$, resulta:

$$F(Q_{\text{calculado } i}) = \left\{ e^{-e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_1}{\alpha_1}\right)}} \left[p + \left((1-p) e^{-e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_2}{\alpha_2}\right)}} \right) \right] \right\} - \left[1 - \left(\frac{1}{Tr} \right) \right] \quad (3.87)$$

de donde:

$$\left\{ e^{-e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_1}{\alpha_1}\right)}} \left[p + \left((1-p) e^{-e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_2}{\alpha_2}\right)}} \right) \right] \right\} - \left[1 - \left(\frac{1}{Tr} \right) \right] = 0 \quad (3.88)$$

La expresión anterior es una ecuación trascendente y la variable $Q_{\text{calculado } i}$ no se puede obtener de forma explícita, de modo que se resuelve numéricamente. Un método numérico para determinar cada evento $Q_{\text{calculado } i}$ es el de Newton-Raphson.

la derivada de la función es:

$$\begin{aligned} \frac{dF(Q_{\text{calculado } i})}{dQ_{\text{calculado } i}} = e^{-e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_1}{\alpha_1}\right)}} \left\{ \frac{p}{\alpha_1} e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_1}{\alpha_1}\right)} + \frac{(1-p)}{\alpha_1 \alpha_2} e^{-e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_2}{\alpha_2}\right)}} \right\} * \\ * \left\{ \alpha_2 e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_1}{\alpha_1}\right)} + \alpha_1 e^{-\left(\frac{Q_{\text{calculado } i}-\beta_2}{\alpha_2}\right)} \right\} \end{aligned} \quad (3.89)$$

Finalmente para conocer diferentes eventos de diseño $Q_{\text{calculado } i}$ por medio de la función G2P, se resuelve la ecuación (3.88) para cada evento i , para un determinado periodo de retorno Tr . El código fuente para estimar los $Q_{\text{calculado } i}$ se muestra en el **Apéndice B** y fue programado en lenguaje FORTRAN 2003.

3.8. Estimación del Error Estándar de Ajuste EEA

Con el propósito de comparar la eficiencia del ajuste realizado a la muestra con otros modelos matemáticos, se calcula el error estándar de ajuste como: (Kite, G., 1988)

$$EEA = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{\text{medidos } i} - Q_{\text{calculados } i})^2}{n - np} \right]^{1/2} \quad (3.90)$$

donde:

np número de parámetros de la distribución ajustada

3.9. Análisis gráfico de las distribuciones de probabilidad Gumbel y Gumbel dos poblaciones.

Para dibujar las curvas de las funciones Gumbel y G2P de manera adecuada es necesario contar con papel de tipo Gumbel. El objetivo de realizar las curvas es verificar de manera visual el ajuste de valores medidos $Q_{medido\ i}$ con los calculados $Q_{calculado\ i}$. La gráfica se dibuja desarrollando el siguiente procedimiento:

En el eje de las abscisas los valores se calculan mediante la expresión de la variable reducida z (Ecn. 3.56), en el eje de las ordenadas se sitúan los valores de $Q_{medido\ i}$ y $Q_{calculado\ i}$ (Fig. 3.13).

Con la variable reducida en el eje de las abscisas, la curva tiende a generar dos rectas, una para cada población, debido a que se está utilizando un papel diseñado para generar líneas rectas en las distribuciones. Esto se hace con el fin de hacer extrapolaciones lineales y así evitar extrapolaciones no lineales (Linsley et al., 1975).

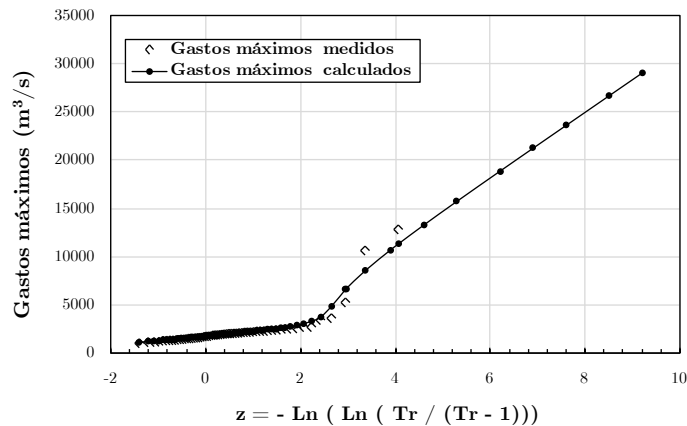


Figura 3.13. Ajuste con la distribución de probabilidad G2P.

Otra forma de dibujar la gráfica de la distribución G2P es en la abscisa x_1 la probabilidad de no excedencia, en la abscisa x_2 el periodo de retorno y en las ordenadas los gastos máximos observados y los calculados (Fig. 3.14).

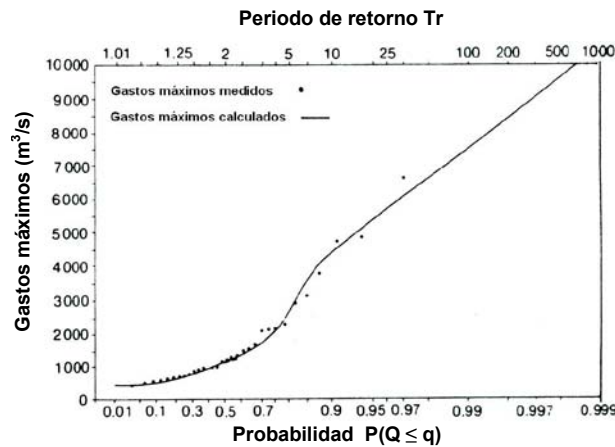


Figura 3.14. Ajuste con la distribución de probabilidad G2P.

Referencias

- 3.1 Alvarado, C.A.J. **“Cálculo de Avenidas de Diseño para vertedores de presas de almacenamiento”**. Tesis de Maestría, DEPI.UNAM.1993.
- 3.2 Aparicio, M.F.J. **“Fundamentos de Hidrología de superficie”**. Limusa, México, 2005.
- 3.3 Benjamín, J.R., Coronell, C.A. **“Probability, statistics and decision for civil engineers”**. McGraw-Hill. New York, 1970.
- 3.4 Berezowsky V.M., Fuentes M.O. **“Métodos Numéricos, Capítulo A.2.16.1 Ajuste de los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad. Manual de Diseño de Obras Civiles”**. CFE. México, 1981.
- 3.5 Borrás, H. **“Apuntes de Probabilidad y Estadística”**. Facultad de Ingeniería, UNAM. 1985.
- 3.6 Campos, A.D.F. **“Análisis probabilístico univariado de datos hidrológicos”**. Asociación mexicana de hidráulica: Instituto mexicano de tecnología de agua. México, 2006.
- 3.7 Campos, A.D.F. **“Estimación de los parámetros óptimos de la distribución Gumbel mixta por medio del algoritmo de Rosenbrock “**. Revista Ingeniería hidráulica en México, Vol. IV No 1, Enero-abril, 1989. pp 9-18.
- 3.8 Chow, V.T. **“Applied Hydrology”**. McGraw-Hill, USA, 1988.
- 3.9 Domínguez M. R., Arganis, J. M. L., **“Cálculo de registros sintéticos de ingresos por cuenca propia de un sistema de presas de la región noroeste de México caracterizada por eventos invernales”**. Para la Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología. Vol. X No. 4, Octubre-diciembre, 2009. pp 353-361.
- 3.10 Domínguez M.R., Fuentes M.O., Franco, V. **“Avenida de diseño, Capítulo A.1.10 del Manual de Diseño de Obras Civiles”**. CFE. México, 1981.
- 3.11 Domínguez, M.R., Carlóz, G.T. **“Análisis Estadístico, Capítulo A.1.6 del Manual de Diseño de Obras Civiles”**. CFE. México, 1981.

- 3.12 Escalante, S.C., Reyes, C.L. **“Técnicas estadísticas en Hidrología”**. Facultad de Ingeniería, UNAM. 2005.
- 3.13 González, V.F. **“Contribución al análisis de frecuencias de valores extremos de los gastos máximos en un río”**. Pub 277. Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1970.
- 3.14 Gumbel, E.J. **“Statistics of extremes”**. Columbia Univ. Press, 1958.
- 3.15 Hines, W.W., Montgomery, C.D. **“Probabilidad y estadística para ingeniería”**. CECSA, 2000.
- 3.16 Kite, G. **“Frequency and risk analyses in Hydrology”**. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA, 1988.
- 3.17 Luthe, R., Olivera, A., Schutz, F. **“Métodos Numéricos”**. Limusa. México, 1985.
- 3.18 Lynsley, R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H. **“Hydrology for engineers”**. McGraw-Hill, 1975.
- 3.19 Monsalve, S.G. **“Hidrología en la Ingeniería”**. Alfaomega, México, 1999.
- 3.20 Ocegueda, H.V.M. **“Avenidas de Diseño”**. Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM. 1987.
- 3.21 Olivera, S.A. **“Serie de Probabilidad y Estadística”**. 7 volúmenes, Limusa, México, 1987.
- 3.22 Raynal, V., Guevara J. **“Maximum likelihood estimators for the two populations Gumbel distributions”**. Hydrological Science and Technology Journal, 13(1-4): 47-56. 1997.
- 3.23 Ruíz, U.M.R. **“Programa de automatización de los métodos estadísticos en hidrología”**. Facultad de Ingeniería, UNAM. 2002.
- 3.24 V. Balderrama. **“Métodos Numéricos”**. Trillas, México, 1990.
- 3.25 Yevjevich, V. **“Probability and Statistics in Hydrology”**. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA, 1972.

Capítulo 4

Cálculo de Avenidas de Diseño

4.1. Introducción

El cálculo de avenidas de diseño es un procedimiento muy importante, ya que dichas avenidas se transitan por el vaso de una presa para dimensionar su obra de excedencias, además de que permiten determinar la regulación del gasto de descarga por vertedores y con ello realizar un control de inundaciones.

4.2. Cálculo de avenidas de diseño mediante el análisis estadístico de escurrimientos medios diarios.

Las técnicas que comúnmente se utilizan para definir avenidas de diseño asociadas a valores de probabilidad o periodos de retorno, recurren tradicionalmente a una avenida histórica importante, la cual se mayor, método de “Mayoración” (método tradicional). El método realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se ajusta de manera adecuada para poder analizar las presas del Río Grijalva, entregando resultados confiables y seguros.

4.2.1. Método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

4.2.1.1. Introducción

Este método fue desarrollado en la década de los ochenta por el IIUNAM y CFE (Vázquez, C.M.T., 1995), dicho método funciona adecuadamente en presas con gran capacidad de regulación. El método entrega resultados confiables si se cuenta con registros históricos extensos de gastos medios diarios que proporcionan las estaciones hidrométricas instaladas cerca de la zona de estudio.

A continuación se describe el método para obtener una avenida de diseño, y se detalla un ejemplo con **los datos de la cuenca propia de la presa La Angostura**, para fines de este capítulo solo se pondrá atención **al método** y en el capítulo siguiente se analizará a detalle las avenidas de diseño de las cuatro presas del Río Grijalva.

4.2.1.2. Recopilación de la información

Debido a que el análisis es puramente estadístico, se debe de recopilar la información de las estaciones hidrométricas cercanas a la presa en estudio, la información que se recabe serán **escurrimientos o gastos medios diarios** correspondientes a diferentes años de registro. Generalmente dicha información es proporcionada por las dependencias que tienen a su cargo las estaciones hidrométricas. Para el caso de las presas del Río Grijalva, la información se recopiló del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS, CONAGUA) y de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Domínguez et al., 2006).

Los escurrimientos o ingresos medios diarios recopilados, se organizan siguiendo la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Gastos medios diarios por cuenca propia (m^3/s).

(NOMBRE DE LA CUENCA)						
Ingresos medios diarios por cuenca propia (m^3/s)						
Año (j)	Mes (m)	k_1	k_2	k_3	...	k_r
j_1	m_1	Q^1_{11}	Q^1_{12}	Q^1_{13}	...	Q^1_{1r}
	m_2	Q^1_{21}	Q^1_{22}	Q^1_{23}	...	Q^1_{2r}

	m_{12}	$Q^1_{12\ 1}$	$Q^1_{12\ 2}$	$Q^1_{12\ 3}$...	Q^1_{12r}
j_2	m_1	Q^2_{11}	Q^2_{12}	Q^2_{13}	...	Q^2_{1r}
	m_2	Q^2_{21}	Q^2_{22}	Q^2_{23}	...	Q^2_{2r}

	m_{12}	$Q^2_{12\ 1}$	$Q^2_{12\ 2}$	$Q^2_{12\ 3}$...	Q^2_{12r}
.	
.	
j_n	m_1	Q^n_{11}	Q^n_{12}	Q^n_{13}	...	Q^n_{1r}
	m_2	Q^n_{21}	Q^n_{22}	Q^n_{23}	...	Q^n_{2r}

	m_{12}	$Q^n_{12\ 1}$	$Q^n_{12\ 2}$	$Q^n_{12\ 3}$...	Q^n_{12r}

donde:

$j = 1, 2, 3, \dots, n$; representa el número de años que se tenga en el registro histórico.

$k = 1, 2, 3, \dots, n$; representa el número de días de cada mes (si el mes de febrero tiene 29 días, el año es bisiesto y por lo tanto tendrá 366 días).

$Q_{m,k}^j$ gasto medio diario por cuenca propia en, (m^3/s), donde $m = 1, 2, \dots, 12$; representa el número de mes.

El registro histórico de la presa La Angostura cuenta con datos de 1950 a 1973 y de 1977 a 2010. Los escurrimientos ocurridos durante estos periodos se muestran en la tabla 5.1 (Capítulo 5).

4.2.1.3. Cálculo de los gastos medios máximos anuales para distintas duraciones

Del registro que se disponga, para este caso de 1950 a 1973 y de 1977 a 2010, se calcula el gasto medio máximo anual **para cada año** de registro que se tenga, asociado a varias duraciones n , en días. Para estimar la magnitud n se toma en cuenta la dimensión de la presa en estudio, ya que conociendo la magnitud de la duración se le puede dar forma a la avenida de diseño.

Una recomendación para estimar los días de duración en presas grandes es de 20 días de duración, con este intervalo se le puede dar forma a la avenida de manera razonable (Vázquez, C.M.T., 1995), no obstante hay que tomar en cuenta que cada presa es de diferentes características por lo que el ingeniero calculista debe de tener experiencia para poder fijar los días de duración. El grupo de expertos de IIUNAM y CFE propusieron una duración para la presa La Angostura de $n = 60$ días, pero lo anterior puede adecuarse al transitar la avenida por el embalse.

Para calcular el gasto medio máximo anual correspondiente a la **duración $n = 1$ día**, de un determinado año de registro, se procede de la siguiente manera (Domínguez et al., 2006), (Vázquez, C.M.T., 1995):

- De la tabla de gastos medios diarios (para La Angostura, tabla 5.1) se elige un determinado año de registro para el análisis.
- Se ubica el valor máximo que se haya presentado durante ese año.
- Este valor será entonces el Gasto Medio Máximo Anual para este año con $n = 1$ día.

Para calcular el gasto medio máximo anual correspondiente a duraciones mayores o iguales a dos días ($n \geq 2$) se calcula para cada año de registro el promedio máximo para n días consecutivos según la duración que se analice y se procede de la siguiente manera:

- Se calculan los **gastos medios** Q_k^n , tomando en cuenta el día inicial k y la duración n que se esté analizando. Los gastos Q_k^1 son los gastos medios diarios correspondientes a la **duración** $n = 1$ día, del registro analizado.

$$\bar{Q}_k^n = \frac{\sum_k^{(k+n-1)} Q_k^1}{n} \quad (4.1)$$

donde:

- n duración, en días
- k contador del día en que inicia el lapso de duración n
- \bar{Q}_k^n gasto medio para n días de duración
- Q_k^1 gasto medio diario del día k

- Conocidos los gastos medios \bar{Q}_k^n se elige el **valor máximo** que se haya presentado en esta duración, este valor es conocido como **Gasto Medio Máximo Anual**.

$$\bar{Q}_{\max}^n = \max \left(\bar{Q}_k^n \right) \quad (4.2)$$

donde:

- \bar{Q}_{\max}^n gasto medio máximo anual
- n duración, en días

A continuación se realizará el procedimiento de cálculo para obtener los gastos medios máximos anuales correspondientes a los primeros tres días de duración, utilizando los gastos medios diarios mostrados en la tabla 5.1, correspondientes al año de **1950**. Durante el proceso de cálculo se recomienda que el lector siga la tabla 4.2.

a) Obtención del gasto medio diario máximo anual con duración de 1 día ($n = 1$)

De la tabla 5.1 se ubican los registros que se tienen para 1950 y se ordenan como se muestra en la primera y segunda columna de la tabla 4.2. En la primera columna se observa 365 datos, dichos datos son el número de días que tuvo 1950. La segunda columna corresponde a la primera duración $n = 1$, en donde se visualizan los correspondientes gastos medios diarios. Para obtener el **gasto medio diario máximo anual** para esta duración, simplemente se localiza el valor máximo.

$$\boxed{\bar{Q}_{\max}^1 = 1762 \left(m^3 / s \right) \text{ (duración 1 día, 1950)}}$$

b) Obtención del gasto medio diario máximo anual con duración de 2 días ($n = 2$)

Para obtener los gastos medios con duración de 2 días, se parte de la ecuación (4.1), de donde $n = 2$, $k = 1$, $(k + n - 1) = 2$, por lo que se obtiene el promedio aritmético de los gastos medios diarios del primer y segundo día correspondientes a la primera duración:

$$\bar{Q}_1^2 = \frac{\sum_{k=1}^2 Q_k^1}{2} = \frac{(Q_1^1 + Q_2^1)}{2} = \frac{(105 + 104)}{2} = 104.5 \text{ (m}^3 / \text{s)}$$

Al considerar la ecuación (4.1) se tiene que; $n = 2$, $k = 2$, $(k + n - 1) = 3$, por lo que se obtiene el promedio aritmético de los gastos medios diarios del segundo y tercer día correspondientes a la primera duración:

$$\bar{Q}_2^2 = \frac{\sum_{k=2}^3 Q_k^1}{2} = \frac{(Q_2^1 + Q_3^1)}{2} = \frac{(104 + 104)}{2} = 104 \text{ (m}^3 / \text{s)}$$

Este procedimiento se aplica consecutivamente hasta obtener del gasto medio del día $k = 364$, donde $n = 2$, $k = 364$, $(k + n - 1) = 365$, por lo que se obtiene:

$$\bar{Q}_{364}^2 = \frac{\sum_{k=364}^{365} Q_k^1}{2} = \frac{(Q_{364}^1 + Q_{365}^1)}{2} = \frac{(93 + 93)}{2} = 93 \text{ (m}^3 / \text{s)}$$

Finalmente se localiza el gasto medio máximo anual para la duración de 2 días, después de aplicar la ecuación (4.2) se obtiene;

$$\boxed{\bar{Q}_{\max}^2 = 1707 \text{ (m}^3 / \text{s)} \text{ (duración 2 días, 1950)}}$$

c) Obtención del gasto medio diario máximo anual con duración de 3 días ($n = 3$)

Se realiza un procedimiento similar como en el inciso b), es importante mencionar que todos los promedios aritméticos se realizan con respecto a la columna de la primera duración. A continuación solamente se presentaran las operaciones.

Para el día $k = 1$

$$\bar{Q}_1^3 = \frac{\sum_{k=1}^3 Q_k^1}{3} = \frac{(Q_1^1 + Q_2^1 + Q_3^1)}{3} = \frac{(105 + 104 + 104)}{3} = 104.59 \text{ (m}^3 / \text{s)}$$

para el día $k = 2$

$$\bar{Q}_2^3 = \frac{\sum_{k=2}^4 Q_k^1}{3} = \frac{(Q_2^1 + Q_3^1 + Q_4^1)}{3} = \frac{(104 + 104 + 106)}{3} = 104.69 \text{ (m}^3 / \text{s)}$$

para el día $k = 363$

$$Q_{363}^3 = \frac{\sum_{k=363}^{365} Q_r^1}{3} = \frac{(Q_{363}^1 + Q_{364}^1 + Q_{365}^1)}{3} = \frac{(95 + 93 + 93)}{3} = 93.82 \text{ (m}^3 / \text{s)}$$

y el Gasto medio máximo anual es:

$$\boxed{\bar{Q}_{\max}^3 = 1600 \text{ (m}^3 / \text{s)} \text{ (duración 3 días, 1950)}}$$

Con el procedimiento descrito anteriormente se obtuvieron los gastos medios diarios máximos anuales para duraciones de 1 a 3 días, correspondientes al año de 1950. Siguiendo este mismo análisis se calculan los gastos medios diarios máximos anuales para las duraciones restantes, o sea de la duración 4 a 60 días, como se muestra en la tabla 4.2.

Al observar la tabla 4.2, el cálculo realizado para obtener los gastos medios diarios máximos anuales de 1 a 60 días de duración, son únicamente para el año 1950, dicho análisis resulta ser extenso, puesto que este mismo criterio de cálculo se aplica **para cada año de registro histórico con el que se disponga**, para el caso de la presa Angostura de 1950 a 1973 y de 1977 a 2010.

Los resultados de los gastos medios máximos anuales de 1 a 60 días de duración de **todo el registro histórico**, se muestran en la tabla 5.2. En el apartado (4.3.1) se explica el funcionamiento del programa Gas1.bas programado en lenguaje Basic, este programa calcula de manera inmediata los gastos medios máximos anuales para distintas duraciones que se propongan.

4.2.1.4. Análisis de frecuencias de Gastos Máximos Anuales

El análisis estadístico de gastos medios diarios máximos anuales o también llamado análisis de frecuencias de gastos máximos, se emplea para tener una interpretación probabilística de un evento a futuro, asociado a un registro en el pasado, en este caso el propósito es **calcular la magnitud de un cierto gasto máximo para un cierto periodo de retorno T_r** , por medio del ajuste a una función de distribución de probabilidad que proporcione el mínimo error estándar de ajuste.

El análisis de frecuencias de gastos máximos se realiza con los datos de los gastos medios diarios máximos anuales **para cada duración que se haya fijado** (tabla 5.2). Para el caso en estudio, La Angostura, de 1 a 60 días.

- **La secuencia del análisis de frecuencias de gastos máximos es el siguiente:**
 1. De El primer paso es seleccionar los datos correspondientes de los gastos máximos para la duración que se requiera analizar (para fines de este ejemplo, será de 1 día de duración) (tabla 5.2), posteriormente se organizan los datos de la muestra en forma ascendente (de menor a mayor) y se le asigna un número de orden de registro k para cada valor de gasto máximo. Contabilizar el número n de datos que tiene la muestra de gastos máximos.
 2. A cada gasto máximo se le calcula una probabilidad de no excedencia $P(Q \leq q)$ y un periodo de retorno Tr . Para muestras ordenadas de menor a mayor, P (Weibull) y Tr se estiman de la siguiente manera:

$$P(Q \leq q) = \frac{k}{n+1} \quad (4.3)$$

$$T_r = \frac{1}{1 - P(Q \leq q)} \quad (4.4)$$

Para muestras ordenadas de mayor a menor P y Tr (Weibull) se estiman de la siguiente manera:

$$T_r = \frac{n+1}{k} \quad (4.5)$$

$$P(Q \leq q) = 1 - \frac{1}{T_r} \quad (4.6)$$

3. Obtener los estadísticos muestrales de la serie de gastos máximos, media \bar{x} y desviación estándar S . Para el caso de la función **Gumbel Dos Poblaciones**, primero determinar el número de gastos provocados por ciclones nqc para después establecer el rango de valores de cada población y finalmente calcular sus estadísticos muestrales de cada una.
4. Se ajusta la serie de gastos máximos históricos a diferentes distribuciones de probabilidad. Una vez aplicadas las distribuciones de probabilidad se evalúa para cada distribución el Error Estándar de Ajuste **EEA** (Ecn. 3.90, Capítulo 3). A hora bien, para las diferentes distribuciones de probabilidad que se aplicaron, se selecciona la que proporcione el **mínimo EEA**. Esta distribución seleccionada se utiliza para generar la Avenida de Diseño.
5. Una vez obtenida la distribución de mejor ajuste, se procede a extrapolar diferentes eventos Q_i asociados a distintos periodos de retorno; $Tr = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000$ y 10000 años.

A continuación se desarrolla el análisis de frecuencias de gastos máximos anuales utilizando los datos de **Angostura** (tabla 5.2). El análisis se realizará para la **duración de 1 día**, se recomienda que durante el proceso de cálculo se siga la tabla 4.4. Después de haber ajustado la muestra de valores históricos con las funciones de distribución de probabilidad Normal, Lognormal, Exponencial, Gamma, Gumbel y Gumbel Dos Poblaciones, se observó que las distribuciones que dieron el mínimo **EEA** fueron **Gumbel Dos Poblaciones** y **Gumbel** de la serie de gastos máximos históricos de la tabla 4.4, debido a este resultado,

en este trabajo únicamente se presenta el procedimiento de cálculo aplicando las dos distribuciones mencionadas.

4.2.1.4.1. Ajuste con la Función de Distribución de Probabilidad Gumbel Dos Poblaciones (G2P)

Después de realizar los pasos 1 y 2, para $n = 58$ datos, se obtienen los resultados que se muestran en las columnas 3 a 6 de la tabla 4.4.

- **Estimación del número de Gastos máximos provocados por ciclones (nqc)**

Para poder estimar los estadísticos muestrales de la función G2P, primero se debe definir el número de Gastos Máximos Ciclónicos nqc , este valor permite establecer el rango de valores que tendrá la población ciclónica y no ciclónica.

El parámetro nqc , es una variable muy importante y de cuidado en **este método**, debido a que nqc es una variable dependiente e implícita de los estadísticos muestrales de cada población. Una buena elección de nqc nos llevará a obtener el mínimo error estándar de ajuste **EEA**.

Generalmente para fijar de manera óptima nqc , debe ser un especialista en el área de Hidrología con un alto grado de experiencia. En el presente trabajo para obtener el parámetro mencionado se sugiere dibujar una gráfica en donde se represente $Q_{medidos}$ vs z .

$$z = -Ln \left[Ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right] \quad (4.7)$$

donde:

- z variable reducida de la función Gumbel
- $Q_{medidos}$ gastos máximos anuales (registro histórico)

De la Fig. 4.1 se observa que a partir del punto K_{55} (2.656,3627) la curva empieza a cambiar de dirección debido a las dos poblaciones, además de que los puntos son más dispersos, con base en este análisis se puede concluir que a partir del punto K_{55} al último punto K_{58} se consideran gastos máximos producidos por ciclones. Finalmente con respecto a la gráfica mostrada en la Fig. 4.1 se determina lo siguiente:

Número de datos para la **población ciclónica** es; $nqc = 4$

De donde se deduce que el número de datos de la **población no ciclónica** es; $n - nqc = 54$

Para esta muestra ordenada de menor a mayor, la **población no ciclónica** (primera población) serán los primeros 54 datos, mientras que para la **población ciclónica** (segunda población) serán los últimos 4 datos.

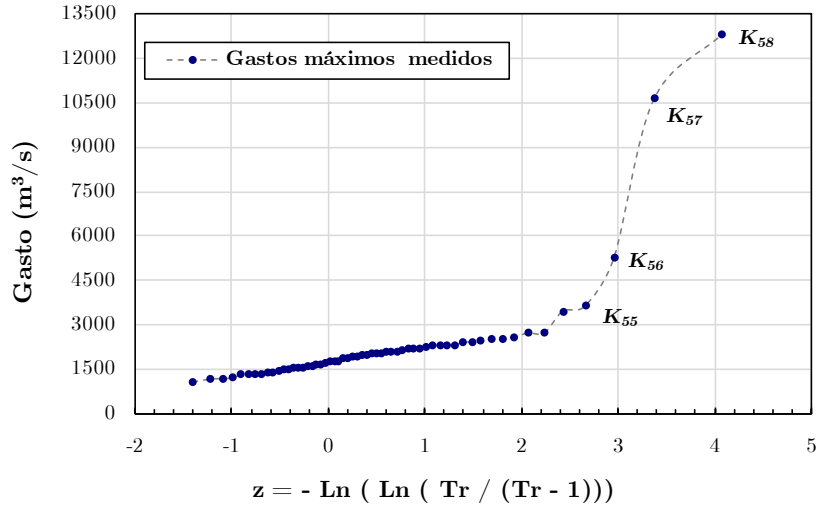


Figura 4.1. Estimación de $nqc = 4$. Presa La Angostura.

▪ **Cálculo de los estadísticos muestrales de la función G2P**

Una vez obtenidos los rangos de valores para las dos poblaciones se calculan los estadísticos muestrales de cada población. Se designa al subíndice 1 para la primera población y el subíndice 2 para la segunda población.

Utilizando los datos de la columna 4 de la tabla 4.4, la media y desviación estándar (Ecns. 3.34, 3.36 y 3.37) para la primera **población no ciclónica**, se obtienen como:

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &= \frac{1}{54} \sum_{k=1}^{54} Q_{medido\ k} & S_1 &= \left[\frac{1}{54-1} \sum_{k=1}^{54} (Q_{medido\ k} - \bar{X}_1)^2 \right]^{1/2} \\ \bar{X}_1 &= 1897.537 & S_1 &= 484.824 \end{aligned}$$

La media y desviación estándar para la segunda **población ciclónica**, se obtienen como:

$$\begin{aligned} \bar{X}_2 &= \frac{1}{4} \sum_{k=54}^{58} Q_{medido\ k} & S_2 &= \left[\frac{1}{4-1} \sum_{k=54}^{58} (Q_{medido\ k} - \bar{X}_2)^2 \right]^{1/2} \\ \bar{X}_2 &= 8069.750 & S_2 &= 4336.334 \end{aligned}$$

▪ **Estimación de parámetros de la función Gumbel Dos Poblaciones (G2P)**

El número de gastos producidos por ciclones nqc es un variable implícita de los estadísticos muestrales obtenidos para cada población, los estadísticos muestrales son magnitudes que influyen de manera directa en la estimación de los **parámetros iniciales** $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$ y P de la función **G2P**, estos parámetros a su vez se convierten en constantes de la ecuación trascendente 3.88 (Capítulo 3), la cual se resuelve numéricamente para encontrar los **gastos máximos de diseño** para un determinado periodo de retorno y finalmente encontrar el error estándar de ajuste **EEA**, en donde este último valor no necesariamente es el mínimo posible.

De acuerdo a lo planteado en el párrafo anterior, se deduce que con los parámetros estadísticos iniciales no llegamos a encontrar el mínimo **EEA**. Al considerar lo definido en el apartado (3.7.3) del capítulo 3, para obtener los parámetros óptimos que hagan mínimo a **EEA** se requiere minimizar la **función de errores cuadráticos pesados** $E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$ (Ecn. 3.85) empleando un algoritmo de optimización no lineal. De acuerdo a lo plasmado en el capítulo 3, se aplica el **Algoritmo de Rosenbrock** para una función no lineal, unimodal y dependiente de múltiples variables no restringidas para la solución de los mismos.

Los parámetros estadísticos iniciales se estiman mediante la técnica de momentos ecuaciones (3.82) y (3.83), estos parámetros servirán como condiciones iniciales en el Algoritmo de Rosenbrock.

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{\sqrt{6}}{\pi}(484.824) & \beta_1 &= 1897.537 - [(0.450053)(484.824)] \\ \alpha_1 &= 378.016 & \beta_1 &= 1679.341 \\ \\ \alpha_2 &= \frac{\sqrt{6}}{\pi}(4336.334) & \beta_2 &= 8069.750 - [(0.450053)(4336.334)] \\ \alpha_2 &= 3381.026 & \beta_2 &= 6118.169 \end{aligned}$$

$$P = \frac{n - nqc}{n} = \frac{58 - 4}{58} \quad P = 0.93$$

Conocidos los parámetros estadísticos iniciales de la función **G2P**, se optimiza la **función de errores cuadráticos pesados** $E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$, mediante el Algoritmo de Rosenbrock, la metodología de éste algoritmo y el código fuente programado en lenguaje FORTRAN 2003 se describe en el **Apéndice A** del presente trabajo. Debido a que dicho algoritmo es iterativo y extenso solamente se reportaran las condiciones iniciales del método y los cinco **parámetros estadísticos óptimos** de dicha función en la tabla 4.3.

Para muestras ordenadas de menor a mayor, la función de errores cuadráticos pesados $E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$ se construye de la siguiente manera:

Al hacer el cambio de variable $q_k = Q_{medido\ k}$ y sustituir en la ecuación (3.85), se obtiene:

$$E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P) = \sum_{k=1}^{58} \left[F(Q_{medido\ k}) - F(q_{empírico\ k}) \right]^2 * (1.0)$$

Donde el peso asignado al error cometido en el evento k es $w_k = 1$. Esta serie de valores se localiza en la columna 5 de la tabla 4.4 y $F(Q_{medido\ k})$ (columna 8) se calcula mediante la función de distribución de probabilidad **G2P** (Ecn. 3.80).

“Cada muestra tendrá su propia función de errores cuadráticos pesados $E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$, ya que todo oscila en función del tamaño de la muestra”.

Tabla 4.3 Parámetros óptimos por medio del Algoritmo de Rosenbrock.

Condiciones iniciales					
ϵ	Δ	a	b	nmre	w_k
1.0E-10	0.10	2.0	0.5	2	1.0
α_1	β_1	α_2	β_2	P	$E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$
378.016	1679.341	3381.026	6118.169	0.93	0.121
Parámetros estadísticos óptimos					
α_1	β_1	α_2	β_2	P	$E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$
429.116	1667.041	3387.327	6093.070	0.91	0.054

- *Cálculo de los gastos máximos de diseño $Q_{calculado_K}$ ajustados con la función G2P*

En vista de que ya se dispone de los parámetros estadísticos óptimos de la presente función, el siguiente paso consiste en estimar los gastos máximos de diseño $Q_{calculado_K}$, ubicados en la columna 10 de la tabla 4.4.

Para estimar cada valor de $Q_{calculado_K}$ se emplea la ecuación (3.88), dicha expresión es una ecuación trascendente y la variable $Q_{calculado_K}$ no se puede obtener de forma explícita, de modo que se resolverá numéricamente. El método numérico empleado en este estudio para determinar cada $Q_{calculado_K}$ es el de Newton Raphson.

La función y su correspondiente derivada que se utiliza en el método de Newton Raphson se muestran a continuación:

Según la ecuación (3.87), la función $F(Q_{calculado_K})$, resulta:

$$F(Q_{calculado_K}) = \left\{ e^{-e^{-\left(\frac{Q_{calculado_K} - 1667.041}{429.116}\right)}} \left[0.91 + \left((1 - 0.91) e^{-e^{-\left(\frac{Q_{calculado_K} - 6093.070}{3387.327}\right)}} \right) \right] \right\} - \left[1 - \left(\frac{1}{T_r} \right) \right]$$

Mientras que la derivada de la función queda como:

$$\frac{dF(Q_{calculado_K})}{dQ_{calculado_K}} = e^{-e^{-\left(\frac{Q_{calculado_K} - 1667.041}{429.116}\right)}} \left\{ \frac{0.91}{429.116} e^{-\left(\frac{Q_{calculado_K} - 1667.041}{429.116}\right)} + \frac{(1 - 0.91)}{429.116 * 3387.327} * e^{-e^{-\left(\frac{Q_{calculado_K} - 6093.070}{3387.327}\right)}} \left[3387.327 e^{-\left(\frac{Q_{calculado_K} - 1667.041}{429.116}\right)} + 429.116 e^{-\left(\frac{Q_{calculado_K} - 6093.070}{3387.327}\right)} \right] \right\}$$

donde $k = 1, 2, 3, \dots, 58$ (tamaño de la muestra)

Tabla 4.4. Análisis de frecuencias de gastos máximos ajustados con la función Gumbel Dos Poblaciones *G2P*. Duración 1 día (1950-1973, 1977-2010). Presa La Angostura.

Año	Q_{max} (m ³ /s)	k	Q_{medido} (m ³ /s)	$P(Q \leq q)$	T_r (años)	z	F (Q_{medido})	$E(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, P)$	$Q_{calculado}$ (m ³ /s)	e^2
1950	1762	1	1049	0.017	1.017	-1.405	0.005	0.0002	1074	603
1951	1294	2	1153	0.034	1.035	-1.219	0.017	0.0003	1156	6
1952	2164	3	1165	0.051	1.054	-1.092	0.019	0.0010	1212	2196
1953	1880	4	1195	0.068	1.073	-0.990	0.025	0.0018	1257	3827
1954	1572	5	1294	0.085	1.093	-0.903	0.058	0.0007	1295	2
1955	2054	6	1315	0.102	1.113	-0.827	0.068	0.0012	1330	212
1956	2299	7	1343	0.119	1.135	-0.757	0.082	0.0014	1361	316
1957	1195	8	1344	0.136	1.157	-0.692	0.082	0.0028	1390	2098
1958	1153	9	1360	0.153	1.180	-0.631	0.091	0.0038	1417	3264
1959	1450	10	1386	0.169	1.204	-0.574	0.106	0.0040	1443	3265
1960	2113	11	1450	0.186	1.229	-0.519	0.149	0.0014	1468	328
1961	1453	12	1453	0.203	1.255	-0.465	0.151	0.0027	1492	1541
1962	2185	13	1477	0.220	1.283	-0.414	0.169	0.0026	1516	1499
1963	3443	14	1531	0.237	1.311	-0.364	0.212	0.0006	1539	59
1964	1637	15	1534	0.254	1.341	-0.314	0.215	0.0016	1561	738
1965	1708	16	1535	0.271	1.372	-0.266	0.215	0.0031	1583	2338
1966	1535	17	1572	0.288	1.405	-0.219	0.247	0.0017	1605	1109
1967	1049	18	1604	0.305	1.439	-0.172	0.275	0.0009	1627	532
1968	1617	19	1617	0.322	1.475	-0.125	0.287	0.0012	1649	1006
1969	2298	20	1637	0.339	1.513	-0.079	0.305	0.0012	1670	1110
1970	2571	21	1708	0.356	1.553	-0.032	0.369	0.0002	1692	259
1971	1746	22	1746	0.373	1.595	0.014	0.403	0.0009	1714	1051
1972	1165	23	1762	0.390	1.639	0.060	0.418	0.0008	1735	710
1973	2712	24	1771	0.407	1.686	0.106	0.426	0.0004	1757	188
1977	1315	25	1860	0.424	1.735	0.152	0.502	0.0061	1779	6489
1978	1860	26	1880	0.441	1.788	0.199	0.518	0.0060	1802	6107
1979	2528	27	1891	0.458	1.844	0.246	0.527	0.0048	1825	4412
1980	2275	28	1915	0.475	1.903	0.294	0.546	0.0051	1848	4532
1981	2708	29	1940	0.492	1.967	0.342	0.565	0.0054	1871	4733
1982	2525	30	1970	0.508	2.034	0.391	0.587	0.0062	1895	5591
1983	2000	31	2000	0.525	2.107	0.441	0.608	0.0069	1920	6431
1984	2181	32	2029	0.542	2.185	0.491	0.628	0.0073	1945	7052
1985	2431	33	2041	0.559	2.269	0.543	0.636	0.0058	1971	4905
1986	1343	34	2054	0.576	2.360	0.596	0.644	0.0046	1998	3168
1987	1940	35	2067	0.593	2.458	0.650	0.652	0.0035	2025	1732
1988	2385	36	2093	0.610	2.565	0.705	0.668	0.0033	2054	1514
1989	2406	37	2113	0.627	2.682	0.762	0.680	0.0028	2084	843
1990	1344	38	2164	0.644	2.810	0.821	0.708	0.0040	2115	2383
1991	1477	39	2181	0.661	2.950	0.882	0.716	0.0031	2148	1093
1992	1891	40	2185	0.678	3.105	0.945	0.718	0.0016	2182	7
1993	1771	41	2211	0.695	3.278	1.011	0.731	0.0013	2219	63
1994	1360	42	2275	0.712	3.471	1.079	0.760	0.0023	2258	294
1995	2291	43	2291	0.729	3.688	1.151	0.766	0.0014	2300	73
1996	2093	44	2298	0.746	3.933	1.226	0.769	0.0005	2345	2168
1997	2211	45	2299	0.763	4.214	1.306	0.769	0.0000	2394	8948
1998	5252	46	2385	0.780	4.538	1.391	0.801	0.0004	2448	3917
1999	3627	47	2406	0.797	4.917	1.481	0.807	0.0001	2508	10363
2000	2029	48	2431	0.814	5.364	1.578	0.815	0.0000	2576	21049
2001	1386	49	2525	0.831	5.900	1.684	0.840	0.0001	2655	16946
2002	1970	50	2528	0.847	6.556	1.799	0.841	0.0000	2749	49054
2003	1915	51	2571	0.864	7.375	1.926	0.851	0.0002	2867	87417
2004	1534	52	2708	0.881	8.429	2.069	0.876	0.0000	3022	98519
2005	12790	53	2712	0.898	9.833	2.233	0.877	0.0005	3252	291185
2006	2067	54	3443	0.915	11.800	2.424	0.930	0.0002	3680	55988
2007	1604	55	3627	0.932	14.750	2.656	0.934	0.0000	4827	1440036
2008	2041	56	5252	0.949	19.667	2.953	0.950	0.0000	6579	1759687
2009	1531	57	10610	0.966	29.500	3.367	0.984	0.0003	8520	4368999
2010	10610	58	12790	0.983	59.000	4.069	0.991	0.0001	11304	2207408

Con base en la tabla 4.4 (columna 10), de acuerdo a los gastos máximos calculados mediante el método de Newton Raphson, se procede a calcular el error estándar de ajuste EEA , empleando la ecuación (3.90).

$$EEA = \left[\frac{\sum_{k=1}^{58} (Q_{medido_k} - Q_{calculado_k})^2}{58 - 5} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$EEA = \left(\frac{10511363}{53} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$EEA = 445.340 \quad (m^3 / s)$$

Cabe recordar que para obtener el mínimo error estándar de ajuste EEA con el método mostrado anteriormente se necesita determinar de manera óptima el número de gastos máximos provocados por ciclones nqc ; debido a que dicho término se convierte en una variable implícita durante el método expuesto.

▪ **Extrapolación de gastos máximos asociados a distintos periodos de retorno**

Para generar avenidas de diseño correspondientes a ciertos periodos de retorno y tomando en cuenta la duración que se esté analizando, se deben estimar los gastos máximos de diseño para diferentes periodos de retorno que se analicen. Mediante la distribución de mejor ajuste seleccionada, se extrapolan gastos máximos de diseño para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 y 10000 años (tabla 4.5).

Para determinar las diferentes extrapolaciones de los gastos máximos de diseño $Q_{max d}$ asociados a periodos de retorno discutidos anteriormente y tomando en cuenta la duración que se esté analizando, se utiliza la función de distribución de probabilidad de mejor ajuste igualándola a una probabilidad de no excedencia.

Para el caso analizado se aplica la ecuación (3.87), tomando en cuenta la duración de 1 día.

La ecuación (3.88), se resuelve mediante el método numérico de Newton Raphson:

$$\left\{ e^{-e^{-\left(\frac{Q_{max d} T^{-1667.041}}{429.116}\right)}} \left[0.91 + \left((1 - 0.91) e^{-e^{-\left(\frac{Q_{max d} T^{-6093.070}}{3387.327}\right)}} \right) \right] \right\} - \left[1 - \left(\frac{1}{T} \right) \right] = 0$$

Para $T = 10, 50, 100, 500, 1000, 5000$ y 10000 años

Tabla 4.5. Extrapolación probabilística con duración 1 día. Presa La Angostura.

<i>Gumbel Dos Poblaciones P=0.91</i>												
T_r (años)	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
Q_{max}^T (m^3/s)	1883	2521	3282	6668	10672	13246	15698	18861	21229	23586	26697	29045

Hasta este momento solamente se han extrapolado los gastos máximos de diseño para la duración de 1 día. Este método mostrado anteriormente para obtener extrapolaciones fue programado en lenguaje FORTRAN, el código fuente del programa QG2P.exe se puede consultar en el **Apéndice B**. Únicamente para el ejemplo mostrado anteriormente se utilizó el programa QG2P.exe. Los resultados de la extrapolación probabilística correspondientes a las duraciones de 1 a 60 días se muestran en la tabla 5.3 (Capítulo 5). **Dichos resultados fueron procesados mediante el análisis estadístico del programa AX.exe.**

El lector se pudo haber percatado a lo largo del método mostrado anteriormente, que el procedimiento para llegar a extrapolar los gastos máximos de diseño únicamente para la duración de 1 día es laborioso y extenso. De modo que para obtener los resultados de las duraciones restantes, el factor tiempo resultaría grande y es susceptible de cometer errores.

Con los gastos máximos de diseño para las distintas duraciones y para los diferentes periodos de retorno analizados, se puede generar las avenidas de diseño para un determinado periodo de retorno.

▪ **Gráfica de la función de distribución de probabilidad Gumbel Dos Poblaciones**

Para dibujar la función $G2P$ de manera adecuada es necesario contar con papel de tipo Gumbel. El objetivo de realizar la gráfica (Fig. 4.2) es verificar de manera visual el ajuste de valores medidos Q_{medido_K} con los calculados $Q_{calculado_K}$. La gráfica se dibuja desarrollando el siguiente procedimiento: En el eje de las abscisas los valores se calculan con la ecuación (4.7), para el eje de las ordenadas se sitúan los valores de Q_{medido_K} y $Q_{calculado_K}$ de la tabla 4.4. En la Fig. 4.2 se incorporan los gastos máximos de diseño extrapolados para los periodos de retorno descritos en la tabla 4.5.

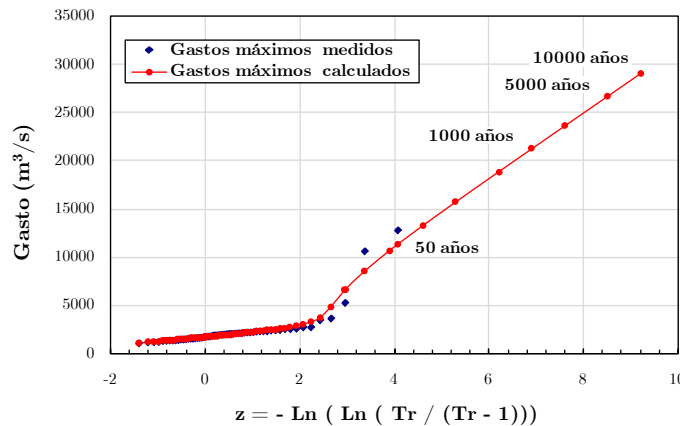


Figura 4.2. Ajuste mediante la función de distribución de probabilidad Gumbel Dos Poblaciones. Duración 1 día. Presa La Angostura.

4.2.1.4.2. Ajuste mediante la Función de Distribución de Probabilidad Gumbel

A continuación se desarrollará el análisis de frecuencias de gastos máximos anuales utilizando los datos de **Angostura** (tabla 5.2). El análisis únicamente se ejemplifica para la **duración de 50 días**; se recomienda que durante el proceso de cálculo se siga una tabla como la 4.6.

Después de realizar los pasos 1 y 2, para $n = 58$ datos, se obtienen los resultados que se muestran en las columnas 3 a 6 de la tabla 4.6.

- **Cálculo de los estadísticos muestrales de los datos históricos**

Utilizando los datos de la columna 4 de la tabla 4.6, la media y desviación estándar (Ecns. 3.34, 3.36 y 3.37), se obtienen como:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{58} \sum_{k=1}^{58} Q_{\text{medido } k} & S &= \left[\frac{1}{58-1} \sum_{k=1}^{58} (Q_{\text{medido } k} - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \\ \bar{X} &= 931.224 & S &= 319.993 \end{aligned}$$

- **Estimación de parámetros aplicando el método de máxima verosimilitud de la Función Gumbel**

Para estimar los parámetros estadísticos α, β mediante la técnica de máxima verosimilitud de la función Gumbel, se resuelve la ecuación (3.63) utilizando el método numérico de Newton Raphson. Los parámetros estadísticos iniciales se estiman mediante la técnica de momentos, ecuaciones (3.57) y (3.58):

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\sqrt{6}}{\pi} (319.993) & \beta &= 931.224 - [(0.450053)(319.993)] \\ \alpha &= 249.498 & \beta &= 787.210 \end{aligned}$$

Conocidos los parámetros estadísticos iniciales de la función Gumbel, se estiman los parámetros estadísticos con el método de máxima verosimilitud.

La ecuación de recurrencia que se utiliza es:

$$\alpha_{k+1} = \frac{1}{\alpha_k} - \frac{F(\alpha_k)}{dF(\alpha_k)}$$

Al hacer el cambio de variable $q_k = Q_{\text{medido } k}$ y sustituir en la ecuación (3.65), la función $F(\alpha_k)$, resulta:

$$F(\alpha_k) = 58 \alpha_k - \sum_{k=1}^{58} Q_{medido\ k} + 58 \left[\frac{\sum_{k=1}^{58} Q_{medido\ k} \cdot e^{-\left(\frac{Q_{medido\ k}}{\alpha}\right)}}{\sum_{k=1}^{58} e^{-\left(\frac{Q_{medido\ k}}{\alpha}\right)}} \right]$$

Mientras que la derivada de la función queda como:

$$\frac{dF(\alpha_k)}{\alpha_k} = -58 \alpha^2 - 58 \left[\frac{\left(\sum_{k=1}^{58} e^{-\left(\frac{Q_{medido\ k}}{\alpha}\right)} \right) \left(\sum_{k=1}^{58} Q_{medido\ k}^2 \cdot e^{-\left(\frac{Q_{medido\ k}}{\alpha}\right)} \right) - \left(\sum_{k=1}^{58} Q_{medido\ k} \cdot e^{-\left(\frac{Q_{medido\ k}}{\alpha}\right)} \right)^2}{\left(\sum_{k=1}^{58} e^{-\left(\frac{Q_{medido\ k}}{\alpha}\right)} \right)^2} \right]$$

Una vez encontrado α ; de la ecuación (3.67) se obtiene β como:

$$\beta = \alpha \left[Ln(58) - Ln \left(\sum_{k=1}^{58} e^{-\left(\frac{Q_{medido\ k}}{\alpha}\right)} \right) \right]$$

Terminado el proceso de iteración, se conocen los valores α y β , determinados con el método de máxima verosimilitud, los parámetros estadísticos se muestran a continuación:

$$\alpha = 250.127 \qquad \beta = 786.802$$

- **Cálculo de los gastos máximos de diseño $Q_{calculado\ k}$ ajustados con la función Gumbel**

En vista de que ya se disponen de los parámetros estadísticos óptimos de la presente función, el siguiente paso es estimar los gastos máximos de diseño $Q_{calculado\ k}$, ubicados en la columna 8 de la tabla 4.6.

Para estimar cada valor de $Q_{calculado\ k}$ se aplica la ecuación (3.70) como:

$$Q_{calculado\ k} = 786.802 - 250.127 \left[Ln \left(Ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right) \right]$$

Donde $k = 1,2,3,\dots,n$ (*tamaño de la muestra*)

Con base en la columna 8 de la tabla 4.6, de acuerdo a los gastos máximos calculados, el error estándar de ajuste es $EEA = 53.134$ (m³/s).

Para determinar las diferentes extrapolaciones de los gastos máximos de diseño $Q_{\max d}$ asociados a distintos periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 y 10000 años a demás de tomar en cuenta la duración de 50 días, se utiliza la función de distribución de probabilidad Gumbel e igualamos a una probabilidad de no excedencia (Ecn. 3.70).

Los resultados de la extrapolación se muestran en la tabla 4.7, mientras tanto en la Fig. 4.3 se incorporan los gastos máximos de diseño extrapolados para los periodos de retorno descritos en la tabla 4.7. El presente análisis fue realizado mediante el programa AX.

Tabla 4.6. Análisis de frecuencias de gastos máximos ajustados con la función Gumbel. Duración 50 días (1950-1973, 1977-2010). Presa La Angostura.

Año	Q_{\max} (m ³ /s)	k	Q_{medido} (m ³ /s)	$P(Q \leq q)$	T_r (años)	Z	$Q_{\text{calculado}}$ (m ³ /s)	e^2
1950	669	1	451	0.017	1.017	-1.405	435	248
1951	747	2	451	0.034	1.035	-1.219	482	952
1952	1010	3	470	0.051	1.054	-1.092	514	1916
1953	899	4	510	0.068	1.073	-0.990	539	851
1954	1025	5	534	0.085	1.093	-0.903	561	719
1955	934	6	556	0.102	1.113	-0.827	580	577
1956	1031	7	562	0.119	1.135	-0.757	597	1259
1957	712	8	566	0.136	1.157	-0.692	614	2271
1958	748	9	604	0.153	1.180	-0.631	629	618
1959	604	10	633	0.169	1.204	-0.574	643	106
1960	1080	11	644	0.186	1.229	-0.519	657	171
1961	566	12	667	0.203	1.255	-0.465	670	11
1962	1197	13	669	0.220	1.283	-0.414	683	204
1963	919	14	684	0.237	1.311	-0.364	696	141
1964	837	15	692	0.254	1.341	-0.314	708	261
1965	960	16	712	0.271	1.372	-0.266	720	68
1966	962	17	740	0.288	1.405	-0.219	732	62
1967	534	18	747	0.305	1.439	-0.172	744	10
1968	807	19	748	0.322	1.475	-0.125	756	57
1969	1524	20	748	0.339	1.513	-0.079	767	366
1970	1144	21	807	0.356	1.553	-0.032	779	802
1971	1020	22	809	0.373	1.595	0.014	790	353
1972	470	23	837	0.390	1.639	0.060	802	1243
1973	1170	24	872	0.407	1.686	0.106	813	3446
1977	556	25	873	0.424	1.735	0.152	825	2312
1978	881	26	881	0.441	1.788	0.199	837	1970
1979	1212	27	895	0.458	1.844	0.246	848	2171
1980	970	28	899	0.475	1.903	0.294	860	1496
1981	1318	29	918	0.492	1.967	0.342	872	2081
1982	947	30	919	0.508	2.034	0.391	885	1182
1983	872	31	934	0.525	2.107	0.441	897	1365
1984	1349	32	947	0.542	2.185	0.491	910	1391
1985	918	33	947	0.559	2.269	0.543	923	595
1986	510	34	955	0.576	2.360	0.596	936	368
1987	633	35	960	0.593	2.458	0.650	949	114
1988	1174	36	962	0.610	2.565	0.705	963	1
1989	1294	37	970	0.627	2.682	0.762	977	56
1990	644	38	983	0.644	2.810	0.821	992	84
1991	562	39	1010	0.661	2.950	0.882	1007	7
1992	740	40	1020	0.678	3.105	0.945	1023	10
1993	947	41	1025	0.695	3.278	1.011	1040	213
1994	451	42	1031	0.712	3.471	1.079	1057	663
1995	1298	43	1043	0.729	3.688	1.151	1075	1004
1996	895	44	1070	0.746	3.933	1.226	1094	555
1997	955	45	1080	0.763	4.214	1.306	1114	1122

1998	1043	46	1144	0.780	4.538	1.391	1135	87
1999	1607	47	1170	0.797	4.917	1.481	1157	162
2000	983	48	1174	0.814	5.364	1.578	1182	57
2001	667	49	1197	0.831	5.900	1.684	1208	119
2002	692	50	1212	0.847	6.556	1.799	1237	611
2003	809	51	1294	0.864	7.375	1.926	1269	646
2004	684	52	1298	0.881	8.429	2.069	1304	40
2005	1550	53	1318	0.898	9.833	2.233	1345	743
2006	748	54	1349	0.915	11.800	2.424	1393	1950
2007	873	55	1524	0.932	14.750	2.656	1451	5294
2008	1070	56	1550	0.949	19.667	2.953	1525	604
2009	451	57	1607	0.966	29.500	3.367	1629	486
2010	2139	58	2139	0.983	59.000	4.069	1805	111830

Tabla 4.7. Extrapolación probabilística con duración de 50 días. Presa La Angostura.

Función Gumbel												
T_r (años)	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
$Q_{maxd T}$ (m^3/s)	878	1162	1350	1530	1763	1937	2111	2341	2515	2688	2917	3091

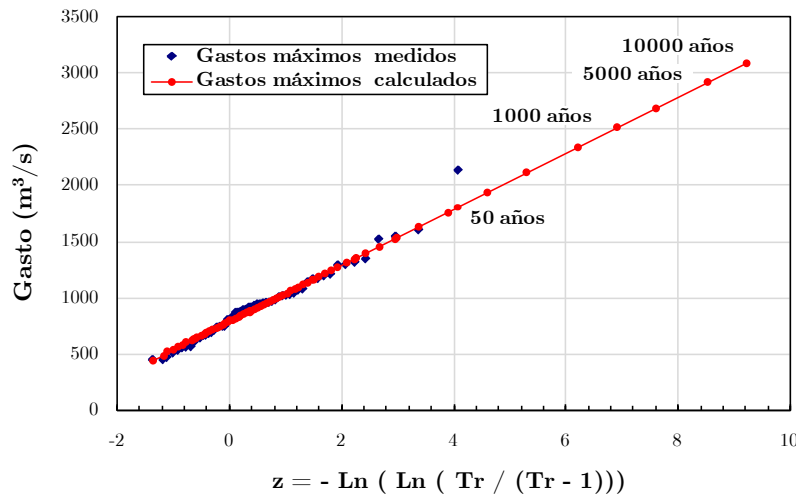


Figura 4.3. Ajuste mediante la función de distribución de probabilidad Gumbel. Duración 50 días. Presa La Angostura.

Para observar el comportamiento de la relación Gasto-Duración-Periodo de Retorno, utilizando las distribuciones de probabilidad Gumbel dos Poblaciones y Gumbel, se dibujan en las curvas mostradas en la Fig. 4.4 utilizando los valores de la tabla 5.3. En estas curvas se percibe hasta qué duración se tomará un comportamiento adecuado para cada distribución. Para duraciones de 1 a 24 días el mejor ajuste se presenta con la función de distribución Gumbel dos Poblaciones, mientras que para las duraciones de 25 a 60 días la muestra de gastos históricos se ajusta de manera óptima con la función de distribución Gumbel (Domínguez et al., 2006).

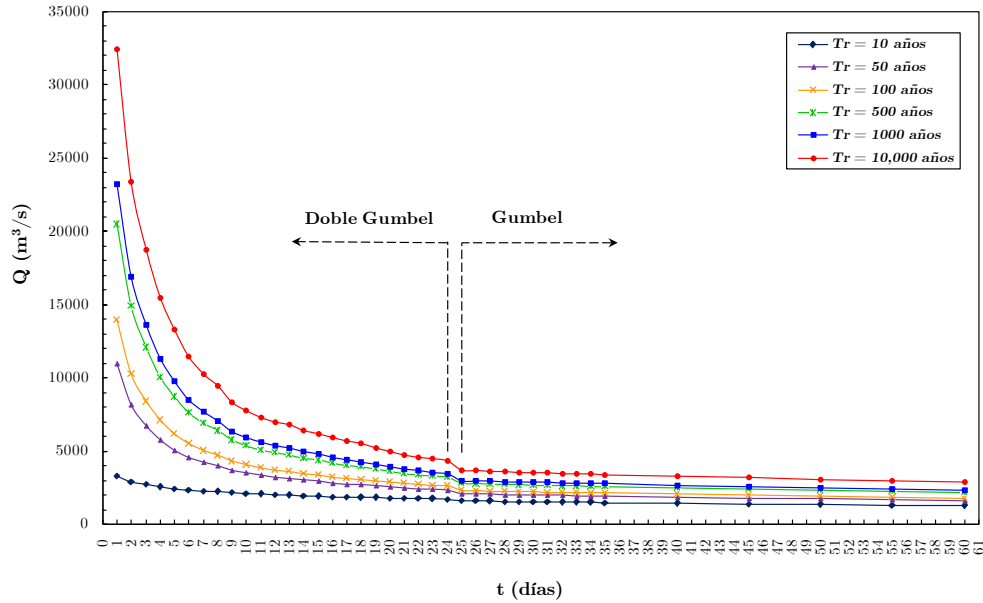


Figura 4.4. Curva Gasto-Duración-Periodo de Retorno Q - d - Tr . Seleccionando la Función Gumbel Dos Poblaciones de 1 a 24 días y Gumbel de 25 a 60 días. La Angostura, Chis.

4.2.1.5. Cálculo de la Avenida de Diseño

Para un diseño más completo de las políticas de operación del vaso, y en particular de las compuertas, se realizó el análisis estadístico de las avenidas históricas, para duraciones de 1 a 60 días para la presa Angostura. Con base en estos resultados se estiman avenidas de diseño correspondientes a distintos periodos de retorno.

La metodología en que se basa el presente procedimiento es únicamente para La Angostura, en el capítulo 5 se analiza con detalle las diferentes formas de obtener avenidas de diseño para cada presa (Domínguez et al., 2006).

1. Para construir las diferentes avenidas de diseño, en primera instancia se seleccionan los gastos máximos extrapolados para las distintas duraciones que se hayan fijado en la avenida y elegir el periodo de retorno a analizar.
2. Se calcula los gastos que se presentan en cada día, conocidos como **Gastos individuales**, la expresión para estimar estos gastos proviene del concepto del valor promedio establecido en las ecuaciones (4.1) y (4.2).

$$Q_{individual_j} = t_i \bar{Q}_i - \sum_{j=1}^{i-1} Q_{individuales} \quad (4.8)$$

donde:

- $Q_{individual_j}$ gasto máximo individual, en (m^3/s)
 \bar{Q}_i gasto medio máximo (extrapolado), en (m^3/s)
 t_i duración, en (días)

3. Una vez que se determinaron los gastos individuales, puede ocurrir que durante el proceso algunos valores resultan negativos, para solucionar este problema se suavizan dichos valores hasta quitar los gastos individuales negativos.
4. Para generar la avenida de diseño o **Hidrograma de Diseño** se organizan los gastos individuales aplicando el método de **Alternar Bloques**, colocando el gasto máximo individual Q_1 al centro del hidrograma (gasto pico), este valor es el primero de la lista de gastos individuales debido a que corresponde a la duración de un día. En la posición de la derecha al gasto máximo individual se ubica el segundo valor de la lista de gastos individuales Q_2 y a la izquierda se ubica el tercer valor Q_3 de la misma. Este proceso se realiza consecutivamente hasta terminar con la organización de los datos, de manera que se obtiene una avenida con forma simétrica.
5. El volumen de la avenida de diseño es el área bajo la curva del hidrograma. Por sencillez en el trabajo presentado se utilizó la **fórmula de integración trapezoidal** para estimar el volumen de la avenida y está dada por:

$$\int_{t_0}^{t_n} F(t) dt = \frac{\Delta t}{2} \left[Q_0 + Q_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \right]$$

Si se toma en cuenta que $\Delta t = 1$ día, el volumen de la avenida es:

$$V = \frac{0.0864}{2} \Delta t \left[Q_0 + Q_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} Q_i \right] \quad [\text{Millones de } m^3] \quad (4.9)$$

donde:

- V volumen de la avenida, en Millones de metros cúbicos (Mm^3)
- Q_1 gasto máximo correspondiente a la primera duración, en (m^3/s)
- Q_n gasto máximo correspondiente a la última duración, en (m^3/s)

6. Finalmente se dibuja la gráfica de **Q vs t** para establecer diferentes comparaciones de avenidas de diseño de periodos anteriores y así tener un amplio margen de argumentos para análisis futuros.

A continuación se presenta el ejemplo de la construcción de la avenida de diseño para un periodo de retorno, $Tr = 10,000$ años para La Angostura, manejando duraciones de 1 a 60 días.

De la tabla 5.3, se seleccionaron los gastos máximos extrapolados con periodo de retorno $Tr = 10,000$ años y los acomodamos en la columna (2) de la tabla 4.7.

Se estimaron los gastos individuales utilizando la ecuación (4.8), estos valores se localizan en la columna (3) de la tabla 4.7. Las celdas que están subrayadas en color rojo indican que en un principio dichos valores eran negativos y posteriormente se suavizaron, de modo que las celdas subrayadas en color verde oliva son los valores que se proponen para eliminar los gastos individuales negativos.

- Valor propuesto
- Quitar valores negativos

En la columna cuatro de la tabla 4.8, se organizaron los gastos máximos de diseño, dejando el gasto pico al centro del hidrograma $Q_{pico} = 32,489 \text{ (m}^3 / \text{s)}$.

En la Fig. 4.5 se muestra el hidrograma de la avenida de diseño para $Tr = 10,000$ años, utilizando la información de la tabla 4.8.

La estimación del volumen de la avenida fue:

$$V = 0.0432 [1728 + 1688 + 2(169893)] = 14826 \text{ (Mm}^3\text{)}$$

El hidrograma de diseño es de suma importancia, debido a que se utiliza como hidrograma de entrada de la presa para realizar el Tránsito de la Avenida por el embalse.

Tabla 4.8. Hidrograma de Diseño para $Tr = 10,000$ años. La Angostura (al 2010).

t_i (día)	\bar{Q}_i (m ³ /s)	$Q_{\text{individual } j}$ (m ³ /s)	Hidrograma	t_i (día)	\bar{Q}_i (m ³ /s)	$Q_{\text{individual } j}$ (m ³ /s)	Hidrograma
			Q_{max} (m ³ /s)				Q_{max} (m ³ /s)
1	32489	32489	1728	31	3516	2743	14313
2	23401	14313	1810	32	3489	2657	5608
3	18737	9409	1907	33	3466	2738	2435
4	15455	5608	1987	34	3441	2625	4023
5	13315	4756	2067	35	3418	2640	1571
6	11502	2435	2204	36	3393	2495	3654
7	10249	2736	2279	37	3367	2444	1752
8	9471	4023	2258	38	3342	2393	1334
9	8450	281	2342	39	3316	2341	1960
10	7762	1571	2426	40	3290	2290	68
11	7330	3007	2341	41	3269	2426	1164
12	7024	3654	2444	42	3248	2384	1056
13	6799	4110	2640	43	3227	2342	280
14	6439	1752	2738	44	3206	2300	110
15	6216	3101	2743	45	3185	2258	1032
16	5911	1334	72	46	3166	2317	2657
17	5724	2727	250	47	3147	2279	2625
18	5515	1960	628	48	3128	2242	2495
19	5248	452	1348	49	3109	2204	2393
20	4989	68	519	50	3091	2166	2290
21	4776	519	452	51	3071	2067	2384
22	4612	1164	2727	52	3050	2027	2300
23	4470	1348	3101	53	3030	1987	2317
24	4328	1056	4110	54	3010	1947	2242
25	4180	628	3007	55	2990	1907	2166
26	4030	280	281	56	2970	1851	2027
27	3890	250	2736	57	2950	1810	1947
28	3755	110	4756	58	2929	1769	1851
29	3628	72	9409	59	2909	1728	1769
30	3541	1032	32489	60	2888	1688	1688

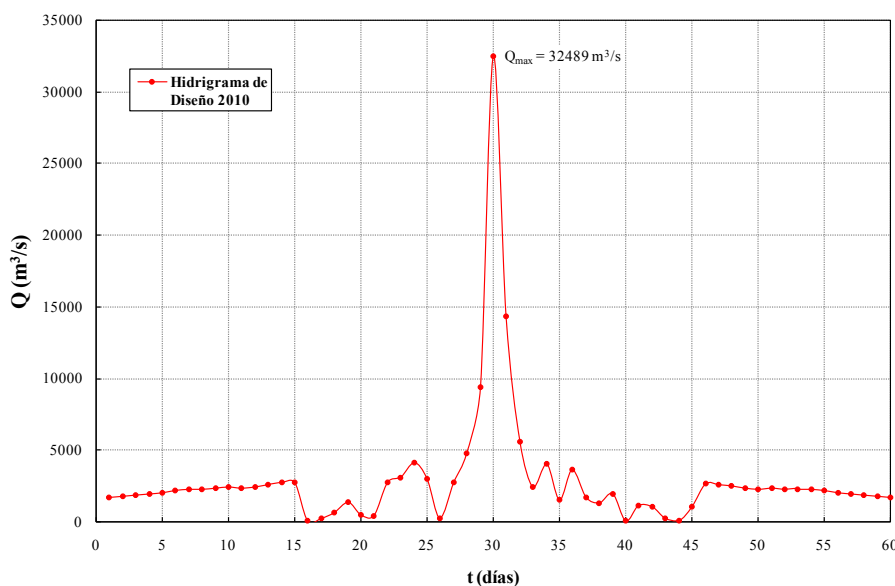


Figura 4.5. Avenida de Diseño para $Tr = 10,000$ años. La Angostura, Chis.

4.2.1.6. Cálculo del Tránsito de Avenida

▪ Introducción

Los caudales que escurren por un río varían continuamente en el tiempo ya que hay épocas de varios meses en que los escurrimientos son reducidos y otras en que fluye el agua en abundancia. La única forma de regular esos escurrimientos es controlarlos, almacenarlos y aprovecharlos mediante la construcción de presas. En la ingeniería hidrológica el agua almacenada tiene diversos usos: doméstico, agrícola, procesos industriales, generación eléctrica, por citar los más importantes. En el **Apéndice C**, se indican de manera general los componentes de un vaso de almacenamiento de una presa.

El tránsito de avenidas en vasos o embalses es el procedimiento matemático para predecir el cambio en magnitud, velocidad y forma de una onda de flujo en función del tiempo en uno o más puntos a lo largo de un flujo de agua. El flujo de agua puede ser un río, una quebrada, un canal de riego, drenaje, etc. El objetivo del tránsito de avenidas en vasos es determinar la forma del hidrograma de salida del embalse de una presa, dado un hidrograma en particular de entrada que resulta de una tormenta, deshielo, descargas de embalses, etc. Un hidrograma es la representación gráfica del flujo a través del tiempo (Chow, V.T., 1994).

El tránsito de una avenida a través de un vaso de almacenamiento se realiza con los siguientes propósitos (Aparicio, M.F.J., 2005):

- a) Conocer la evolución de los niveles en el vaso y de los gastos de salida por la obra de excedencias, para saber si la política de operación de las compuertas del vertedor es adecuada y así al presentarse una avenida no se pongan en peligro la cortina de la presa, bienes materiales o vidas humanas aguas abajo.
- b) Dimensionar la obra de excedencias y obra de desvío durante la etapa de estudios y proyecto.

- c) Determinar la altura de la cortina, calcular el NAME y dimensionar las obras de desvío y altura de ataguías.
- d) Revisión de políticas de operación en las compuertas de una obra de excedencias de la presa ya puesta en marcha.

Los métodos para calcular el tránsito de avenidas se clasifican de la siguiente manera:

Tránsito hidrológico: Conocido también como tránsito agregado o agrupado, es el más usado por facilidad en su procedimiento de cálculo. Consiste en calcular el flujo o gasto en función del tiempo en un embalse con la ecuación de continuidad.

Tránsito hidráulico: Conocido como tránsito distribuido. El flujo o gasto se calcula en función del espacio y tiempo utilizando principios de conservación de masa y momento. El gasto se calcula como una función del tiempo de manera simultánea en varias secciones transversales de un embalse.

Hasta la fecha, la ecuación que describe el fenómeno del tránsito de avenida no tiene una solución analítica exacta conocida, por lo que su solución se obtiene generalmente mediante métodos numéricos. Arganis (1998) muestra que algunos modelos propuestos son: Goodrich (1931), Steinberg (1947), Winsler and Brater (1959), Soil Conservation Service (1964), Vega (1968), NERC (Natural Environment Research Council) (1975), Manual de la Comisión Federal de Electricidad (1980), Butler (1982) y Campos.

En general el método hidrológico es más simple pero falla en describir efectos de remanso y no son lo suficiente mente exactos para transitar hidrogramas de rápido acceso o a lo largo de ríos con poca pendiente o para grandes embalses.

- **Modelo matemático**

A continuación se mostrará la forma en que el gasto máximo o pico de una avenida que entra al embalse de una presa se ve disminuido en la descarga por su vertedor u obra de excedencias. Es importante recordar que los vertedores de una presa pueden ser de cresta libre ó controlados por compuertas, en el segundo caso, la elevación del NAMO generalmente está por arriba de la cresta vertedora (Maza, A.J.A., 2004).

Ahora bien, para el análisis se supone que se cuenta con un vertedor que descarga libremente (cresta libre) y por lo tanto el NAMO = E_0 coincide con la elevación de la cresta del vertedor. Por otra parte se cuenta con un hidrograma de entrada a la presa, con la finalidad de transitar la avenida por el embalse, de modo que el tiempo t se divide en intervalos de tiempo Δt como se muestra en la Fig. 4.6.

Un volumen $\Delta V_{ENTRADA_1}$ ingresa al embalse en el primer intervalo de tiempo Δt_1 , y al final del mismo la elevación alcanzada en el embalse es E_1 (Fig. 4.7); por lo tanto, el volumen adicional almacenado entre el NAMO y E_1 , será ΔV_{A_1} . En ese mismo intervalo, el gasto extraído por el vertedor varía de cero en el NAMO a Q_1 cuando el embalse alcanza la elevación E_1 , lo que permite que se derrame un volumen ΔV_{S_1} .

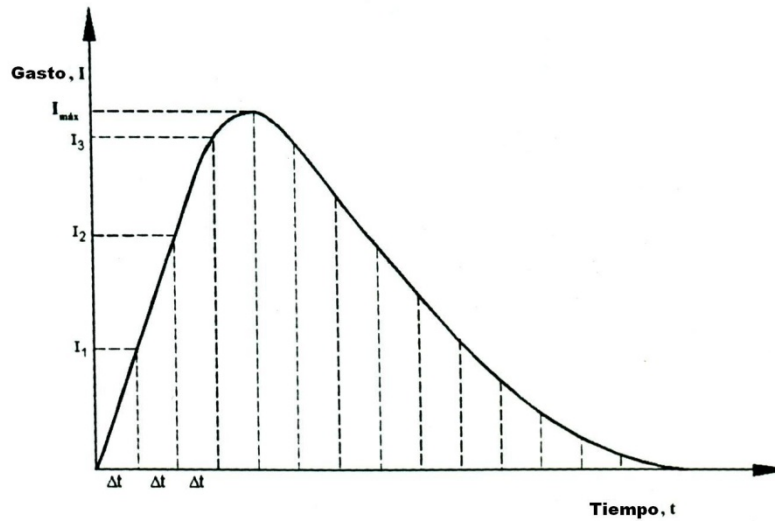


Figura 4.6. Hidrograma de entrada a una presa.

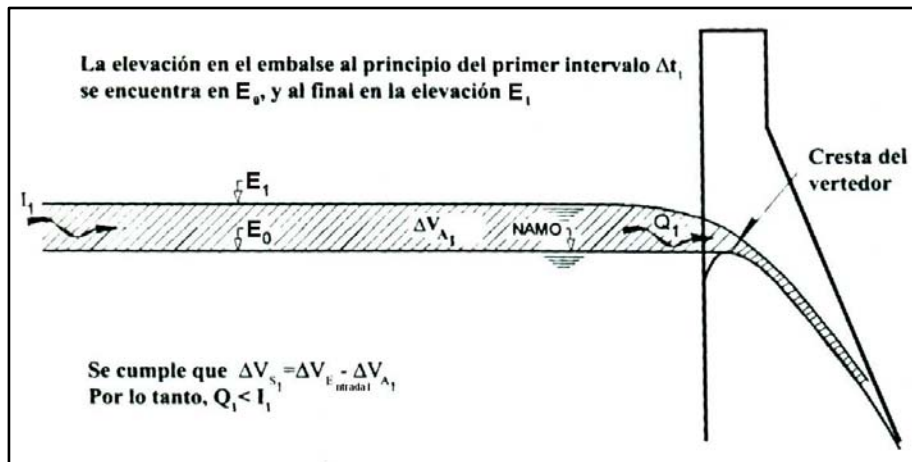


Figura 4.7. Almacenamiento que se produce en un embalse en el primer intervalo Δt_1 .

De acuerdo a la relación que existe entre los volúmenes mencionados Raudkivi (1978) argumenta que los procedimientos que se utilizan para el tránsito de una avenida en un embalse se basan en la ecuación de la continuidad, expresada en términos del principio de la conservación de la masa, que establece lo siguiente:

$$\text{Almacenamiento} = \text{Entradas} - \text{Salidas}$$

Por lo tanto:

$$\Delta V_{ENTRADA} = \Delta V_A + \Delta V_S \tag{4.10}$$

donde:

$\Delta V_{ENTRADA}$ volumen de entrada en un intervalo de tiempo Δt , en (m^3)

ΔV_A volumen almacenado en el mismo intervalo Δt , en (m^3)

ΔV_S volumen extraído, tanto por el vertedor como por la obra de toma en el mismo intervalo Δt , en (m^3)

Multiplicando la ecuación (4.10) por $(1 / \Delta t)$, resulta:

$$\frac{\Delta V_A}{\Delta t} = \frac{\Delta V_{ENTRADA}}{\Delta t} - \frac{\Delta V_S}{\Delta t}$$

$$\frac{dV_A}{dt} = I - Q \quad (4.11)$$

la ecuación (4.11) se puede expresar en diferencias finitas como:

$$\frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t} = \frac{I_{i+1} + I_i}{2} - \frac{Q_{i+1} + Q_i}{2} \quad (4.12)$$

donde:

V_i, V_{i+1}	variación de los volúmenes almacenados en el embalse en los instantes i e $i+1$ (Figs. 4.7 y 4.8)
I_i, I_{i+1}	gastos de entrada al vaso en el instante i e $i+1$ (Fig. 4.8)
Q_i, Q_{i+1}	gastos de salida al vaso en el instante i e $i+1$ (Fig. 4.8), tanto por la obra de excedencias como por la de toma.
Δt	intervalo de tiempo entre los instantes i e $i+1$

Ordenando la ecuación (4.12) como:

$$I_i + I_{i+1} + \left(\frac{2V_i}{\Delta t} - Q_i \right) = \frac{2V_{i+1}}{\Delta t} + Q_{i+1} \quad (4.13)$$

De la ecuación (4.13), los términos Q_{i+1} y V_{i+1} se desconocen, para dar solución a dicha expresión se resolverá numéricamente empleando el método de **aproximaciones sucesivas**. La información que se requiere previamente para poder ejecutar este método es el siguiente (Fuentes et al., 1981):

- Hidrograma de entrada (I vs t).
- Elevación inicial, del nivel de agua en el vaso en el instante en el que empieza a llegar a la presa la avenida correspondiente al hidrograma de entrada.
- Gasto de salida por la obra de excedencias, en el instante en que empieza el hidrograma de entrada.
- Gasto de salida por la obra de toma.
- Curva elevaciones-volúmenes de almacenamiento o su ecuación ($V - E$).
- Curva elevaciones-gastos de salida por la obra de excedencia o su ecuación ($Q - E$)

Las curvas elevaciones-volúmenes y elevaciones-gastos de salida se introducen al programa en forma arreglos mediante un archivo de texto (Fuentes et al., 1981).

Algoritmo

- Se selecciona un valor Δt
- Se conocen los valores $V_i, I_i, I_{i+1}, Q_{ei}, E_i, Q_t$ (para $i=1$ son los datos iniciales) y se hace $Q_{i+1} = Q_{ei} + Q_t$ y $k = 0$.

3. Se calcula V_{i+1} de la ecuación (4.13).
4. Conocido V_{i+1} se interpola de la curva elevaciones-volúmenes para obtener la elevación E_{i+1} .
5. Conocido E_{i+1} se interpola* de la curva elevaciones-gasto de salida por la obra de excedencias, para obtener Q_{ei+1} , y posteriormente calcular $Q_{i+1} = Q_{ei+1} + Q_t$.
6. Se hace $k = k + 1$ y si $k < 3$ se regresa al paso 3, de lo contrario se continúa con el paso 7.
7. El valor de Q_{i+1} es el gasto de salida en el intervalo de tiempo correspondiente.
8. Se hace $i = i + 1$ y se regresa al paso 2 las veces que sea necesario hasta que se observe que el gasto de salida se vuelve aproximadamente constante.

* Cada vaso tiene sus propias ecuaciones, si se desea mayor precisión en los cálculos los valores de las curvas pueden obtenerse a partir de un análisis de regresión lineal múltiple o no lineal, también es válido encontrar los valores mediante interpolación lineal, tomando en cuenta que el error cometido aumenta un poco.

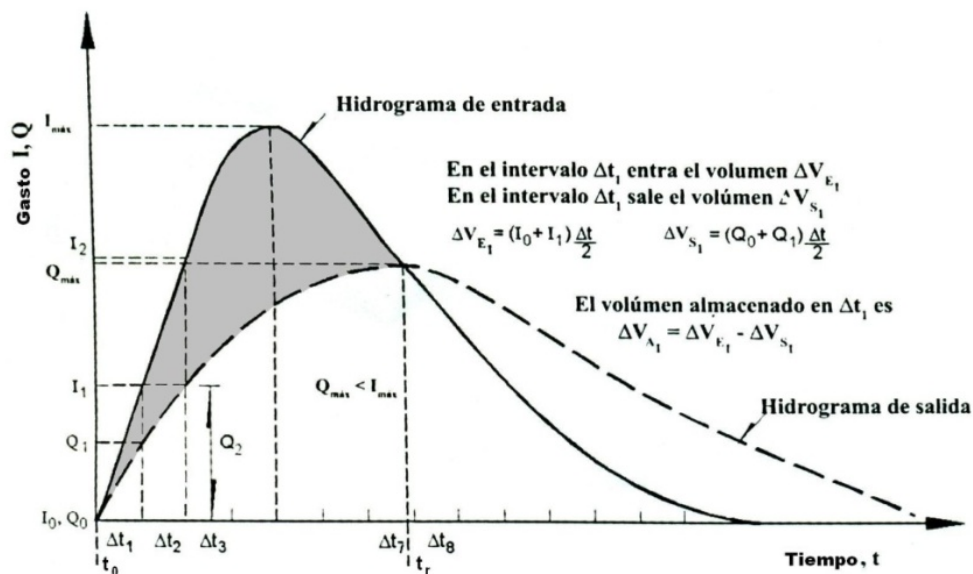


Figura 4.8. Hidrograma de entrada y salida de un embalse con vertedor de cresta libre.

En la Fig. 4.9 se presenta el diagrama de flujo para el cálculo del tránsito de avenidas, la nomenclatura es la siguiente:

- I gasto de entrada al vaso, en (m^3/s)
- Q gasto de salida del vaso, en (m^3/s)
- Q_e gasto de salida por la obra de excedencias, en (m^3/s)
- Q_t gasto de salida por la obra de toma, en (m^3/s)
- V volumen de almacenamiento, en (Mm^3)
- E elevación en el vaso, en (m)
- Δt intervalo de tiempo, en (segundos)
- $f(V)$ curva elevaciones-volúmenes de almacenamiento
- $g(E)$ curva elevaciones-gastos de salida por la obra de excedencias
- $i, i + 1$ subíndices que representan las variables al inicio y final del intervalo de tiempo
- k no iteración

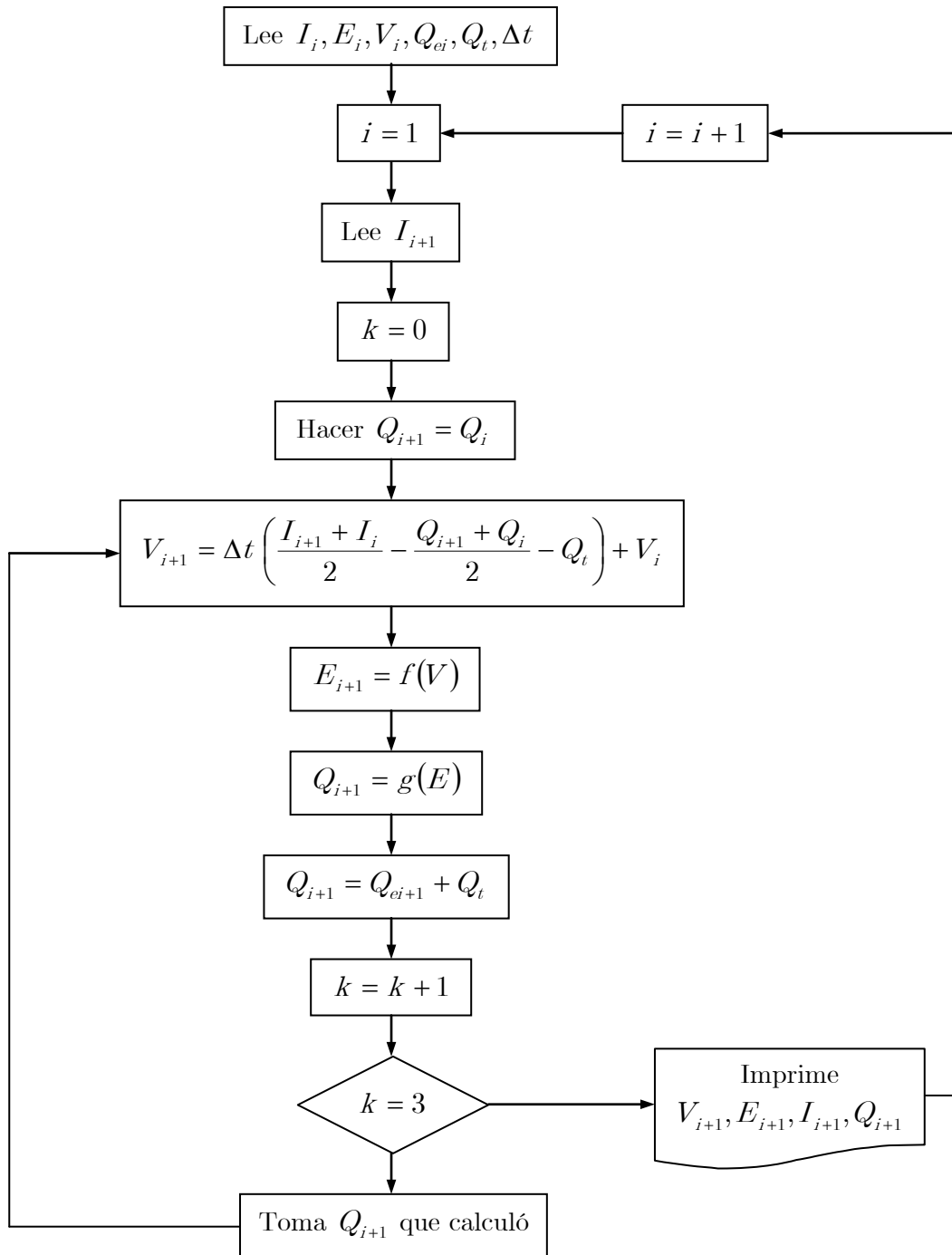


Figura 4.9. Diagrama de flujo para el cálculo del Tránsito de Avenidas mediante el método de aproximaciones sucesivas (CFE, 1981).

En la Fig. 4.9 se muestra los pasos que sigue el método numérico de aproximaciones sucesivas para resolver la ecuación (4.13) y así definir el hidrograma de salida. En general el método numérico mostrado es rápido para obtener resultados en pocas iteraciones, también es aplicable para analizar políticas de operación complicadas en el caso de tener un vertedor de cresta controlada por compuertas. Si se desea mayor precisión en la determinación del gasto de salida Q_{i+1} se aumenta el número de iteraciones k ($k > 3$). El código fuente de dicho método numérico se puede consultar en (Berezowsky et al., 1981).

▪ **Análisis**

En el instante cuando empieza a entrar la avenida al embalse (Fig. 4.8), los gastos de entrada y salida son nulos, es decir:

$$I_0 = Q_0 = 0 \quad (4.14)$$

Al sustituir la ecuación (4.14) en (4.12) se obtiene:

$$I_1 = \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t} + Q_1 \quad (4.15)$$

y por lo tanto, el gasto de salida Q_1 , al final del primer intervalo será necesariamente menor que el gasto de entrada I_1 ; es decir

$$Q_1 < I_1 \quad (4.16)$$

Razonando de igual forma, en el tiempo que transcurre el inicio de la avenida y el momento en que ella alcanza el gasto pico I_{\max} , por la presa está saliendo el gasto Q_m , y entonces se cumple que:

$$Q_m < I_{\max} \quad (4.17)$$

Cuando los gastos de entrada empiezan a disminuir, en el momento t_r el gasto de salida alcanza su máximo valor y consecuentemente el máximo nivel en el vaso (Fig. 4.8), es decir $\frac{dQ}{dt} = 0$, y por tanto en ese intervalo el almacenamiento de agua permanece constante, es decir no existe incremento ni decremento en el almacenamiento.

$$\Delta V_E = \Delta V_S \quad \text{cuando} \quad \Delta V_{Ai} = 0 \quad (4.18)$$

El área sombreada entre los hidrogramas de entrada y salida (Fig. 4.8) entre los tiempos t_0 y t_r , es el volumen máximo almacenado en el vaso, es decir el volumen de superalmacenamiento o capacidad de control para la avenida $I(t)$ considerada y por supuesto en el nivel t_r se presenta el NAME.

$$V_S = \int_{t_0}^{t_r} (I - Q) dt \quad (4.19)$$

Para valores de tiempo superiores a t_r el gasto de salida es mayor que el de entrada lo que ocasiona que el nivel en el embalse baje.

Lo que se ha mencionado anteriormente es válido únicamente para vertedores de cresta libre. En un vertedor controlado por compuertas se tendrá que restringir el gasto de salida mediante una política de operación $Q = \text{Mín}(I, Q (m^3 / s))$. En un vertedor con compuertas se puede llegar a reducir aún más el gasto de salida ya que al cerrar las compuertas se puede obligar a que el embalse incremente su nivel y mayores volúmenes

queden almacenados en él. Esto se acostumbra hacer cuando la avenida se presenta casi al término de la estación de lluvias (Maza, A.J.A., 2004).

Finalmente la capacidad de regulación de una presa, para una avenida dada, es decir, la diferencia entre el gasto máximo de entrada y al gasto máximo de salida, depende de la relación entre el volumen de la avenida, la capacidad de control de la presa y la capacidad de descarga del vertedor, además de que el gasto máximo de entrada será mayor al gasto máximo descargado por el vertedor.

A continuación se muestra un ejemplo del Tránsito de Avenidas utilizando la avenida de diseño de la tabla 4.7 correspondiente a la presa La Angostura para $Tr = 10,000$ años.

▪ **Condiciones iniciales**

Se seleccionó un valor $\Delta t = 2$ (horas) para el hidrograma de entrada a nivel horario (I vs t). La elevación inicial del vaso en el instante en el que empieza a llegar a la presa la avenida correspondiente es $E_0 = NAMO = 533$ (msnm).

El gasto de salida por la obra de excedencias, en el instante $t = 0.0$ (horas) en que empieza el hidrograma de entrada es $Q_e = 2500$ (m^3 / s)

Gasto de salida por la obra de toma $Q_t = 0.0$ (m^3 / s).

Las Curvas elevaciones-volúmenes de almacenamiento (Fig. 4.10) y elevaciones-gastos de salida por la obra de excedencias, se localizan en las tablas 5.11 y 5.12 del Capítulo 5.

La política de operación que se utiliza en la descarga es $Q = \text{Mín}(I, 2500 \text{ m}^3 / s)$, de manera que a partir de la elevación del NAMO el gasto de descarga se mantiene constante en 2500 (m^3/s).

No se consideró restricción adicional en la política de extracción.

El tránsito de avenida se resolvió utilizando el método numérico descrito anteriormente, el algoritmo está codificado en el programa TRATE.bas en lenguaje Quick Basic, elaborado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Domínguez et al., 2006).

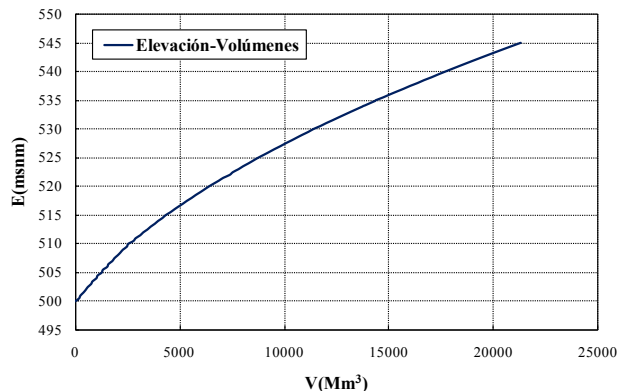


Figura 4.10. Curva elevaciones-capacidades. Presa La Angostura, Chis.

En la Fig. 4.11 se muestran los hidrogramas de entrada y de salida, incluyendo la correspondiente política de operación del ejemplo dado.

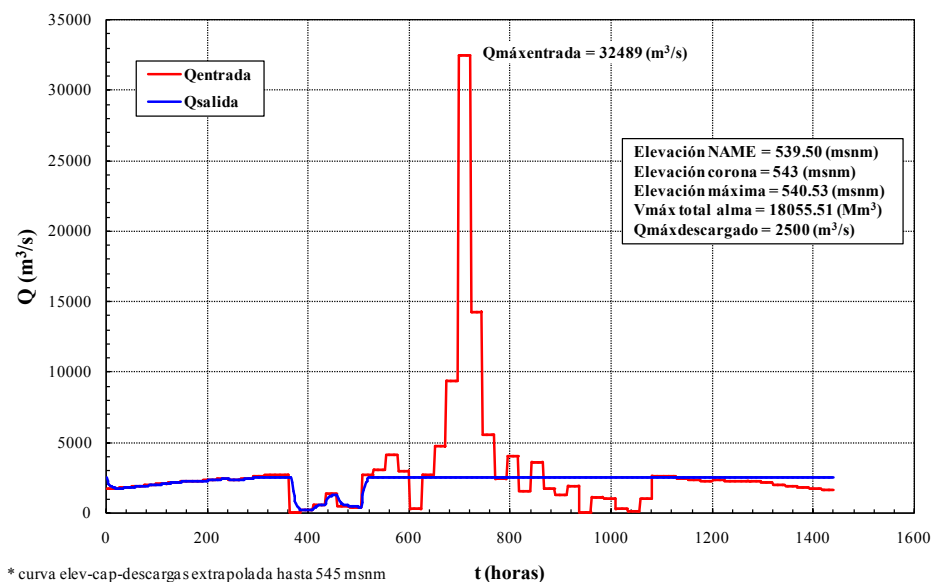


Figura 4.11. Tránsito de la Avenida. Presa La Angostura, Chis.
 $E_0 = 533$ (msnm). $Tr = 10,000$ años.

4.3. Cálculo de Avenidas de Diseño y Tránsito de Avenidas mediante programas

Para la realización de proyectos hidrológicos profesionales, se requiere necesariamente de algún software o programas elaborados por el usuario sujeto a un determinado lenguaje de programación. En este caso se describe de manera general la metodología para utilizar los diferentes programas realizados para el análisis de una avenida de diseño o tránsito de avenidas.

4.3.1. Obtención de gastos medios máximos anuales para distintas duraciones mediante el programa GAS1.bas

Este programa fue realizado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el objetivo de este programa es determinar gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, el procedimiento del manejo del programa es la siguiente:

1. Contar con los registros de datos históricos (ingresos diarios) de la presa (Fig. 4.12), para el caso de Angostura de 1950-1973 y 1977-2010.
2. Con base en los datos organizados en forma de tabla (Fig. 4.12), se transforman dichos datos a vectores independientes para cada mes del correspondiente año (Fig. 4.13) y posteriormente se guardar el archivo con extensión .dat.
3. El archivo generado con extensión.dat se copia en la carpeta donde se localiza GAS1.bas. Una vez ejecutado el programa se ingresa la siguiente información: Nombre del archivo de datos, año en que inicia el registro, año en que finaliza el registro y para cuantos días de duración. El programa solamente acepta periodos consecutivos de registros, por ejemplo para La Angostura primero se tiene que generar el archivo .dat con periodo de 1950-1973 y ejecutar el programa, posteriormente generar otro archivo con el mismo nombre y extensión, pero ahora con el periodo de 1977-2010.

Año	Qmáx
1950	1762
1951	1294
1952	2164
1953	1880
1954	1572
1955	2054
1956	2299
1957	1195
1958	1153
1959	1450
1960	2113
1961	1453
1962	2185
1963	3443
1964	1637
1965	1708
1966	1535
1967	1049
1968	1617
1969	2298
1970	2571

Figura 4.14. Archivo .aju
Gastos máximos duración 1 día.
Presa La Angostura, Chis.

Duración 1 día			
Año	Mes	Día	Qmáx
1950	10	5	1762
1951	10	2	1294
1952	10	8	2164
1953	10	7	1880
1954	7	6	1572
1955	10	29	2054
1956	9	19	2299
1957	9	12	1195
1958	9	9	1153
1959	10	18	1450
1960	9	26	2113
1961	11	3	1453
1962	9	20	2185
1963	9	23	3443
1964	10	6	1637
1965	9	29	1708
1966	10	2	1535
1967	10	6	1049
1968	9	26	1617
1969	9	29	2298
1970	9	11	2571

Figura 4.15. Archivo .res
(año, mes, día, Q_{máx}).
Presa La Angostura, Chis.

4.3.2. Ajuste de una muestra y extrapolación de datos de una función de distribución de probabilidad por medio del programa AX.exe

Este programa fue diseñado por el Dr. Martín Jiménez Espinosa en 1992 y se utiliza para el ajuste de funciones de probabilidad a series de datos máximos anuales. Su aplicación se basa en la estimación de avenidas de diseño mediante métodos estadísticos. El programa se puede adquirir en la dirección <http://www.cenapred.unam.mx> (Jiménez, E.M., 1997).

De manera general el proceso es el siguiente:

- a) Los archivos con extensión .aju obtenidos con el programa GAS1.bas se copian en la carpeta en donde se localiza el programa AX.exe. Estos archivos contienen gastos máximos para una determinada duración.
- b) Abrir el archivo .aju correspondiente a la duración que se desea analizar, posteriormente se selecciona el menú Ajustes y elegimos la opción “Global”, esta opción permite ajustar la muestra a diferentes distribuciones de probabilidad para finalmente presentar una tabla en donde se elige a la distribución con menor error estándar de ajuste (Fig. 4.16).
- c) Después de conocer la distribución de probabilidad que proporciona el menor error estándar de ajuste, el programa tiene la opción de ajustar funciones de manera individual (Fig. 4.17).
- d) Finalmente el programa genera un archivo principal con extensión .max, este archivo muestra el periodo de retorno T_r , gasto máximo calculado y gasto máximo medido. El archivo ya incluye las extrapolaciones para periodos de retorno antes mencionados (Fig. 4.18).
- e) El programa no muestra gráficas con una debida resolución de escala, por lo que se tendrá que dibujar las correspondientes gráficas utilizando un editor de gráficos como Grapher, Gnuplot o Excel.

Resumen de errores estándar Archivo analizado: ANG11.AJU

Función	Momentos		Máxima Verosimilitud	
	2 parámetros	3 parámetros	2 parámetros	3 parámetros
Normal	1570.186	-----	1570.186	-----
Lognormal	1046.258	968.268	1354.429	1005.507
Gumbel	1302.181	-----	1422.783	-----
Exponencial	1125.151	-----	1229.548	-----
Gamma	1216.889	1026.470	1336.243	1246.757
Doble Gumbel	709.312			

Mínimo error estándar: 709.312
Calculado por la función: Doble Gumbel

Aceptar Imprimir Ayuda

Figura 4.16. Resumen de errores estándar de ajuste.



Figura 4.17. Submenús de ajuste de una función.

ANG11 - Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Doble Gumbel. Duración 1 día

Tr	Qcalculado	Qmedido
10000.00	32489.46	
5000.00	29749.86	
2000.00	26068.52	
1000.00	23286.12	
500.00	20503.71	
200.00	16790.27	
100.00	13949.00	
50.00	11030.15	
20.00	6864.56	
10.00	3330.54	
5.00	2407.05	
2.00	1855.98	
59.00	11737.79	12790.00
29.50	8701.22	10610.00
19.67	6781.63	5252.00
14.75	5288.76	3627.00
11.80	4042.69	3443.00
9.83	3280.54	2712.00
8.43	2945.70	2708.00
7.38	2758.59	2571.00
6.56	2631.67	2528.00
5.90	2536.01	2525.00
5.36	2459.24	2431.00

Línea 1, columna ...

Figura 4.18. Impresión de resultados (archivo .max).

4.3.3. Ajuste de una muestra y extrapolación de datos con la función de distribución de probabilidad Gumbel Dos Poblaciones QG2P.exe

El programa QG2P.exe fue diseñado por **Luis Eusebio Ramírez Salazar** en el año 2010, el código fuente está programado en lenguaje FORTRAN 2003 y está disponible en el **Apéndice B**. El objetivo del programa es la estimación de avenidas de diseño mediante el método estadístico de la función Gumbel de dos poblaciones, optimizando sus parámetros estadísticos mediante optimización no lineal.

El programa se maneja de la siguiente manera:

- a) Construir un archivo con extensión .dat, que debe contener los gastos máximos anuales, y seguido de un espacio los años de registro de dicha muestra (Fig. 4.19). El nombre del archivo forzosamente tiene que ser “**Registros.dat**”. Este archivo se tiene que anexar en donde esté ubicado el programa QG2P.exe.
- b) El programa comienza preguntando lo siguiente: Nombre de la estación hidrométrica, año de registro inicial, año de registro final, tamaño del registro de gastos máximos anuales, numero de gastos máximos ciclónicos y número máximo de rotación de ejes.
- c) El programa proporciona un archivo llamado “Resultados.dat”, este archivo contiene la avenida de diseño y los correspondientes periodos de retorno antes mencionados (Fig. 4.20).
- d) El programa no dibuja gráficas por lo que se tendrá que manejar algún editor de gráficos como Grapher, Gnuplot o Excel.

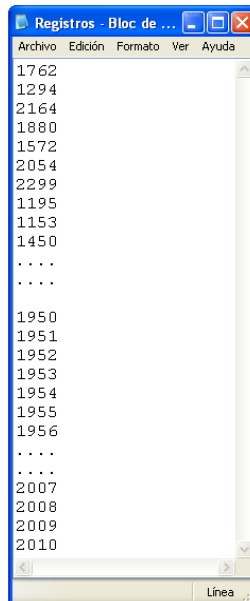


Figura 4.19. Archivo de entrada “Registros.dat”.

```

Resultados - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
-----
ESTIMACION DE PARAMETROS ESTADISTICOS INICIALES (X MOMENTOS)
-----
Estadisticos muestrales;
Medial = 1897.537
DesEst1 = 484.824
Media2 = 8069.750
DesEst2 = 4336.334
Parametros estadisticos de la funcion Gumbel dos Poblaciones;
p1 = 378.016
p2 = 1679.341
p3 = 3381.027
p4 = 6118.170
p5 = 0.931
Valor inicial de la funcion objetivo f(Q) = 0.120510
-----
OPTIMIZACION DE DE PARAMETROS ESTADISTICOS (ALGORITMO DE ROSENBROCK)
-----
Factor de escala de aumento en los incrementos; a = 2.0
Factor de escala de reduccion en los incrementos; b = 0.5
Parametros estadisticos optimos de la funcion Gumbel dos Poblaciones;
p1 = 429.116
p2 = 1667.041
p3 = 3387.327
p4 = 6093.070
p5 = 0.912
Valor optimo de la funcion objetivo f(Q) = 0.053773
-----
CALCULO DE GASTOS MAXIMOS DE DISENO Qc(m3/s) (Newton Raphson)
-----
Ano Q(m3/s) k Qr(m3/s) P(Qr) Tr(anos) Z Qc(m3/s) F(Qc)
====
1950 1762.00 1 1049.00 0.017 1.017 -1.405 1073.566 0.000
1951 1294.00 2 1153.00 0.034 1.035 -1.219 1155.504 0.000
1952 2164.00 3 1165.00 0.051 1.054 -1.092 1211.857 0.000
1953 1880.00 4 1195.00 0.068 1.073 -0.990 1256.863 0.000
1954 1572.00 5 1294.00 0.085 1.093 -0.903 1295.341 0.000
1955 2054.00 6 1315.00 0.102 1.113 -0.827 1329.561 0.000
1956 2299.00 7 1343.00 0.119 1.135 -0.757 1360.785 0.000
1957 1195.00 8 1344.00 0.136 1.157 -0.692 1389.800 0.000
1958 1153.00 9 1360.00 0.153 1.180 -0.631 1417.128 0.000
1959 1450.00 10 1386.00 0.169 1.204 -0.574 1443.141 0.000
1960 2113.00 11 1450.00 0.186 1.229 -0.519 1468.113 0.000
1961 1453.00 12 1453.00 0.203 1.255 -0.465 1492.251 0.000
1962 2185.00 13 1477.00 0.220 1.283 -0.414 1515.722 0.000
1963 3443.00 14 1531.00 0.237 1.311 -0.364 1538.659 0.000
1964 1637.00 15 1534.00 0.254 1.341 -0.314 1561.173 0.000
1965 1708.00 16 1535.00 0.271 1.372 -0.266 1583.358 0.000
1966 1535.00 17 1572.00 0.288 1.405 -0.219 1605.297 0.000
1967 1049.00 18 1604.00 0.305 1.439 -0.172 1627.060 0.000
-----
2008 2041.00 56 5252.00 0.949 19.667 2.953 6578.532 0.000
2009 1531.00 57 10610.00 0.966 29.500 3.367 8519.785 0.000
2010 10610.00 58 12790.00 0.983 59.000 4.069 11304.265 0.000
-----
Error Estandar de Ajuste EEA = 445.340 m3/s
Extrapolacion probabilistica de los eventos de diseno Qc
Tr(anos) Qc(m3/s) F(Qc)
=====
2 1883.148 0.000
5 2520.740 0.000
10 3281.768 0.000
20 6668.337 0.000
50 10671.940 0.000
100 13245.762 0.000
200 15697.701 0.000
500 18861.447 0.000
1000 21228.953 0.000
2000 23585.896 0.000
5000 26696.576 0.000
10000 29044.889 0.000

```

Figura 4.20. Archivo de salida “Resultados.dat” mediante el programa QG2P.exe

4.3.4. Obtención de Tránsitos de Avenidas mediante el programa TRATE.bas

El programa tránsito de avenidas en embalses fue realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para el manual de CFE. Una versión del código fuente de este programa se encuentra programado en lenguaje FORTRAN en (Berezowsky et al., 1981).

Se debe de construir un archivo .dat en el siguiente orden (Fig. 4.21):

- Elevación inicial en el vaso, en (msnm)
- Número de puntos del hidrograma de entrada
- Número de puntos de la curva elevaciones vs volúmenes
- Intervalo de tiempo Δt , en (horas)
- Gasto de salida por la obra de toma, en (m^3/s)
- Factor para definir el intervalo de tiempo de cálculo
- Elevación inicial en el vaso, en (msnm)
- Gasto de salida por la obra de excedencias, en (m^3/s)
- Tipo de restricción en el gasto de salida*
- Tiempo pico del hidrograma de entrada, en horas o capacidad de descarga, en (m^3/s), dependiendo del tipo de restricción
- Elevaciones E_i (msnm), en forma de columna
- Volúmenes V_i (Mm^3), en forma de columna
- Gastos de salida por la obra de excedencias Q_e , en (m^3/s).
- Gastos de entrada al vaso I , en (m^3/s)
- Restricción seleccionada*
- Dependiendo del tipo de restricción t_{pico} o $Q_{descarga}$

*Tipos de restricción en el gasto de salida por la presa:

- a) Cuando no hay ningún tipo de restricción en el gasto de salida entonces $ntipo = 0$
- b) El gasto de salida de la presa debe ser menor o igual al gasto de entrada antes del tiempo pico, entonces $ntipo = 1$, por lo tanto se ingresa t_{pico} .
- c) El gasto de salida de la presa debe ser **el menor entre** el gasto máximo de entrada en el instante de estudio i , el gasto de descarga con las compuertas totalmente abiertas y la capacidad de descarga por la obra de excedencias. En este caso la restricción es $ntipo = 2$, por lo tanto se ingresa la capacidad de descarga de la obra de excedencias con las compuertas totalmente abiertas $Q_{descarga}$.
- d) Si la restricción no es ninguna de las anteriores, entonces los gastos de salida se restringen mediante una política de operación previamente establecida para el manejo de vertedores de cresta controlada por compuertas.

El programa proporciona un archivo de resultados con extensión .res, como se muestra en la Fig. 4.22. Para realizar las gráficas se tendrá que manejar algún editor de gráficos como Grapher, Gnuplot o Excel.

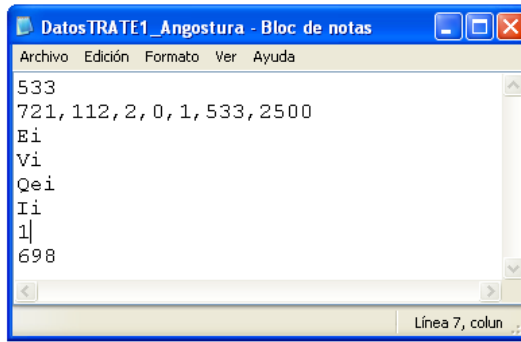


Figura 4.21. Archivo de entrada.

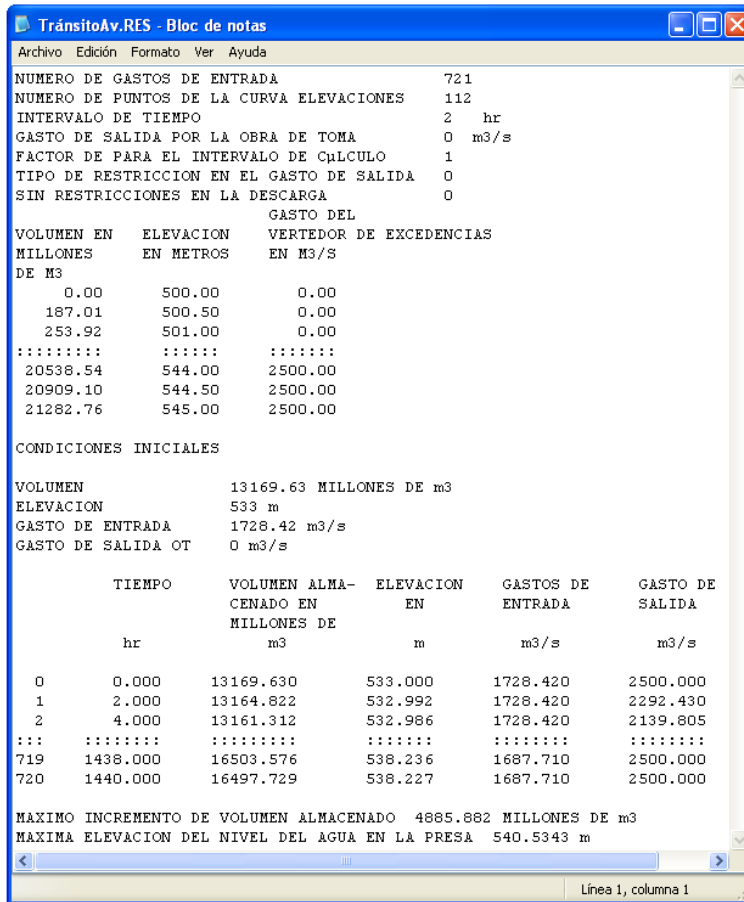


Figura 4.22. Archivo de salida “.res”.

Referencias

- 4.1 Alvarado, C.A.J. **“Cálculo de Avenidas de Diseño para vertedores de presas de almacenamiento”**. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1993.
- 4.2 Aparicio, M.F.J. **“Fundamentos de Hidrología de superficie”**. Limusa, México, 2005.
- 4.3 Arganis, J.M.L. **“Tránsito de Avenidas en Embalses y Cauces”**. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1998.
- 4.4 Berezowsky V.M., Fuentes M.O. **“Métodos Numéricos, Capítulo A.2.16.3 Tránsito de Avenidas en Vasos. Manual de Diseño de Obras Civiles”**. CFE. México, 1981.
- 4.5 Campos, A.D.F. **“Procesos del ciclo hidrológico”**. San Luis Potosi, México, Universitaria Potosina, 2003.
- 4.6 Chow, V.T. **“Applied Hydrology”**. McGraw-Hill, USA, 1988.
- 4.7 Chow, V.T. **“Hidráulica de canales abiertos”**. McGraw-Hill, Colombia, 1994.
- 4.8 Domínguez M.R., Fuentes M.O., Franco, V. **“Avenida de diseño, Capítulo A.1.10 del Manual de Diseño de Obras Civiles”**. CFE. México, 1981.
- 4.9 Domínguez, M.R. **“Análisis regional de Tormentas y Avenidas de Diseño, aplicación a la cuenca del río papaloapan”**. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1981.
- 4.10 Domínguez, M.R., Arganis, J.M.L., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Echeverri, V.C.A. **“Determinación de Avenidas de Diseño y ajuste de los parámetros del modelo de optimización de las políticas de operación del sistema de presas del Río Grijalva”**. Informe final. Para CFE. Diciembre 2006.
- 4.11 Domínguez, M.R., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Arganis, J.M.L. **“Estudio de diferentes aspectos sobre el funcionamiento de la obra de excedencias del Proyecto Hidroeléctrico, la Angostura, Chiapas y actualización de la hidrología para el sistema de presas del Río Grijalva. Estudio Hidrológico de la Cuenca alta del Río Grijalva”**. Informe final. Para CFE. Septiembre del 2000.

- 4.12 Domínguez, M.R., Mendoza, R.R., Alvarado, C.A, Márquez, U.L.E. “**Operación integral del sistema hidroeléctrico del Río Grijalva**”. Informe final. Para CFE. Julio de 1993.
- 4.13 Fuentes M.O., Franco, V. “**Tránsito de Avenidas en vasos, Capítulo A.1.8 del Manual de Diseño de Obras Civiles**”. CFE. México, 1981.
- 4.14 Hernández, A.R. “**Métodos para determinar avenidas de diseño en grandes cuencas y ejemplo de aplicación a la cuenca del río Santiago hasta el sitio del proyecto hidroeléctrico aguamilpa Nayarit**”. Tesis de Licenciatura, UNAM CAMPUS ACATLÁN. 2001.
- 4.15 Jiménez, E.M. “**Manual de operación de los programas AX.exe y CARACHID.exe (para hidrología)**”, CENAPRED, México, 1997.
- 4.16 Kite, G. “**Frequency and risk analyses in Hydrology**”. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA, 1988.
- 4.17 Luthe, R., Olivera, A., Schutz, F. “**Métodos Numéricos**”. Limusa. México, 1985.
- 4.18 Lynsley, R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H. “**Hydrology for engineers**”. McGraw-Hill, 1975.
- 4.19 Márquez, U,L,E. “**Avenidas de Diseño para los Vertedores de la Presas del Río Grijalva**”. Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM. 1993.
- 4.20 Maza, A.JA. “**La necesidad de construir presas**”. Ingeniería del agua. Vol. 11, No 4, 2004.
- 4.21 Monsalve, S.G. “**Hidrología en la Ingeniería**”. Alfaomega, México, 1999.
- 4.22 Ocegueda, H.V.M. “**Avenidas de Diseño**”. Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM. 1987.
- 4.23 Solís, M.J. “**Paquete interactivo para análisis hidrológico**”. Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, 2003.
- 4.24 V. Balderrama. “**Métodos Numéricos**”. Trillas, México, 1990.
- 4.25 Vázquez, C.M.T. “**Procedimiento sistemático para el cálculo de la avenida de diseño en presas con gran capacidad de regulación**”. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1995.

Capítulo 5

Actualización de las Avenidas de Diseño del Sistema de Presas del Río Grijalva

5.1. Introducción

El Sistema de Presas del Río Grijalva es uno de los más importantes desde el punto de vista de aprovechamiento hidroeléctrico. Debido a la regulación que se logra en sus embalses se han evitado situaciones que podrían ser más catastróficas que los eventos de precipitación que comúnmente se presentan en los estados de Tabasco y Chiapas.

El régimen de escurrimientos del Río Grijalva ha presentado modificaciones debido a la construcción de las presas de almacenamiento: Malpaso, en 1964; Angostura, en 1974; Chicoasén, en 1979, y finalmente Peñitas, en 1987. Estos cambios de régimen, junto con el continuo incremento en la disponibilidad de información hidrométrica y climatológica, han motivado a que se realicen continuas revisiones de avenidas de diseño para los vertedores.

Dados los eventos máximos ocurridos en las avenidas que se presentaron en el año 2005 y en el reciente año 2010 se consideró necesario actualizar las avenidas de diseño de las cuatro presas del sistema del río Grijalva. En esta tesis se determinaron las avenidas de diseño de las cuencas propias de las presas del río Grijalva, con los datos actualizados al 2010 para Angostura y al 2008 para Chicoasén, Malpaso y Peñitas, además se realizó una comparación de las mismas con las avenidas de diseño presentadas hasta 2006.

5.2. Avenidas de diseño para la presa Dr. Belisario Domínguez “La Angostura” (cuenca propia de La Angostura)

5.2.1. Avenida máxima histórica

La recopilación de registros históricos para este trabajo se hizo de la siguiente manera: los **gastos medios diarios**, por cuenca propia, fueron recopilados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) entre los periodos de 1950 a 1973 y de 1977 a 1999, del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) (CNA 2000) y de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Para el periodo comprendido del año 2000 al 2010 se consideraron las aportaciones por cuenca propia en millones de m^3 de los registros del funcionamiento diario, reportados por la CFE; dichos volúmenes fueron transformados a gastos medios diarios (Domínguez et al., 2006). El registro histórico con periodos de 1950 a 1973 y de 1977 a 2010 se localiza en la tabla 5.1.

Conforme a la tabla 5.1 se observa que los escurrimientos ocurridos en el año 2005, generaron la mayor avenida presentada en el periodo de registro histórico mencionado. El gasto medio diario máximo fue de **12,790 (m^3/s)**, ocurrido el 6 de octubre de 2005. En la Fig. 5.1 se aprecia una porción del hidrograma correspondiente a la **avenida histórica** del primero de septiembre al 31 de octubre del mismo año.

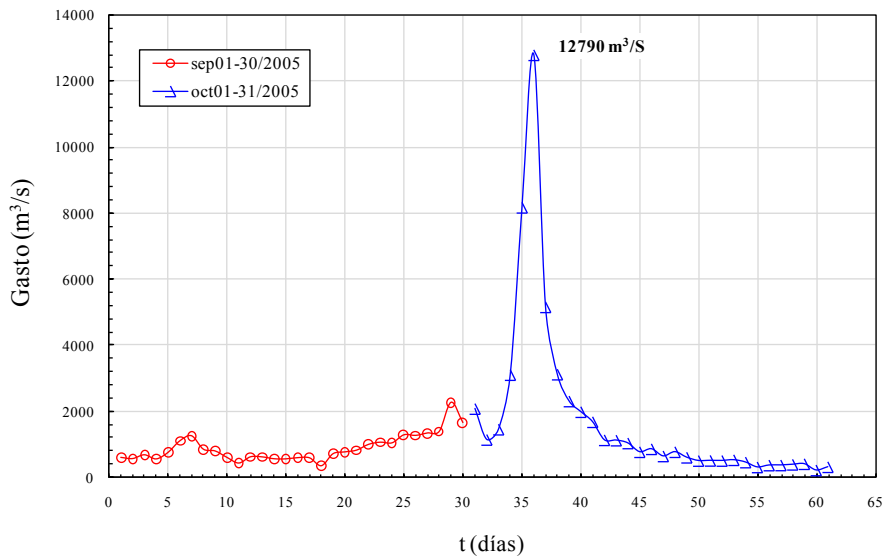


Figura 5.1. Avenida máxima histórica registrada del primero de septiembre al 31 de octubre de 2005. Presa La Angostura, Chis.

5.2.2. Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales

Para obtener los gastos medios máximos anuales para distintas duraciones, se consideraron duraciones de 1 a 60 días. Utilizando el registro histórico con periodos de 1950 a 1973 y de 1977 a 2010 (tabla 5.1), los datos se procesaron con ayuda del programa GAS1.bas que permite estimar los gastos medios diarios máximos anuales que se presentan de 1 a 60 días de duración. Estos valores se consignan en la tabla 5.2, de acuerdo a la tabla, se observa que el gasto máximo anual ocurrió en el 2005, seguido por el presentado el 2 de septiembre de 2010, con un gasto medio máximo de 10,610 (m^3/s).

Tabla 5.1. Gastos medios diarios por cuenca propia en (m³/s). Presa La Angostura, Chis.

ANGOSTURA																																		
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																		
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1950	1	105	104	104	106	105	103	102	103	100	98	96	95	94	92	90	89	89	89	89	88	87	85	85	84	83	83	83	81	80	80	79		
1950	2	92	92	92	90	82	82	79	78	72	70	75	74	74	74	71	71	69	68	67	65	67	65	64	67	63	63	63						
1950	3	57	58	56	58	59	59	54	56	53	53	55	57	59	58	58	54	55	62	61	61	55	55	52	51	51	52	53	53	51	47	52		
1950	4	51	51	51	51	51	53	52	51	50	49	49	48	48	48	48	48	48	48	48	51	48	48	47	48	47	48	48	62	53	54	51		
1950	5	49	48	47	47	53	90	76	88	103	83	81	68	62	65	62	62	63	64	54	58	69	80	111	91	81	79	92	85	75	64	64		
1950	6	100	107	141	114	104	131	110	109	156	189	175	207	313	400	313	301	340	553	342	271	213	199	228	603	338	217	176	158	208	168			
1950	7	190	203	588	504	336	312	240	190	179	223	206	190	273	215	258	239	216	195	269	222	196	197	279	249	193	197	214	204	180	181	168		
1950	8	151	141	144	151	168	165	200	183	173	159	210	240	217	180	160	153	136	135	134	134	150	139	162	181	294	239	312	596	415	422	441		
1950	9	347	337	360	307	286	527	521	480	437	371	342	398	464	464	483	422	456	523	538	429	362	394	400	393	381	555	846	618	623	860			
1950	10	841	699	834	1217	1762	1652	1386	1298	1028	869	771	813	1239	1058	912	777	639	550	508	476	430	392	356	334	332	339	330	305	300	304	286		
1950	11	266	255	234	245	252	247	234	227	222	217	213	214	206	199	194	187	185	188	179	178	173	171	167	165	161	157	150	146	143	141			
1950	12	138	137	135	133	130	128	124	124	123	121	123	124	121	116	113	110	108	107	106	106	104	102	102	100	99	98	97	96	95	93	93		
1951	1	91	89	89	88	87	86	84	83	83	86	84	81	81	81	80	79	80	79	78	77	76	76	75	75	74	74	73	73	73	72	72		
1951	2	71	70	72	74	73	72	71	70	69	69	68	68	68	67	66	66	65	65	64	63	62	60	60	59	58	58	57	57					
1951	3	57	57	56	56	55	55	54	54	53	53	53	53	53	55	54	54	53	52	53	52	53	52	52	51	51	50	50	49	48	48	49		
1951	4	49	48	48	47	47	47	47	46	46	45	45	46	46	49	50	52	50	48	47	47	47	46	45	44	44	44	44	43	43	43	43		
1951	5	40	39	40	41	41	41	41	41	41	41	41	41	46	64	105	124	74	65	100	79	81	81	65	59	72	141	90	96	72	73	86	66	60
1951	6	68	87	140	115	136	287	230	168	128	103	93	79	70	76	77	65	59	57	67	74	91	100	102	111	240	231	164	279	317	296			
1951	7	342	490	433	491	535	573	580	674	631	588	446	505	412	310	543	405	324	308	415	315	367	283	232	197	183	187	198	171	161	171	199		
1951	8	190	179	187	228	192	268	185	158	149	159	146	134	149	142	232	403	473	603	489	313	240	453	409	586	409	338	326	243	217	224	236		
1951	9	445	547	583	674	997	765	765	777	949	1047	881	1233	996	708	542	555	594	546	480	473	754	1044	856	865	863	810	713	687	840	736			
1951	10	1086	1294	1237	1175	1071	1146	903	758	737	727	675	559	502	449	410	374	351	338	344	458	470	422	419	391	348	322	296	285	281	267	255		
1951	11	245	240	258	250	242	229	218	210	205	201	197	192	185	183	179	177	180	253	329	248	215	198	189	184	181	176	170	163	160	157			
1951	12	162	155	152	152	151	145	140	135	132	130	131	143	135	130	124	121	119	118	115	112	110	107	106	106	102	100	97	96	101	98	93		
1952	1	90	89	89	88	87	85	85	84	84	82	82	81	80	81	81	79	79	78	77	77	76	75	75	74	73	72	72	71	70	71	71		
1952	2	70	69	65	66	66	62	61	66	64	64	63	63	64	59	58	61	60	58	56	57	55	56	54	53	51	53	55	54	54				
1952	3	54	54	54	53	52	52	52	52	51	50	50	49	48	49	47	47	47	47	46	46	46	46	46	46	44	44	44	44	48	49	57	55	
1952	4	52	49	47	45	45	50	48	47	46	44	44	43	42	43	47	51	52	46	44	43	42	42	42	43	43	47	51	50	51	54			
1952	5	51	57	58	54	53	54	56	63	71	59	56	53	53	58	60	56	60	85	59	55	71	79	97	74	61	66	141	139	98	114	98		
1952	6	100	109	112	113	146	176	166	163	141	154	354	518	476	425	368	354	381	688	496	379	641	442	450	551	371	299	319	315	296	369			
1952	7	367	408	284	312	275	255	305	281	234	248	219	195	195	258	675	445	434	456	342	566	477	655	647	449	423	362	311	340	350	372	343		
1952	8	406	708	518	487	354	350	325	350	395	537	649	793	581	458	393	431	533	953	722	579	741	593	613	674	592	528	469	452	522	452	413		
1952	9	388	381	381	399	609	591	592	643	620	754	941	888	774	664	573	524	536	565	617	598	672	714	770	656	676	881	759	773	864	1625			
1952	10	1688	1511	1311	1844	1735	1922	1841	2164	1958	1473	1143	978	863	774	703	958	948	1006	1593	1645	1110	905	804	715	649	587	539	506	477	450	428		
1952	11	415	451	451	457	436	426	417	398	392	380	365	378	372	359	362	344	328	317	306	298	293	291	277	269	263	255	248	242	239	233			
1952	12	232	227	222	217	220	234	241	225	214	209	210	239	223	213	205	200	196	192	189	183	180	178	175	172	167	167	165	161	159	157	154		
1953	1	151	149	149	151	152	147	145	140	136	134	132	130	128	126	124	124	124	122	121	120	118	116	115	112	112	111	110	109	108	107	107		
1953	2	107	107	111	108	109	100	98	99	99	94	96	102	96	93	93	93	93	92	87	87	89	81	80	82	82	84	80	80	80				
1953	3	81	82	80	80	79	78	78	77	76	76	75	74	74	73	73	72	72	71	71	72	70	70	69	69	69	68	68	67	67	66	66		
1953	4	66	66	66	67	66	72	71	71	68	67	66	65	65	64	64	63	62	61	61	61	60	60	60	60	60	64	65	68	72	71			
1953	5	65	62	61	60	66	78	70	68	112	93	77	75	90	106	117	97	97	85	80	73	69	69	72	81	100	88	73	74	86	74	68		
1953	6	67	69	74	110	118	159	162	204	172	128	153	176	126	132	160	227	187	261	299	247	355	605	650	404	295	262	251	220	207	229			
1953	7	473	645	488	409	395	674	471	450	562	437	417	495	404	417	331	395	302	312	270	285	248	229	282	381	314	257	239	287	235	220	264		
1953	8	243	227	241	341	421	290	238	212	195	183	189	199	172	179	161	154	152	154	171	238	431	428	359	339	380	292	240	259	230	245	472		
1953	9	288	316	339	257	226	219	283	571	1338	1220	836	848	1038	1016	1022	1064	811	656	707	1022	945	1013	775	588	494	445	571	587	768	911			
1953	10	1040	980	1294	1478	1492	1660	1880	1783	1521	1334	1156	1007	946	808	706	695	740	647	582	648	570	515	502	459	444	419	401	369	360	352	344		
1953	11	308	298																															

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1954	1	140	144	140	136	135	133	130	129	127	125	123	121	121	120	118	116	115	114	113	112	109	108	106	106	105	104	103	101	100	99	98	
1954	2	97	97	97	97	96	95	93	92	91	91	91	90	88	87	86	85	84	83	82	82	82	81	81	80	84	83	80	79				
1954	3	78	77	77	77	75	73	74	74	75	75	73	71	69	68	67	67	68	68	67	66	65	64	63	62	61	62	62	62	61	59		
1954	4	58	58	58	57	55	55	55	62	79	77	74	72	76	69	68	77	71	70	69	63	63	63	70	66	64	67	70	66	93	101		
1954	5	103	102	99	124	124	132	129	131	127	138	138	151	126	117	132	132	141	207	172	210	225	164	162	145	152	177	240	497	479	313	253	
1954	6	281	316	256	426	334	311	456	650	582	562	688	626	689	639	605	559	710	1280	690	896	790	729	830	821	775	630	472	634	1075	1438		
1954	7	999	1099	1037	897	909	1572	1094	866	829	718	694	650	982	792	1073	716	569	640	631	635	663	730	894	781	625	549	527	638	734	684	563	
1954	8	502	473	746	475	407	395	374	375	408	466	399	357	342	543	683	688	793	507	435	397	381	348	319	393	518	575	524	679	584	562	562	
1954	9	789	880	671	622	689	746	786	682	1085	940	935	910	834	927	1111	1157	1237	1359	1401	1284	1227	990	935	984	1119	1560	1191	1065	996	947		
1954	10	838	772	766	1140	1263	1204	1070	1121	1541	1167	1142	1005	969	1278	1245	1095	1045	965	845	721	664	624	583	533	494	465	698	587	469	435	408	
1954	11	390	378	397	388	360	351	346	341	328	323	310	303	304	296	288	280	270	263	256	249	243	238	235	230	226	223	222	219	214	212		
1954	12	212	209	214	214	205	196	193	187	180	182	187	183	180	181	173	178	181	176	175	173	171	168	163	157	159	158	157	157	155	155	155	
1955	1	148	172	137	139	141	143	131	134	129	122	124	119	129	127	126	123	120	117	112	111	117	117	117	117	117	107	106	108	108	104	108	113
1955	2	111	106	106	105	104	101	99	97	95	100	101	101	108	106	102	101	97	97	95	93	92	96	94	91	89	89	87	86				
1955	3	88	83	78	80	84	84	85	83	82	77	77	77	76	76	76	76	76	76	75	75	74	74	74	73	73	73	72	73	74	73	73	
1955	4	76	74	75	73	72	71	70	70	69	69	68	68	67	67	68	68	67	67	66	65	64	65	61	62	62	63	64	61	60	62		
1955	5	64	67	64	61	61	59	58	57	56	56	57	66	61	67	81	81	81	80	79	76	75	73	64	61	59	58	57	65	88	83	75	
1955	6	88	69	65	64	65	74	106	152	115	175	142	121	103	101	84	76	74	76	75	120	163	150	134	127	176	166	114	97	106	100		
1955	7	103	125	305	586	505	635	489	516	561	436	473	550	635	825	919	737	619	581	950	1059	1100	1025	971	867	809	757	677	806	833	570		
1955	8	531	511	480	412	406	394	350	306	298	343	393	461	710	748	602	495	418	407	358	298	503	675	559	536	761	1243	1085	1031	1177	1081	1075	
1955	9	874	1051	1126	1409	1077	1054	1024	939	918	925	956	1290	1296	1073	953	825	761	764	721	645	697	604	607	537	705	629	547	595	725	694		
1955	10	675	677	664	614	782	691	692	730	833	729	1535	1540	1138	1078	908	796	906	1629	1202	1027	913	816	769	750	770	754	1243	1547	2054	1669	1515	
1955	11	1279	1235	1115	988	881	788	721	690	837	799	669	583	566	521	496	499	497	484	461	431	409	398	386	371	355	351	337	325	318	312		
1955	12	299	274	279	302	325	295	280	278	272	270	249	227	226	248	247	262	243	232	220	214	211	213	208	207	207	206	195	196	186	173	173	
1956	1	171	170	168	166	168	168	167	165	163	160	153	154	149	143	144	144	138	143	143	140	137	132	127	123	128	130	124	121	121	121	125	
1956	2	123	117	115	109	109	109	112	109	112	112	114	115	110	114	114	109	105	105	104	104	100	98	98	97	97	96	96	95	94			
1956	3	93	92	92	91	91	89	90	90	89	88	87	87	86	87	86	86	86	86	88	87	86	86	84	85	85	83	83	82	82	81	81	
1956	4	80	79	78	78	78	77	77	76	76	75	76	75	76	80	76	75	74	74	75	74	73	73	75	76	81	84	76	82	85	106		
1956	5	83	78	79	102	103	92	111	95	106	90	100	130	124	115	107	147	119	101	89	85	81	79	81	88	114	236	226	188	228	262	217	
1956	6	273	451	539	446	859	873	914	995	1075	938	1060	1110	809	976	736	681	663	1135	1053	1293	933	732	652	780	626	620	622	488	418	388		
1956	7	409	353	394	424	546	572	626	578	849	823	620	516	557	495	414	346	318	372	373	307	276	270	274	263	271	414	573	516	369	337	334	
1956	8	304	297	263	248	245	239	232	228	210	206	197	193	198	190	184	202	262	262	273	333	348	381	295	275	287	304	674	654	538	378	330	387
1956	9	448	470	727	810	585	468	499	489	1378	1454	955	816	681	572	538	564	967	1337	2299	2022	2016	1368	1098	1072	1230	1187	1334	1214	1152	1147		
1956	10	1014	877	950	1158	1287	1340	1508	1621	1429	1211	1259	1171	979	900	766	688	635	612	583	560	528	511	499	476	449	433	437	425	408	402	385	
1956	11	367	345	326	322	316	288	305	303	301	269	259	248	257	257	283	251	242	235	229	224	207	252	427	307	256	233	225	229	219	207		
1956	12	214	210	208	204	196	190	186	182	179	174	174	172	169	167	164	163	161	160	156	155	155	153	152	150	148	147	148	150	147	141	139	
1957	1	139	140	138	127	122	121	120	125	119	119	118	120	119	118	117	119	118	117	118	119	118	115	112	113	115	108	105	102	105	103	103	
1957	2	103	104	104	104	100	98	96	97	97	97	97	97	95	91	87	85	87	88	93	91	90	88	85	90	93	91	89	96				
1957	3	91	89	86	83	82	82	83	78	78	77	76	75	77	77	74	78	74	73	72	71	69	68	71	70	69	69	75	77	92	86	78	
1957	4	79	80	79	75	72	70	70	68	65	64	63	61	63	64	65	66	64	63	62	68	71	70	66	66	68	64	62	62	62	61		
1957	5	65	68	68	77	72	70	72	67	67	78	76	69	66	63	60	65	63	60	58	57	60	63	68	67	74	72	69	64	70	70	65	
1957	6	70	71	75	75	120	208	130	107	98	96	95	85	82	88	121	154	157	242	476	393	375	323	265	249	237	201	209	199	186	187		
1957	7	254	267	247	221	173	150	190	188	157	136	128	120	115	125	182	239	337	234	369	289	306	406	476	323	332	539	680	578	532	543	577	
1957	8	426	383	351	324	513	361	456	585	538	385	420	425	307	265	285	241	254	246	240	228	276	272	272	229	246	238	210	230	319	247	239	
1957	9	376	646	630	603	725	1138	958	825	799	972	945	1195	927	1168	862	932	1113	1099	1034	891	870	728	672	617	637	737	823	1080	948	1028		
1957	10	1048	895	739	668	606	551	512	477	442	410	385	356	332	316	311	323	348	340	288	289	287	265	257	251	253	283	301	269	253	244	237	
1957																																	

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1958	1	118	114	118	113	110	109	107	112	115	112	107	105	104	105	104	105	105	104	99	98	98	97	98	98	95	95	95	95	92	91	90	
1958	2	89	88	89	89	89	88	86	85	83	83	83	82	81	80	81	82	82	82	82	81	78	78	78	76	78	78	88	81	59	59	56	54
1958	3	77	74	73	71	70	69	69	68	76	74	87	92	79	77	87	77	74	70	69	69	69	70	68	65	64	62	61	59	59	56	54	
1958	4	58	59	55	57	59	58	56	55	56	54	53	54	53	52	54	54	54	53	52	66	60	67	70	67	63	63	69	59	59	58		
1958	5	58	64	58	57	54	54	52	52	52	51	51	55	58	59	60	57	58	61	60	59	80	88	88	78	71	68	63	59	63	68	76	
1958	6	91	141	233	233	217	227	318	353	570	432	580	850	827	991	590	525	385	357	472	421	589	510	443	487	616	448	352	311	274	414		
1958	7	368	304	348	412	441	554	844	908	1085	1013	1025	780	661	606	678	704	736	585	590	638	588	567	532	479	602	810	708	614	513	569	570	
1958	8	493	508	480	541	632	683	703	758	623	594	559	862	679	631	838	623	550	464	434	444	390	389	396	510	534	579	631	607	560	523	715	
1958	9	739	692	699	679	691	674	717	882	1153	809	762	698	782	896	830	713	682	659	683	636	606	604	551	618	662	617	689	974	785	780		
1958	10	680	824	973	721	664	679	613	651	647	765	1143	1065	846	819	731	796	773	649	699	710	700	593	545	512	475	470	450	402	392	481	476	
1958	11	485	474	417	399	378	362	467	492	414	377	363	345	324	304	290	281	275	273	271	257	247	238	230	224	220	220	215	210	206	204		
1958	12	203	221	260	234	225	215	204	198	196	191	189	185	184	185	188	192	185	180	175	171	167	162	161	157	153	151	148	147	145	142	139	
1959	1	149	148	147	145	146	144	139	139	137	134	135	134	134	132	131	129	128	126	124	122	121	120	119	119	119	117	116	117	114	114	112	
1959	2	112	109	108	108	106	104	102	102	102	101	99	98	98	96	95	93	92	92	90	90	91	90	90	90	89	88	87	86				
1959	3	86	89	90	87	85	84	84	85	83	81	80	80	79	80	80	79	78	76	76	75	76	78	83	86	82	78	76	75	74	72	71	
1959	4	71	69	69	69	67	66	66	67	67	75	76	75	71	71	75	76	74	77	75	73	86	97	105	94	84	82	73	69	67	66		
1959	5	69	78	80	84	76	80	78	68	64	62	61	62	98	94	87	83	97	91	87	77	85	76	74	72	68	68	98	90	87	92	107	
1959	6	95	94	100	146	116	96	89	99	111	134	129	184	228	211	264	451	650	422	308	356	526	483	465	458	328	276	254	385	325	260		
1959	7	222	202	227	257	236	234	200	175	163	164	159	173	229	293	373	259	226	231	203	377	298	260	246	308	270	274	233	262	256	262	284	
1959	8	306	329	404	350	338	402	390	451	415	515	548	454	406	318	302	425	518	659	426	342	326	318	388	415	438	372	387	343	328	380	335	
1959	9	321	301	271	285	381	336	357	290	278	258	261	241	239	278	313	342	467	806	621	431	358	331	318	356	341	301	278	269	274	256		
1959	10	257	314	287	367	357	354	395	451	660	804	738	1074	987	876	760	1049	1129	1450	1244	966	883	969	969	757	835	700	647	619	578	498	573	
1959	11	536	495	437	403	380	367	376	358	356	356	343	328	317	304	294	284	276	268	267	273	261	248	240	234	230	226	219	217	249	249		
1959	12	235	222	217	214	211	209	207	199	197	192	190	188	183	180	178	175	174	171	169	169	162	159	151	149	148	146	143	139	139	138	140	
1960	1	136	135	132	128	126	124	126	123	120	119	119	119	117	115	113	112	112	110	109	107	109	108	106	104	104	101	100	99	99	96	96	
1960	2	96	95	93	91	90	90	90	88	87	86	85	83	83	85	84	83	83	82	82	81	80	79	78	77	76	76	76	76	76	76		
1960	3	75	73	73	73	71	71	70	69	69	68	66	66	66	65	64	64	64	64	62	65	65	64	63	63	63	64	63	61	61	62	60	
1960	4	60	59	60	60	58	59	59	59	57	56	55	54	55	60	79	68	66	72	67	65	64	61	59	64	73	70	61	60	58	57		
1960	5	57	60	73	77	65	66	62	62	75	66	68	72	64	62	59	60	68	103	97	105	97	88	93	113	115	109	82	84	116	119	124	
1960	6	152	208	263	413	335	310	327	294	300	470	753	736	522	625	565	530	371	356	367	709	1374	864	600	619	485	643	662	560	602	587		
1960	7	905	859	567	453	409	399	395	421	345	434	483	399	591	649	426	400	673	685	923	741	536	565	520	513	611	562	555	481	582	609	530	
1960	8	617	741	532	430	438	428	584	517	412	355	320	513	525	563	815	932	1099	862	764	885	826	762	764	872	961	822	706	638	556	572	744	
1960	9	657	650	765	1185	1212	1488	1181	996	882	1030	1269	1128	1370	1283	1052	884	861	959	1269	1493	1155	1015	1084	1332	1209	2113	1512	1138	1127	1032		
1960	10	987	946	1109	1001	828	815	1127	1018	1140	1020	791	745	1262	1592	1230	959	857	764	746	708	649	597	534	502	558	519	646	776	735	708	1166	
1960	11	1444	1051	870	845	713	614	565	524	484	447	473	469	414	394	374	354	336	337	337	332	330	319	311	301	295	295	292	282	277	278		
1960	12	281	284	270	260	254	249	243	239	237	231	226	220	215	210	210	209	202	202	200	193	192	190	190	190	188	185	179	177	178	172	172	
1961	1	165	162	160	156	154	152	151	151	152	158	158	155	151	148	146	145	145	146	144	140	139	139	136	133	133	131	129	127	124	125	131	
1961	2	136	131	127	125	124	124	129	122	120	119	118	129	134	125	121	118	116	115	113	109	108	106	105	105	104	103	108	103				
1961	3	101	101	100	99	98	96	95	94	95	97	96	94	92	91	89	88	87	86	84	84	85	85	88	91	104	92	89	85	81	81	81	
1961	4	80	81	98	101	121	105	93	88	86	84	84	83	93	91	85	81	79	77	75	73	72	71	70	69	69	68	69	68	73			
1961	5	67	67	69	78	84	130	139	95	90	84	78	75	73	80	95	91	77	72	67	65	63	62	64	76	110	104	87	92	85	81	86	
1961	6	83	91	90	128	105	125	156	174	153	215	216	186	378	572	644	729	699	414	370	314	325	437	313	271	256	258	348	249	204	180		
1961	7	171	189	211	208	220	270	294	280	264	376	416	527	534	449	379	312	272	250	300	425	455	471	393	418	338	486	524	406	343	385	865	
1961	8	542	395	315	295	254	232	222	209	196	197	190	201	181	172	164	167	261	278	315	360	294	275	252	250	363	584	770	825	838	1164	765	
1961	9	736	957	589	445	392	344	319	318	387	660	763	578	476	421	422	390	371	398	489	486	568	497	487	584	484	448	460	397	411	414		
1961	10	524	572	780	925	860	813	724	584	503	457	427	397	393	378	383	504	523	447	408	383	378	369	355	336	317	317	298	288	281	268	256	
1961	11	693	1415	1453	924	853	956																										

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1962	1	147	148	152	147	142	139	139	138	137	133	133	135	135	132	130	126	125	122	122	121	120	116	114	113	111	112	110	109	109	113	111
1962	2	110	109	107	105	105	104	102	101	99	97	96	94	94	94	92	92	91	90	88	88	87	87	86	85	84	83	83	82			
1962	3	80	80	79	80	80	78	79	78	77	76	75	74	74	73	72	71	73	74	75	73	71	71	70	70	70	70	76	73	70	68	67
1962	4	67	66	66	67	68	67	65	85	88	102	86	81	96	78	73	72	94	82	74	75	91	95	81	75	72	73	76	72	83	83	
1962	5	92	82	82	77	74	72	70	69	66	65	66	70	76	78	75	73	86	140	96	80	71	68	65	63	63	67	67	68	67	65	78
1962	6	73	77	79	121	107	134	112	95	106	138	124	153	718	562	311	278	260	214	270	319	375	690	762	727	591	400	311	303	490	905	
1962	7	604	566	1258	1410	864	762	627	621	470	384	338	287	278	321	319	289	295	252	224	210	218	263	342	363	285	265	227	213	226	205	189
1962	8	189	336	274	227	206	221	219	233	252	573	1035	628	441	344	302	299	412	329	440	1201	1478	828	636	698	708	683	738	1138	1040	1056	1109
1962	9	833	710	771	1061	1052	1074	887	792	916	1044	1068	944	943	995	1339	1371	1214	1336	1539	2185	1756	1716	1772	1414	1233	1189	1596	1754	1762	1611	
1962	10	1447	1382	1149	1025	1673	1531	1345	1122	959	840	786	724	720	707	671	596	526	565	498	489	470	552	715	580	522	465	461	531	568	595	574
1962	11	615	514	457	424	399	379	363	347	333	319	310	300	291	281	269	264	256	248	240	234	230	229	230	224	215	210	210	208	202	198	
1962	12	193	190	186	183	179	176	173	172	169	167	164	163	161	159	155	154	152	149	147	144	142	141	140	139	141	144	138	134	134	132	131
1963	1	130	128	127	125	124	121	121	120	119	118	117	115	114	113	112	111	111	111	109	108	107	105	104	102	102	103	99	97	96	96	97
1963	2	96	95	94	94	97	97	93	92	91	89	87	87	86	85	86	85	82	82	81	80	80	79	79	80	80	79	79	79			
1963	3	78	76	76	74	74	72	73	74	73	72	72	70	70	68	67	67	66	66	66	65	65	70	69	68	67	65	64	63	63	62	
1963	4	61	61	60	60	60	61	60	60	60	60	60	65	66	74	70	65	63	61	60	58	58	59	57	57	56	56	55	60	57	57	
1963	5	55	57	59	80	84	74	66	78	80	63	58	57	61	58	58	58	60	63	61	60	66	71	67	70	74	75	64	61	63	67	67
1963	6	70	91	106	126	115	99	97	97	106	102	121	188	193	131	112	111	119	131	175	158	151	153	234	154	123	124	158	206	325	481	
1963	7	369	667	456	841	560	630	414	706	549	399	398	546	412	323	261	237	224	215	223	324	374	452	542	748	1286	1086	970	638	483	392	346
1963	8	323	281	261	302	284	274	327	715	598	483	667	489	461	393	410	478	537	509	737	699	688	899	864	857	664	498	395	370	330	308	293
1963	9	291	299	274	266	275	299	278	292	384	504	535	525	433	442	496	690	599	697	920	791	1070	2044	3443	2207	1312	1169	2085	2261	1703	1563	
1963	10	1561	1310	1207	1126	1041	920	990	961	1131	1019	846	715	650	606	583	543	502	485	470	454	432	405	384	368	355	343	330	318	313	319	321
1963	11	326	307	305	315	296	280	269	261	269	771	863	558	452	400	362	338	318	304	290	280	269	263	255	257	271	272	263	253	237	254	
1963	12	246	234	225	218	215	209	203	199	194	190	188	185	180	175	173	173	175	173	171	166	164	160	159	159	158	155	154	151	148	145	144
1964	1	142	139	140	135	134	133	126	124	124	123	123	122	125	126	121	117	116	116	115	112	108	106	99	102	101	100	101	99	98	96	
1964	2	94	93	92	91	90	87	86	85	85	86	86	85	84	83	82	82	80	79	78	79	81	80	78	77	76	76	74	73	73		
1964	3	73	73	72	70	69	69	69	68	67	67	66	66	65	65	64	64	63	63	63	63	62	62	62	61	61	60	60	61	60	59	
1964	4	59	59	58	57	58	59	58	57	58	58	57	57	55	54	55	53	52	53	53	52	51	51	53	56	56	57	58	58	55	52	
1964	5	52	51	50	50	50	52	55	59	55	69	69	66	62	83	69	60	79	99	81	70	67	67	66	63	70	71	84	84	81	75	70
1964	6	79	101	111	95	93	182	209	245	175	166	248	374	578	501	332	222	313	266	241	244	189	170	196	196	178	211	809	681	849	587	
1964	7	401	436	376	566	393	326	377	342	293	610	921	814	622	755	970	998	1102	1083	1006	699	597	605	1145	812	1255	955	863	952	638	557	477
1964	8	666	574	572	499	431	392	491	496	405	441	395	449	373	340	362	465	373	380	341	531	479	528	393	459	393	352	416	373	356	363	454
1964	9	615	1113	1049	877	916	745	598	540	530	488	646	568	629	632	669	719	745	1004	815	824	774	795	665	833	1061	1212	1578	1227	994	929	
1964	10	865	844	1180	1239	1589	1637	1462	1081	910	798	705	625	563	528	510	493	480	489	556	512	489	456	443	428	413	397	383	376	374	366	348
1964	11	332	318	309	304	302	283	278	267	258	257	260	266	272	274	252	236	226	222	218	214	233	230	220	223	222	215	211	208	205	200	
1964	12	194	191	190	188	183	178	178	182	184	174	171	179	173	221	208	197	191	181	173	171	169	175	175	173	174	166	162	160	157	137	137
1965	1	130	129	128	128	126	124	123	120	119	118	116	116	114	113	111	110	110	113	113	111	108	108	107	107	107	105	103	102	102	101	99
1965	2	97	97	95	94	93	93	91	91	89	88	86	86	86	85	86	85	84	83	83	86	89	86	84	83	80	80	81	81			
1965	3	80	79	77	78	77	77	76	76	76	75	73	72	71	70	69	69	68	67	66	67	67	67	66	66	64	63	63	63	63	63	64
1965	4	65	63	62	61	61	59	59	58	58	58	57	57	57	56	55	56	57	59	58	57	58	57	56	55	55	54	53	53	58	62	
1965	5	57	54	54	55	55	57	56	54	55	57	63	90	69	75	61	58	65	71	57	57	60	64	63	61	65	108	87	81	77	64	60
1965	6	56	54	62	99	73	121	131	162	186	288	248	309	184	131	109	112	126	146	240	181	178	200	336	609	625	654	719	793	1115	662	
1965	7	495	813	1011	731	632	930	1099	589	403	317	285	269	238	213	223	393	269	220	205	246	338	318	272	235	244	257	363	278	262	343	312
1965	8	303	575	498	509	500	430	608	674	710	817	638	533	855	854	784	693	806	590	471	407	351	310	295	309	616	594	871	1174	861	680	511
1965	9	425	390	381	359	331	314	413	402	376	558	457	391	375	504	507	426	513	598	618	746	953	1528	1090	1083	1251	1189	1198	1498	1708	1272	
1965	10	1065	1133	1602	1517	1184	970	1171	983	885	815	717	673	837	849	1285	1448	1251	1072	970	974	950	1081	1045	936	860	786	716	661	617	581	555
1965	11	522	502	503	496	534	509	505	494	470	448	431	409	392	436	387	375	361</														

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1966	1	146	146	145	143	142	140	142	150	153	149	143	141	141	140	138	136	134	133	131	130	128	127	126	125	124	122	121	122	122	121	122
1966	2	120	119	118	118	118	118	118	116	113	111	109	108	107	107	105	104	104	104	104	104	105	103	102	100	100	99	98	97			
1966	3	95	94	94	92	91	91	93	92	90	88	89	91	97	96	96	90	86	85	83	82	84	82	81	81	80	79	79	77	76	75	83
1966	4	94	94	106	103	92	97	97	94	103	92	93	88	95	93	86	85	86	94	95	99	99	108	113	101	90	85	86	91	83	80	
1966	5	86	87	94	102	107	104	108	105	134	147	113	99	93	94	89	91	82	84	77	85	112	104	113	119	102	89	83	85	116	133	136
1966	6	160	178	139	127	146	126	143	123	120	136	170	166	130	131	126	158	248	250	252	277	385	446	673	692	552	780	1007	1213	921	748	
1966	7	709	706	951	601	574	465	500	402	379	414	568	1061	1143	1130	924	730	596	591	502	654	589	799	859	678	520	452	415	406	376	475	411
1966	8	416	346	363	376	432	416	375	503	686	579	513	666	612	553	624	484	385	362	441	625	496	478	590	438	399	389	386	1000	633	459	390
1966	9	427	404	494	826	693	605	1464	1244	861	991	1033	692	702	855	956	1092	857	787	853	796	644	802	1096	1175	1295	1102	982	907	916	1051	
1966	10	1070	1535	1474	1065	1205	959	891	812	772	849	868	1106	928	755	682	720	786	720	1184	1269	1155	907	808	748	696	962	989	883	738	657	641
1966	11	607	649	676	599	550	507	480	458	441	423	407	395	389	384	366	350	339	329	318	314	311	299	289	282	274	265	259	252	247	254	
1966	12	316	234	228	226	221	215	211	207	201	195	193	191	191	187	180	174	172	170	166	165	161	157	153	150	152	150	146	143	137	133	132
1967	1	142	145	144	143	145	143	141	140	138	136	136	138	138	135	134	132	131	129	127	126	125	124	122	121	119	118	117	122	135	129	124
1967	2	119	116	113	113	111	110	109	108	108	108	105	103	103	102	102	101	99	99	97	96	94	93	92	92	92	91	90	89			
1967	3	88	88	88	87	85	84	84	84	83	83	81	79	79	77	77	76	75	74	74	73	74	78	74	76	78	78	78	76	73	71	70
1967	4	70	70	72	70	72	72	74	73	72	72	72	92	87	85	77	77	107	132	89	86	81	75	72	72	71	69	66	64	63	62	
1967	5	61	61	61	62	61	60	59	58	57	58	64	58	59	65	66	64	79	69	64	59	60	61	65	61	62	61	61	62	80	73	68
1967	6	75	65	71	83	86	101	105	186	143	145	153	147	155	134	151	147	139	142	264	268	255	332	486	416	278	209	186	245	148	171	
1967	7	227	191	160	265	229	169	162	184	180	189	179	177	177	155	159	172	241	426	474	444	305	228	213	197	170	154	144	137	151	198	167
1967	8	244	167	137	125	113	105	100	124	177	277	232	330	343	376	337	317	343	270	306	327	283	243	241	232	450	932	768	927	531	389	360
1967	9	457	302	259	257	281	356	274	244	239	340	369	294	425	436	436	381	351	405	367	374	362	343	328	308	319	338	375	368	601	981	
1967	10	725	728	913	993	927	1049	912	739	652	615	584	567	700	578	511	471	524	487	619	631	555	501	460	434	413	442	408	425	402	423	398
1967	11	396	369	346	376	353	325	305	286	271	258	248	238	236	228	221	218	211	202	194	187	181	176	172	168	164	160	158	155	152	151	
1967	12	151	148	146	145	143	141	139	137	136	134	132	131	129	127	127	127	125	124	122	121	120	122	125	132	130	125	121	119	118	116	115
1968	1	113	108	106	104	103	102	102	100	100	99	99	97	97	101	114	105	101	97	95	94	94	93	91	90	89	89	88	86	85	84	83
1968	2	82	81	81	81	80	80	81	82	81	80	79	78	77	76	75	74	73	73	73	71	71	70	69	69	68	68	68	67	67		
1968	3	66	66	66	65	64	64	63	63	62	62	61	60	59	59	60	60	59	59	58	57	57	57	57	60	60	58	57	57	56	55	55
1968	4	55	54	54	53	52	52	55	56	61	59	62	61	57	56	56	55	55	53	52	50	49	49	49	49	49	52	50	49	49	48	
1968	5	48	48	48	50	50	54	52	56	55	57	59	60	64	84	107	116	72	67	93	91	78	99	113	127	136	144	229	201	179	142	119
1968	6	114	125	164	127	108	123	160	173	167	195	255	260	271	235	478	620	574	554	570	716	597	477	371	368	368	323	388	413	321	310	
1968	7	483	347	385	456	661	893	760	593	553	497	457	387	621	556	393	393	640	420	388	332	274	286	258	251	303	237	262	232	217	205	189
1968	8	180	175	171	167	177	183	189	210	183	179	179	178	187	358	293	249	217	201	183	240	263	256	260	247	219	219	266	228	219	209	199
1968	9	185	185	208	249	262	329	339	396	611	1140	871	895	712	940	860	655	576	509	565	770	918	1386	1521	1375	1368	1617	987	764	647	579	
1968	10	533	643	504	419	379	544	628	502	436	447	363	423	476	601	941	904	647	613	738	736	1331	1171	1163	1165	1166	985	807	733	675	615	546
1968	11	489	445	421	400	399	379	356	336	327	317	305	295	284	271	261	254	246	239	252	239	230	220	214	209	204	200	195	192	189	186	
1968	12	193	185	183	203	263	217	197	188	184	177	171	168	166	164	161	158	154	152	149	146	144	143	141	143	154	148	141	139	137	135	133
1969	1	131	128	127	126	126	134	130	126	124	121	119	118	116	115	114	112	110	109	109	107	106	104	104	103	101	99	97	97	96	95	93
1969	2	93	93	92	90	89	89	89	88	86	86	86	85	84	82	82	81	80	80	78	77	77	76	76	75	73	73	72	72			
1969	3	72	71	70	69	69	69	69	67	67	66	66	66	66	65	66	66	65	64	63	63	62	62	63	62	61	60	61	62	62	60	59
1969	4	60	60	60	62	62	62	82	69	71	65	63	60	59	58	58	63	62	58	57	57	59	59	61	59	60	59	60	59	57	55	
1969	5	55	54	57	59	56	55	56	56	53	55	56	54	56	57	62	65	62	133	108	136	137	105	84	80	107	103	98	106	141	120	120
1969	6	101	93	88	84	81	202	224	142	116	110	118	120	109	112	218	615	424	546	402	392	281	246	223	211	202	182	198	423	768	507	
1969	7	397	415	650	876	1301	1018	955	1144	789	596	889	715	713	774	539	438	383	339	314	343	373	380	336	321	321	296	280	254	231	231	236
1969	8	354	587	1325	1607	1551	1351	1068	1039	882	1308	1499	1222	995	959	1038	928	959	970	879	928	1134	943	907	1085	1461	1855	1430	1302	1523	1774	1990
1969	9	1684	1308	1289	1391	1568	1894	1533	1498	1494	1890	2153	1525	1548	1952	1631	1285	1253	1301	1423	1662	1550	1480	1423	1949	1739	1650	1592	1909	2298	1839	
1969	10	1466	1293	1297	1350	1341	1193	1275	1239	1301	1149	1135	1053	992	999	893	772	779	734	662	818	990	895	791	769	814	721	775	789	925	963	848
1969	11	769	669	617	576	636	665	599																								

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																		
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																		
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1970	1	174	180	178	177	175	174	171	174	171	166	165	164	162	159	157	155	153	152	149	148	147	145	145	145	153	152	145	141	139	137	138		
1970	2	141	140	135	133	131	129	130	129	127	125	124	123	122	121	120	119	117	117	118	116	113	110	111	109	109	108	106	106					
1970	3	106	104	103	101	100	100	99	98	98	97	95	93	83	99	103	99	95	91	90	88	87	85	85	86	85	84	85	85	83	82	82		
1970	4	81	79	81	81	80	80	79	79	77	76	75	76	76	76	76	76	75	76	74	73	73	73	72	70	69	68	69	68	67	67			
1970	5	68	68	71	72	72	74	74	72	71	69	68	84	83	81	95	102	119	96	85	78	74	72	71	85	71	79	78	69	71	81	119		
1970	6	99	105	96	95	96	131	149	165	141	110	123	166	194	198	153	125	114	112	125	174	196	293	322	310	353	370	317	326	483	354			
1970	7	327	241	216	204	908	1182	953	592	389	302	260	319	639	540	642	637	504	418	425	566	774	816	1006	874	1022	937	959	873	1445	1285	1018		
1970	8	1114	958	1248	1236	1086	945	878	834	893	885	751	747	786	745	594	521	771	682	563	566	473	471	413	369	342	387	964	1728	1470	1234	1167		
1970	9	1395	1373	1015	839	818	925	833	999	1141	1169	2571	1776	1172	1169	919	831	765	827	866	916	871	1742	1407	1071	1151	1164	1335	1155	995	1214			
1970	10	1509	1435	1256	1388	1576	1332	1007	841	758	721	822	812	860	1023	879	787	757	692	688	771	843	727	657	596	562	553	547	551	993	874	807		
1970	11	743	664	709	642	591	586	552	517	488	463	439	422	409	396	384	402	400	378	361	350	342	333	325	317	330	326	314	303	295	288			
1970	12	282	276	269	265	260	256	251	247	243	239	236	234	231	228	225	221	217	212	210	207	204	202	199	197	196	194	191	188	186	184	183		
1971	1	181	180	177	173	169	166	166	164	163	160	158	155	153	151	149	149	148	146	144	141	139	138	137	135	133	131	129	127	126	125	125		
1971	2	123	122	120	120	119	118	117	117	115	115	114	114	113	112	112	111	109	108	107	107	106	105	104	102	102	102	103	102					
1971	3	101	100	98	98	101	100	98	97	96	97	94	94	93	91	90	90	92	92	89	88	87	86	85	84	83	83	82	82	81	81	80		
1971	4	80	81	83	82	83	89	94	91	88	84	82	81	79	77	77	76	76	74	73	72	72	71	70	69	69	69	68	67	66	66			
1971	5	66	65	65	65	65	65	65	65	66	66	66	66	66	73	96	116	108	121	98	88	87	96	103	90	88	80	78	76	79	72	97	74	78
1971	6	117	103	95	99	86	83	151	203	161	169	159	173	244	234	242	162	156	231	188	178	185	144	125	116	144	143	129	154	190	213			
1971	7	166	144	183	130	112	152	151	140	126	145	172	150	248	315	235	197	235	380	496	404	414	270	211	242	218	263	295	324	256	312	452		
1971	8	675	1112	787	725	1022	647	660	754	725	653	458	423	394	355	301	296	302	294	342	482	870	674	487	443	557	732	1213	1746	1510	1412	1637		
1971	9	1502	1329	1162	1221	1201	1137	1241	1386	1103	1067	964	932	953	866	762	674	590	525	548	472	440	449	435	523	473	768	931	899	850	1024			
1971	10	1133	937	1206	1092	1182	1078	954	984	903	955	1363	1435	1119	1377	1331	1102	921	903	773	837	991	818	684	603	542	498	455	447	461	415	389		
1971	11	369	361	368	341	364	383	412	391	341	360	404	363	332	314	302	291	282	274	267	259	254	264	265	333	382	349	297	275	262	251			
1971	12	243	236	230	224	220	215	210	207	201	197	194	191	189	185	182	178	175	173	171	170	167	162	160	160	159	160	159	155	153	153	152		
1972	1	150	147	146	143	142	140	140	137	134	133	130	128	127	125	124	125	129	136	130	126	124	123	122	121	119	117	115	114	114	113	112		
1972	2	111	110	109	108	110	112	111	109	109	108	108	105	105	104	102	99	98	97	97	96	95	95	94	94	93	92	91	90	88				
1972	3	87	87	87	86	86	85	83	83	83	81	80	80	81	80	80	79	77	77	81	78	78	77	78	77	75	75	76	74	72	72	72		
1972	4	73	76	83	77	73	70	69	68	71	73	70	68	68	68	67	66	75	73	69	68	67	66	66	81	72	72	70	72	72	80			
1972	5	76	73	69	98	102	100	81	73	87	77	72	118	113	109	139	176	129	159	120	110	98	90	84	79	76	74	88	83	76	74	72		
1972	6	94	121	192	270	202	300	532	447	323	298	275	261	220	198	175	172	360	468	581	620	587	469	659	391	359	384	349	272	237	213			
1972	7	197	187	176	166	160	159	161	168	164	155	153	256	277	204	178	174	171	163	204	237	271	256	555	711	688	1165	877	638	521	501	431		
1972	8	440	684	954	643	486	414	359	415	315	321	280	365	316	275	293	255	236	235	294	313	256	243	226	216	556	666	489	463	467	862	721		
1972	9	536	405	357	329	309	585	537	459	382	435	387	356	434	342	320	322	353	358	366	394	398	359	332	429	456	402	383	419	725	528			
1972	10	446	457	444	421	387	401	414	415	384	362	308	281	325	281	261	291	309	366	414	364	313	298	268	267	243	228	219	212	205	201	197		
1972	11	195	181	190	196	231	241	253	221	197	186	180	175	173	172	192	191	195	178	170	172	164	155	151	148	146	144	148	143	140	136			
1972	12	133	132	130	127	124	120	118	116	114	114	108	107	108	108	107	111	138	137	120	107	104	101	98	97	96	95	97	97	97	97	97		
1973	1	96	96	94	93	93	93	92	91	90	88	86	85	85	88	87	85	86	85	83	82	81	80	80	79	78	77	76	76	77	77			
1973	2	75	74	74	75	74	73	72	71	69	70	70	69	68	68	67	67	66	66	65	65	65	64	64	63	63	62	61						
1973	3	62	61	61	61	60	59	58	57	57	57	56	56	55	55	54	54	53	55	55	54	54	53	52	52	51	51	50	50	49	49	47		
1973	4	47	48	47	47	46	47	48	55	58	54	56	59	56	52	51	50	51	49	49	49	48	49	47	46	47	46	46	47	52	51			
1973	5	48	47	46	46	46	45	44	43	43	43	45	45	50	51	57	52	50	54	57	66	64	61	62	62	59	52	49	49	56	107	93		
1973	6	99	92	84	99	162	155	133	110	134	123	187	261	178	182	204	227	257	338	404	548	439	311	370	281	204	186	263	283	363	355			
1973	7	440	356	308	346	291	244	239	247	187	176	163	149	214	195	146	130	150	128	151	173	191	271	237	276	610	438	474	530	399	393	445		
1973	8	399	407	387	417	436	400	590	570	550	953	715	576	463	1011	1064	937	703	536	613	483	725	776	927	1059	1911	1443	1470	1483	1889	1889	2330		
1973	9	2660	2712	1494	1153	1134	1138	1116	1063	1024	1004	948	959	797	724	884	817	748	630	548	547	618	769	882	874	805	666	619	689	896	1319			
1973	10	1136	954	901	958	962	870	1343	1626	1583	1348	1311	1388	1463	1339	1190	1155	1018	1090	1329	1444	1420	1434	1349	1330	1303	1311	1217	1084	102				

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1977	1	88	81	176	97	80	176	93	157	63	102	161	72	119	155	100	137	123	146	105	72	118	41	61	106	145	146	96	98	122	144	64
1977	2	113	-244	487	126	131	93	122	130	120	134	131	41	19	-91	-76	-90	-60	29	153	44	41	149	78	82	72	72	-64	123			
1977	3	59	176	32	17	133	79	63	-53	57	63	78	57	87	139	-36	133	97	79	38	24	-15	206	-60	155	76	22	9	-83	28	64	116
1977	4	25	244	12	14	109	98	98	54	104	74	68	100	126	75	46	110	102	90	91	56	105	112	93	64	54	-182	331	96	119	65	
1977	5	57	89	94	78	104	122	56	60	-73	275	147	-58	68	266	44	135	138	63	86	72	102	-2	128	174	314	309	209	53	176	213	-38
1977	6	79	49	60	144	21	-56	546	302	516	525	278	376	135	267	69	340	531	409	328	539	657	397	329	284	243	154	126	319	205	273	
1977	7	303	164	292	243	234	323	419	284	220	95	155	145	90	157	159	252	157	147	93	117	76	296	235	139	126	61	101	137	-10	-16	220
1977	8	74	116	221	442	273	328	194	469	587	679	1005	1260	1241	471	468	90	388	282	360	146	117	444	287	454	524	419	743	72	275	813	188
1977	9	193	617	583	472	128	214	170	428	80	204	152	294	306	405	600	782	899	1315	1240	925	1094	675	809	764	847	855	811	774	889	955	
1977	10	850	578	769	384	635	439	330	420	438	243	341	42	117	112	150	170	463	106	91	569	115	100	387	111	154	347	405	221	164	270	267
1977	11	338	123	525	519	400	380	140	260	252	101	159	228	231	169	212	177	278	145	105	104	102	296	123	147	209	81	95	-68	291	-31	
1977	12	228	98	122	164	140	-59	204	5	207	104	-19	134	126	16	157	189	160	-23	81	242	65	157	359	141	388	-74	169	275	118	135	233
1978	1	60	106	115	156	207	170	318	75	277	73	193	267	133	81	189	109	177	177	79	196	337	140	-31	192	12	80	91	81	71	95	316
1978	2	89	118	134	66	49	14	30	30	17	-5	24	13	208	75	59	17	96	56	105	89	-21	215	223	-44	64	31	94	102			
1978	3	207	-16	-8	100	28	115	194	63	27	115	109	-8	119	74	60	78	36	52	76	130	47	89	73	57	58	24	153	80	66	73	53
1978	4	100	37	93	94	83	95	0	100	38	138	16	7	8	-13	93	31	56	45	-14	20	28	64	110	45	83	75	46	-72	112	91	
1978	5	-96	68	-9	270	167	255	159	170	266	140	326	229	183	71	128	135	0	132	279	216	84	57	231	184	20	278	398	399	117	376	303
1978	6	358	347	218	233	299	300	274	249	230	184	169	-21	192	213	346	388	189	372	273	340	311	383	427	325	237	307	208	310	332	370	
1978	7	418	377	524	456	462	399	269	324	314	552	450	619	388	478	468	375	660	755	725	497	641	638	715	895	832	551	603	751	560	301	425
1978	8	307	196	507	310	351	192	365	443	501	520	468	750	670	617	321	391	378	439	523	711	366	409	466	581	1060	1274	1023	1299	1013	899	991
1978	9	1205	1691	1102	1022	1860	1215	980	1032	1050	591	663	553	627	541	537	478	432	353	597	722	546	1036	977	867	563	981	1101	1604	1214	1016	
1978	10	830	731	672	657	362	678	731	1155	859	639	920	497	427	767	762	1080	861	668	622	644	502	443	434	322	603	104	399	233	340	486	84
1978	11	523	259	179	365	222	265	375	-28	309	344	191	413	-90	223	418	-39	194	264	281	7	291	188	209	-12	267	309	-1	64	303	68	
1978	12	88	216	209	155	-14	135	110	68	280	53	339	201	-27	6	370	134	71	-12	389	159	348	256	244	59	197	159	67	234	203	155	117
1979	1	149	86	132	289	323	144	169	194	156	116	263	220	177	81	306	160	103	102	296	170	27	159	235	52	168	65	161	167	157	44	140
1979	2	134	39	102	41	25	53	304	75	78	119	118	140	126	106	54	117	88	80	93	0	34	45	94	147	203	170	93	81			
1979	3	-15	9	316	51	86	90	73	116	95	94	82	74	-88	284	27	-49	146	108	-58	68	153	113	-5	44	81	-7	228	-21	-54	-28	98
1979	4	19	214	-51	13	145	-2	61	80	-15	192	-6	68	123	112	127	-7	-12	-45	-29	12	220	161	96	179	125	139	95	116	184	108	
1979	5	83	116	88	125	71	113	112	127	108	116	142	73	63	106	142	124	145	133	118	91	179	235	126	83	181	27	103	230	190	209	183
1979	6	201	194	123	273	157	155	226	139	127	336	560	385	328	542	566	560	333	373	225	407	361	271	219	279	487	358	438	334	264	392	
1979	7	307	390	514	648	413	480	534	399	499	399	534	419	382	512	252	338	321	285	354	447	522	499	550	580	635	597	644	466	392	512	385
1979	8	509	294	448	639	572	339	638	428	309	361	316	257	336	343	323	295	252	334	337	535	553	796	909	998	1912	1106	830	674	740	896	1019
1979	9	963	1313	1308	876	1177	1227	1168	1429	1147	1501	1230	1586	1854	1795	2528	2222	1953	1449	1119	1233	964	1637	2150	1844	1505	1304	986	898	866	765	
1979	10	795	943	756	925	873	750	730	774	793	988	1181	679	910	872	264	694	340	163	813	756	402	727	495	455	249	201	575	438	219	602	198
1979	11	304	412	323	138	497	113	316	560	250	493	332	131	385	288	411	221	505	181	260	191	189	514	214	329	145	78	514	-245	553	448	
1979	12	152	87	326	277	193	259	309	163	60	225	429	257	110	251	267	153	284	183	137	191	221	144	273	84	243	157	150	245	228	100	168
1980	1	162	78	145	134	300	171	-142	367	67	215	213	32	159	100	218	24	150	0	244	135	36	106	-12	297	53	142	83	167	131	159	94
1980	2	147	75	63	192	43	179	56	221	-89	196	96	118	56	124	137	32	120	140	105	124	74	76	79	106	162	94	104	-771	968		
1980	3	53	72	127	130	66	103	104	49	106	122	66	91	60	46	75	94	76	-19	88	23	39	106	91	105	-32	28	141	172	140	87	130
1980	4	146	113	97	66	101	71	166	130	215	191	133	80	108	177	191	78	91	130	118	14	117	122	131	127	190	56	25	90	102	131	
1980	5	63	116	63	64	152	120	109	113	145	115	84	127	137	120	112	118	86	97	117	91	117	132	191	172	215	198	144	119	110	115	82
1980	6	64	132	139	97	172	175	123	46	161	8	257	314	162	188	332	340	370	366	367	297	274	233	233	333	281	412	264	183	148	148	
1980	7	132	130	134	147	138	130	139	155	206	225	201	139	122	226	209	308	280	307	198	182	234	336	405	531	771	582	514	411	425	538	600
1980	8	745	745	626	529	594	558	654	649	631	690	545	451	405	447	476	454	425	347	328	443	516	738	616	575	552	450	381	231	534	487	358
1980	9	388	576	530	434	444	442	481	506	332	338	427	718	1164	1338	2275	1784	1141	1174	2093	1810	1436	994	88	2259	1913	1442	1216	970	907	1111	
1980	10	1341	1946	2032	978	1428	1226	934	940	431	957	834	688	465	456	588	503	549	427	197	714	537	323	278	377	431	248	501	159	352	275	278

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1981	1	306	-46	37	228	108	132	106	295	93	91	134	127	302	58	34	199	19	186	-80	-47	251	112	138	71	199	52	118	280	-21	124	14
1981	2	111	25	49	73	116	156	135	167	97	25	52	-93	142	302	-194	314	83	100	-93	250	58	79	89	36	65	35	-42	154			
1981	3	236	67	153	47	5	115	75	61	50	-32	61	53	78	93	394	67	51	43	43	171	-52	131	98	111	222	110	153	163	32	182	
1981	4	197	272	171	281	80	100	161	170	140	-22	176	160	317	116	-73	71	245	-201	316	94	160	100	147	229	183	104	127	162	133	138	
1981	5	81	102	68	89	127	208	82	67	-35	178	6	117	32	233	8	59	35	205	82	-24	66	208	90	106	152	153	56	105	35	188	141
1981	6	287	168	182	164	45	521	281	116	200	272	28	203	159	424	258	392	473	229	350	894	862	712	1456	2039	1257	892	780	1302	1000	674	
1981	7	777	609	940	873	737	440	681	672	569	984	631	542	451	1108	991	986	777	699	844	514	1117	778	851	941	552	968	600	601	353	480	391
1981	8	514	23	432	456	363	260	233	564	678	556	720	870	1191	791	1958	470	1196	906	676	733	2550	1839	1025	1235	1181	1176	1183	1115	978	461	1310
1981	9	1338	1084	1201	831	877	716	704	781	787	1007	869	784	821	639	979	1313	2042	1515	1230	1056	707	1208	1267	1250	1578	1873	2288	2560	1909	1797	
1981	10	1853	2185	2708	2038	1628	1080	1358	1021	961	1332	1242	1259	926	1211	1078	634	378	725	633	389	485	480	671	564	446	449	625	1250	876	895	1188
1981	11	654	568	543	444	578	411	459	257	397	340	519	391	370	175	372	206	488	115	395	291	447	197	380	222	161	179	257	199	373	139	
1981	12	243	319	152	308	6	238	365	280	146	75	289	159	132	190	200	197	188	53	41	137	422	407	64	108	127	102	326	447	352	407	203
1982	1	-517	528	156	50	61	29	14	-5	34	84	253	284	25	-6	52	29	45	313	146	111	108	102	226	51	141	35	226	109	112	75	19
1982	2	156	130	244	12	315	142	16	79	348	-91	105	46	38	71	133	200	3	123	38	135	267	23	90	79	154	75	50	64			
1982	3	231	233	57	36	83	176	34	5	67	41	35	57	113	152	128	149	-14	113	113	-29	116	47	215	30	125	95	205	118	-21	172	-230
1982	4	-36	345	93	145	117	63	44	141	30	109	57	47	-117	313	47	-104	204	131	71	44	29	137	23	24	125	15	79	127	134	52	
1982	5	166	177	106	122	34	90	56	89	127	100	16	44	23	199	38	127	83	22	9	100	208	32	186	600	503	755	306	390	235	788	532
1982	6	424	299	233	242	35	266	376	22	176	203	356	185	515	1444	1057	823	899	874	560	535	566	373	552	522	575	891	999	1534	1137	356	
1982	7	441	443	503	98	409	198	463	220	251	553	-170	243	36	253	339	206	765	529	383	626	233	453	220	780	409	494	354	331	233	448	619
1982	8	176	647	499	329	280	580	377	194	281	278	226	97	424	140	245	213	512	544	498	1025	505	259	632	188	444	483	-58	377	88	448	193
1982	9	323	46	385	598	501	370	419	413	900	808	631	414	338	515	284	461	345	369	1074	451	796	1084	2525	1660	1883	1214	1247	1354	1118	1648	
1982	10	1300	927	1115	1654	2003	1889	2012	1839	1134	1013	756	832	975	743	627	914	750	554	693	679	590	309	458	711	174	598	553	2	584	281	479
1982	11	264	500	343	315	574	174	432	331	303	255	281	366	160	337	311	178	205	286	182	325	41	284	275	8	212	123	297	198	282	43	
1982	12	507	-15	186	150	241	13	280	273	168	-93	236	149	93	265	81	104	132	275	265	45	86	60	59	368	160	-3	212	303	142	97	190
1983	1	87	98	-23	219	72	179	196	36	171	104	42	115	207	39	13	185	67	67	163	84	103	58	44	196	174	37	97	72	103	251	37
1983	2	-32	191	167	256	34	20	45	347	43	19	102	100	153	44	171	15	22	142	79	243	112	24	207	39	39	209	416	212			
1983	3	36	90	123	22	63	69	128	146	140	23	32	31	167	282	233	264	2	236	61	82	309	-66	190	83	137	13	-225	425	194	-130	219
1983	4	171	-7	166	53	23	19	161	-134	6	164	235	36	15	150	66	-87	162	150	66	190	141	71	23	144	31	139	21	0	292	76	
1983	5	-248	113	140	218	74	52	3	184	-108	154	37	34	-3	238	71	24	124	-172	93	127	-35	197	153	-53	182	22	465	66	14	-63	226
1983	6	464	-373	148	235	144	47	203	256	30	149	362	560	306	352	295	71	337	352	295	243	353	203	520	425	219	429	315	549	353	413	
1983	7	1	163	267	595	273	59	177	477	296	380	494	514	662	443	760	484	509	677	760	722	435	547	476	478	359	278	500	381	391	280	311
1983	8	285	214	373	588	1271	631	679	450	693	692	868	354	927	510	483	461	199	520	175	230	348	374	347	155	376	443	108	390	501	696	1045
1983	9	1140	1801	2000	1022	1295	1464	1512	1770	1480	1169	1323	1087	1241	1068	978	1123	1409	1647	1356	1171	1047	988	537	575	839	507	693	545	655	451	
1983	10	419	456	470	471	603	177	639	495	205	516	366	179	219	449	353	534	264	223	428	156	441	249	204	640	385	486	760	561	284	457	399
1983	11	390	177	554	447	182	281	234	438	203	223	450	66	101	373	186	281	164	231	139	87	301	198	-25	438	241	174	192	197	282	84	
1983	12	292	139	51	257	220	147	289	191	183	56	160	127	243	209	80	50	100	-45	295	412	10	83	287	73	31	258	150	156	36	28	147
1984	1	135	190	137	60	166	80	119	100	38	212	61	28	34	51	83	76	96	339	-64	97	83	162	52	153	116	68	221	35	-89	209	-52
1984	2	321	-44	35	21	363	71	53	35	50	235	27	-76	174	35	28	20	65	90	30	32	176	-67	152	22	28	134	41	230	-13		
1984	3	563	-405	233	103	-31	185	61	139	110	203	88	179	82	42	82	106	58	42	132	124	35	32	31	82	27	91	307	109	25	71	-90
1984	4	74	267	54	71	7	79	30	53	-74	141	38	25	37	15	-39	137	101	-100	94	17	64	169	86	256	267	-76	309	13	147	141	
1984	5	-108	273	45	306	-51	203	257	171	235	175	233	156	58	245	244	182	304	242	222	172	263	258	203	304	253	429	426	545	520	385	441
1984	6	434	442	370	466	380	545	418	369	485	390	530	481	659	1267	831	845	1369	1175	792	748	603	639	465	387	354	413	501	245	513	383	
1984	7	233	378	487	591	295	387	507	760	749	1152	1003	884	965	806	645	520	454	544	559	448	101	512	883	853	1102	1139	428	787	1313	1277	2002
1984	8	1725	1897	1802	1938	1404	877	984	840	713	624	409	502	535	1009	608	569	737	793	676	749	1405	1156	731	617	689	429	1079	676	839	939	1671
1984	9	868	2134	1354	1509	1736	1201	1172	1220	1167	2181	1978	1103	1694	1403	998	1314	1264	2115	2163	2105	1907	1315	1376	1160	1279	1420	1772	1743	1769	1553	
1984	10	1105	1402	1410	1657	1253	1795	874	918	817	637	543	718	848	522	641	390	455	656	-34	609	728	391	535	241	448	537	167				

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1985	1	155	135	-31	184	265	53	275	30	111	131	234	-66	130	152	194	199	106	52	35	57	182	47	176	79	116	131	-7	73	346	163	-53
1985	2	182	63	91	75	10	46	84	97	291	14	153	63	69	115	80	228	45	88	37	81	162	79	81	75	87	196	111	66			
1985	3	235	109	31	193	79	68	119	102	54	43	410	32	3	71	-63	252	15	191	64	14	45	86	98	60	37	146	78	109	83	97	90
1985	4	189	108	186	388	-586	22	-9	343	83	28	-76	147	17	-74	153	57	74	199	-41	8	189	135	141	167	36	61	0	43	141	140	
1985	5	38	383	109	49	42	101	292	238	88	-80	280	15	36	100	57	78	54	68	88	181	238	-73	479	234	163	196	267	50	95	90	373
1985	6	241	291	343	557	-84	219	-1	419	113	574	376	138	611	348	215	403	454	251	450	65	49	301	337	52	181	382	367	512	-122	697	
1985	7	303	365	618	64	209	169	225	529	565	-149	318	24	543	1846	491	513	174	495	154	288	920	568	392	488	123	61	297	588	63	1267	655
1985	8	934	215	694	796	625	714	624	130	528	54	528	243	350	471	571	243	647	344	332	171	519	563	1045	1711	2431	1425	1763	1797	1214	877	939
1985	9	620	804	420	483	306	863	660	266	546	620	433	-34	473	604	918	453	573	1326	876	1762	1110	1253	830	1220	1197	847	660	1596	719	1141	
1985	10	971	631	954	712	1063	1343	1159	563	579	595	606	220	257	819	726	534	242	192	516	36	818	426	252	484	449	523	416	311	321	275	356
1985	11	183	470	513	723	507	556	216	464	439	468	110	494	406	252	117	176	550	192	292	132	256	72	145	186	354	205	209	223	131	-66	
1985	12	130	169	-89	111	227	94	231	32	220	260	118	34	49	150	38	258	444	-127	229	176	126	41	191	196	41	43	20	51	53	60	277
1986	1	302	333	171	-177	411	59	177	38	69	115	39	56	133	91	199	96	53	57	39	-58	438	160	122	135	69	188	324	-166	260	-156	317
1986	2	233	42	123	60	72	32	32	38	17	387	37	2	59	41	47	23	65	44	31	56	87	74	275	66	-41	67	190	28			
1986	3	137	73	59	53	191	-104	57	56	16	53	284	-94	228	68	69	52	50	105	-25	14	27	8	45	270	-64	35	25	-9	153	23	93
1986	4	10	19	54	93	37	65	103	93	10	43	42	35	46	84	171	111	171	115	269	142	223	78	69	130	-30	182	43	110	285	160	
1986	5	72	171	125	117	52	68	51	36	58	73	71	43	42	38	53	52	59	31	34	3	17	0	67	2	51	128	72	406	696	859	762
1986	6	596	503	171	302	207	264	412	207	270	150	455	160	66	350	250	91	251	146	362	-15	235	208	446	426	47	541	933	21	684	830	
1986	7	583	972	688	363	600	556	677	483	234	848	840	433	475	398	226	356	271	352	109	288	414	49	400	113	294	233	58	-130	744	248	252
1986	8	219	51	130	336	155	266	174	154	314	156	532	98	486	788	110	781	1049	346	456	492	382	310	589	414	608	727	1021	431	589	646	554
1986	9	627	684	802	1117	650	664	1343	356	623	334	507	323	248	519	521	204	720	58	116	512	263	206	296	405	288	101	477	330	596	297	
1986	10	365	332	617	623	597	385	329	446	341	231	440	146	481	-21	186	378	196	147	216	190	303	125	127	142	271	149	914	-251	174	91	497
1986	11	119	318	293	198	-370	771	413	-28	128	361	66	405	44	128	310	123	369	82	65	37	203	78	44	347	146	235	-1	112	42	400	
1986	12	31	287	90	56	81	89	98	30	287	240	71	-28	194	245	35	43	118	79	51	205	103	49	71	159	22	193	169	120	110	42	58
1987	1	28	201	21	49	38	52	59	109	44	147	30	211	97	41	58	60	30	21	98	37	328	392	326	46	20	59	36	90	63	90	149
1987	2	124	24	97	49	42	20	152	95	225	119	42	54	103	0	61	97	108	98	90	41	163	0	-7	-31	-14	-27	59	-17			
1987	3	181	39	67	21	49	-13	84	41	23	68	24	8	13	38	41	6	61	63	2	91	-53	3	39	-10	56	14	8	44	-10	36	10
1987	4	36	10	12	9	27	67	21	37	41	20	31	-6	74	9	31	25	22	16	45	36	13	13	71	23	-6	252	101	132	128	174	
1987	5	141	213	39	125	153	179	206	154	118	45	72	79	113	103	115	30	104	167	237	226	79	248	-14	47	144	-5	-132	501	135	105	167
1987	6	101	120	109	81	41	74	568	345	133	238	370	271	17	108	166	178	164	461	624	111	21	303	200	352	465	372	115	309	412	473	
1987	7	337	306	406	222	157	369	208	309	281	338	512	719	693	328	172	182	354	333	369	235	264	330	698	442	400	596	852	895	1464	1338	1087
1987	8	764	679	523	834	668	721	499	956	1087	707	539	338	284	508	946	142	201	582	251	465	354	225	225	404	488	-47	174	668	152	65	417
1987	9	220	367	355	348	660	606	1940	654	953	735	1528	692	775	1361	363	652	694	722	444	479	921	344	273	1234	1035	282	1249	778	753	552	
1987	10	771	1124	488	454	559	718	380	226	367	260	252	319	421	435	520	15	273	223	253	241	196	253	250	204	44	344	418	201	32	14	270
1987	11	41	110	380	303	188	82	53	8	95	219	41	108	86	170	32	177	76	45	145	56	159	179	153	166	162	120	162	59	35	161	
1987	12	346	-160	-52	125	190	86	123	146	10	44	189	17	30	127	212	88	56	10	78	328	24	-125	53	52	9	21	161	118	139	126	1
1988	1	122	167	32	73	95	164	-200	297	39	15	51	44	42	27	29	52	42	42	10	35	73	188	68	32	119	149	102	38	160	163	24
1988	2	119	171	47	59	30	207	49	15	96	30	60	101	106	78	138	118	57	110	53	6	24	88	64	172	89	345	32	36	51		
1988	3	51	64	16	28	27	31	27	19	58	28	42	39	27	12	2	31	19	12	227	14	-139	21	36	38	31	-17	249	45	32	-84	142
1988	4	37	28	29	9	47	42	-50	103	-28	13	119	23	127	124	192	66	118	76	133	69	13	181	130	44	91	161	354	-220	124	148	
1988	5	49	231	32	47	52	166	82	51	211	19	100	-41	73	49	37	35	56	57	59	57	19	60	168	166	203	52	19	19	108	67	34
1988	6	36	23	220	49	23	501	296	112	134	108	-36	162	234	284	839	868	461	502	304	517	796	315	321	328	568	111	881	642	545	573	
1988	7	634	135	428	993	485	818	775	729	271	686	288	551	653	398	605	531	1096	624	576	648	610	478	106	770	667	242	229	424	265	189	438
1988	8	235	451	247	476	568	472	448	1035	922	662	1311	851	1748	1801	1168	1091	1424	1269	1124	1029	932	793	878	755	851	880	594	2321	932	950	1703
1988	9	1104	2008	976	2137	1439	1126	1260	1012	1059	1919	1052	1425	1023	1338	794	791	894	794	745	479	1520	635	626	731	684	598	958	1162	1767	1030	
1988	10	1094	2277	1939	2385	1492	1145	953	995	637	819	519	935	653	645	378	340	721	313	367	367	378	348	397	279	476	321	513	277	133	645	473
1988	11	88	392	300	287	285	425	299	103	212	392	170	275	206	483	73	66	181	160	93	167	3										

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1989	1	28	127	80	144	98	120	-88	190	334	59	71	73	15	123	58	36	93	192	127	53	44	28	25	88	39	-138	256	128	87	-32	141
1989	2	161	91	23	71	44	-75	155	10	23	63	59	42	93	119	105	90	82	57	293	-73	340	167	214	44	38	41	58	28			
1989	3	61	-91	50	196	105	53	50	36	59	170	67	174	15	154	128	35	20	64	42	57	-118	125	113	45	60	95	10	122	75	49	69
1989	4	49	44	91	181	319	118	-14	126	20	5	171	78	44	89	54	179	64	59	119	72	52	43	78	49	125	89	31	14	38	-7	
1989	5	144	41	153	39	90	97	49	46	130	157	34	39	156	65	41	-159	311	102	181	57	28	68	207	288	144	148	95	15	-38	191	154
1989	6	60	59	34	20	172	226	94	267	124	87	72	293	259	50	554	403	256	1177	750	543	263	322	69	10	1378	220	372	310	660	631	
1989	7	405	7	134	374	237	159	209	326	390	251	270	459	499	53	7	520	80	135	75	258	199	634	476	27	78	356	247	484	397	623	399
1989	8	456	132	440	405	164	436	215	394	201	197	218	340	321	777	830	508	786	384	477	424	582	883	935	394	-101	912	1387	1609	1542	1551	1226
1989	9	786	917	971	1120	860	851	836	1023	407	564	676	991	885	442	953	1061	716	884	940	1256	1428	1537	2406	1594	2168	1602	2396	1863	1238	2035	
1989	10	2336	895	1568	1502	1781	1124	1191	1250	1682	1802	1631	1719	1541	889	1076	1078	1723	1006	972	1244	748	632	1377	160	715	609	436	231	922	376	375
1989	11	513	248	772	615	550	106	181	200	175	697	-163	642	292	44	292	119	479	175	262	424	403	81	238	213	219	330	236	157	260	167	
1989	12	91	21	255	441	170	119	454	134	22	135	347	64	294	331	142	110	57	233	-15	291	44	142	97	47	98	103	302	-104	141	289	-249
1990	1	340	138	316	359	-270	676	90	44	65	90	170	150	58	23	-110	38	194	63	16	9	314	311	36	-76	264	100	53	72	110	237	273
1990	2	264	111	223	32	-355	551	146	82	66	36	41	41	53	30	74	72	87	32	122	87	150	135	89	139	112	213	-38	103			
1990	3	214	-25	63	127	59	67	82	110	64	81	75	133	106	97	75	96	86	52	60	39	63	54	8	-103	248	102	45	24	29	56	64
1990	4	220	366	-150	-41	66	58	23	392	-355	61	52	770	-692	89	145	146	124	168	-160	267	352	6	-216	131	223	58	58	240	-45	98	
1990	5	161	125	51	433	72	64	74	43	61	41	65	87	74	76	69	81	42	89	61	103	311	-86	91	230	81	138	116	171	138	550	-392
1990	6	82	109	71	51	57	175	66	190	169	508	95	339	530	288	319	218	356	345	147	278	304	269	73	889	664	289	6	184	676	959	
1990	7	706	472	582	470	391	454	343	402	263	747	426	505	486	397	413	355	744	166	307	650	813	113	552	150	226	295	170	271	472	242	234
1990	8	567	352	243	115	350	469	169	497	296	361	149	111	265	229	193	73	316	341	257	294	123	69	111	520	271	311	623	524	247	457	366
1990	9	253	253	1126	419	426	477	530	950	813	752	1025	622	589	983	741	867	904	1344	740	825	472	451	469	473	826	1100	936	774	565	580	
1990	10	933	1082	944	788	667	336	520	612	605	443	403	284	126	150	434	382	378	433	436	286	369	330	95	757	343	331	279	470	337	206	30
1990	11	137	589	157	177	250	234	160	102	19	247	132	-773	1084	191	159	291	220	650	36	47	436	403	169	160	264	122	170	144	399	193	
1990	12	230	150	214	459	402	163	572	155	27	47	544	272	184	184	-42	347	534	80	193	83	-43	292	125	-44	331	345	31	178	155	-332	384
1991	1	1233	105	69	291	97	108	258	125	90	78	38	200	-44	269	43	35	110	226	109	29	247	81	238	-139	139	113	72	64	13	23	-28
1991	2	131	50	250	123	45	87	65	73	-89	163	50	100	96	189	71	74	15	101	-63	167	9	32	68	197	74	37	80	93			
1991	3	69	41	78	131	108	119	-24	76	64	117	98	-29	157	45	84	46	41	81	80	49	68	184	79	134	74	49	61	-185	278	95	-13
1991	4	-75	182	7	162	71	82	51	183	50	7	398	-65	32	-74	103	54	47	54	51	106	-47	53	59	17	16	72	41	6	-3	29	
1991	5	0	89	74	79	50	67	25	30	14	54	-36	91	387	58	37	76	221	1	67	9	37	86	190	88	12	14	21	23	102	366	194
1991	6	34	304	190	159	146	260	75	60	287	127	178	227	175	145	181	294	133	164	338	159	164	412	387	753	528	513	194	620	338	362	
1991	7	471	405	478	678	742	323	196	527	691	201	351	198	208	149	377	68	35	154	147	81	113	75	228	90	93	94	203	78	179	6	10
1991	8	174	28	223	157	394	510	272	500	240	183	146	101	244	-37	182	63	30	86	59	248	213	308	470	60	123	182	179	247	329	167	213
1991	9	384	416	186	46	314	83	583	527	347	240	171	152	147	157	260	644	354	366	192	213	391	628	316	744	1360	1477	259	630	699	617	
1991	10	462	353	690	448	1248	699	938	1237	866	802	1213	618	1162	505	632	488	186	720	397	249	214	117	669	1322	-108	356	394	472	294	125	284
1991	11	177	392	208	243	59	272	257	81	56	556	78	176	241	227	157	251	182	295	178	64	95	118	124	52	139	69	24	27	-453	602	
1991	12	387	278	175	295	219	117	192	174	88	238	160	97	152	147	169	140	314	141	157	9	230	45	-159	274	120	139	178	72	86	57	80
1992	1	17	101	137	94	112	30	214	117	109	20	3	91	128	216	-19	83	86	13	78	49	46	78	19	111	87	23	97	39	67	56	46
1992	2	-472	510	138	82	98	59	216	93	34	54	3	38	103	127	189	100	79	74	79	-6	120	157	68	-208	58	183	64	9	60		
1992	3	53	142	54	137	21	58	-61	28	128	25	3	37	106	47	27	7	45	119	43	91	57	144	16	1	42	72	39	216	196	-8	54
1992	4	117	-58	81	15	157	58	115	42	76	39	14	13	81	105	1	-19	61	-237	390	221	7	83	69	45	-22	35	20	130	130	32	
1992	5	36	52	16	23	60	15	12	5	20	16	2	7	0	-21	-25	-9	-23	67	-109	103	-5	49	-38	61	-19	177	47	53	81	528	194
1992	6	188	162	140	24	191	79	37	270	440	640	-421	118	155	243	512	425	434	282	749	130	97	826	248	701	98	573	192	372	670	674	
1992	7	854	660	491	358	389	476	325	249	257	127	365	395	339	558	524	468	399	352	407	501	112	174	190	189	307	203	166	515	79	31	146
1992	8	458	131	61	280	406	31	205	225	495	885	560	446	775	961	650	1128	890	552	733	678	358	286	411	407	373	381	310	281	399	416	208
1992	9	215	273	110	191	103	21	799	417	252	178	131	1800	1521	1510	1448	1154	1068	597	598	807	490	635	919	885	701	726	802	1309	1657	1891	
1992	10	1463	985	738	662	819	1015	693	779	745	575	470	900	602	409	377	209	297	265	374	186	258	280	115	414	682	376	211	535	348	122	269
1992	11	259	366	83	183	159	355	241	337	117	443	462	156	228	255	88	133	157	204	123	278	147	347	256	169	67	89	1				

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1993	1	45	203	86	102	209	-74	197	132	58	127	156	67	116	30	56	94	125	126	80	132	229	133	130	156	53	58	39	20	53	65	45
1993	2	22	10	73	46	22	25	22	3	184	27	8	49	41	53	37	6	47	-86	146	66	93	207	147	43	154	44	19	24			
1993	3	163	12	31	39	84	140	-6	51	22	83	63	10	93	2	15	34	51	49	89	44	133	22	35	71	100	53	238	57	9	17	47
1993	4	132	16	21	155	49	60	53	89	5	69	17	61	27	19	24	52	51	10	36	31	31	270	-241	3	84	15	89	104	6	128	
1993	5	-37	119	172	6	53	19	64	249	167	25	6	45	21	37	59	69	133	152	110	60	64	106	2	115	52	5	127	171	50	0	131
1993	6	91	80	66	45	98	167	135	31	22	38	93	16	17	310	670	344	389	351	122	122	389	382	514	432	376	359	457	462	704	983	
1993	7	1032	1494	894	1285	186	444	375	395	966	698	795	531	477	286	330	443	111	155	241	144	291	93	235	42	39	272	282	384	53	65	75
1993	8	240	111	69	102	73	179	356	69	250	124	43	471	461	911	994	938	1100	1347	1608	1677	1181	654	381	541	348	639	656	935	1257	1015	678
1993	9	693	1703	851	1191	1287	959	716	939	944	861	800	458	688	560	321	703	569	395	880	741	906	990	354	1131	793	638	1477	1771	1361	1647	
1993	10	1179	953	1197	1147	1536	1010	949	1052	656	763	751	455	414	471	615	516	448	957	214	465	380	-5	332	391	413	323	257	795	51	332	565
1993	11	854	277	620	446	444	256	465	200	228	417	233	234	279	230	219	300	133	63	314	262	252	236	98	225	185	58	75	164	111	258	
1993	12	135	41	147	141	71	41	221	228	193	64	168	49	89	89	208	119	106	227	59	169	134	45	-226	226	-116	117	73	46	131	45	89
1994	1	61	25	59	152	-3	141	51	56	86	156	49	61	27	29	211	66	207	46	111	24	123	71	37	50	175	106	56	63	64	10	73
1994	2	21	83	46	154	3	83	82	37	123	0	198	155	213	122	-1	66	124	43	73	63	44	68	19	-119	157	148	34	8			
1994	3	214	37	93	170	181	249	5	83	69	39	61	104	112	128	122	152	95	-163	3	314	47	24	49	38	120	-294	773	-266	62	62	56
1994	4	51	19	108	14	16	59	-207	280	29	28	8	35	134	94	80	24	37	24	3	115	38	64	16	80	-36	303	12	42	44		
1994	5	35	83	50	58	23	30	88	50	-228	694	-140	64	46	66	79	90	132	122	95	39	138	88	144	157	20	39	81	58	105	57	80
1994	6	65	16	19	279	82	154	396	402	116	-75	150	481	170	93	169	124	166	106	5	348	155	42	43	157	282	167	39	297	24	51	
1994	7	7	16	75	53	156	294	216	160	37	97	196	64	17	168	137	50	90	51	41	80	84	80	295	145	247	203	68	120	176	78	75
1994	8	75	133	245	236	236	561	309	231	242	131	138	350	140	553	779	740	516	492	402	469	361	133	240	199	240	188	79	200	325	274	226
1994	9	269	325	86	351	220	157	227	293	89	264	347	172	282	44	272	450	214	201	339	637	699	402	215	275	265	243	1091	816	1360	900	
1994	10	909	360	681	1127	316	267	494	363	596	706	645	647	675	501	664	458	749	219	235	275	269	274	214	279	255	258	72	91	211	211	244
1994	11	116	147	191	145	250	152	193	123	113	251	231	14	122	116	120	194	38	53	64	56	222	194	43	148	123	47	60	50	166	34	
1994	12	36	23	61	0	147	93	52	169	5	24	0	45	-19	52	93	297	-185	94	16	72	24	68	6	-19	7	71	-5	86	39	5	-1
1995	1	38	63	105	144	46	12	45	30	95	13	53	111	102	67	29	30	36	59	41	56	46	56	21	7	57	44	52	44	86	54	29
1995	2	58	34	41	5	61	22	13	3	43	46	50	27	54	35	28	61	25	59	90	120	-150	226	29	28	45	6	39	35			
1995	3	25	27	30	38	103	30	147	42	61	16	94	23	30	25	8	56	32	69	39	50	93	142	46	50	58	72	37	60	14	51	69
1995	4	130	45	51	64	34	64	194	68	51	9	3	46	39	-330	255	258	265	124	91	72	44	73	71	17	25	19	86	27	43	73	
1995	5	45	112	250	307	-190	88	102	95	78	82	111	140	144	111	134	194	150	-41	176	218	118	51	69	132	83	60	142	135	222	61	51
1995	6	103	125	149	-75	166	64	6	5	74	157	105	413	204	671	-28	308	178	826	1006	993	995	729	601	384	563	1692	953	1343	793	475	
1995	7	498	727	392	333	282	407	240	365	372	524	414	212	969	375	434	326	74	207	196	189	334	285	269	924	1041	1049	639	1105	1495	1094	1157
1995	8	384	822	814	898	736	1061	885	872	645	623	531	406	844	909	807	709	971	905	1192	1205	914	679	525	610	755	856	778	965	1495	1198	1093
1995	9	1093	1209	1038	1928	1602	1427	1709	2078	1906	2291	1977	2066	1884	1317	1181	1140	2126	1233	1117	984	1499	1329	1250	1023	1216	1473	2205	2116	1616	1413	
1995	10	919	925	811	869	808	672	874	948	424	598	552	794	697	501	299	741	510	502	554	488	466	383	573	471	542	275	304	451	247	854	551
1995	11	329	303	355	339	341	396	373	240	238	362	243	221	243	310	182	228	296	167	83	228	469	347	340	381	87	126	194	248	243	171	
1995	12	94	74	91	301	322	63	177	227	112	220	146	49	76	200	93	88	164	39	119	19	227	169	80	74	73	226	306	212	139	303	160
1996	1	75	72	109	255	97	161	25	80	38	64	36	73	84	13	125	208	177	118	198	166	31	110	131	134	120	212	230	56	-12	44	-16
1996	2	162	98	149	57	91	51	93	32	148	68	32	64	16	-46	79	65	116	119	79	81	91	41	139	19	269	67	59	53	34		
1996	3	95	29	214	100	90	80	111	83	23	14	-1	22	5	65	60	68	106	102	98	115	64	82	32	141	21	67	86	80	160	109	86
1996	4	90	28	13	73	21	93	80	36	60	49	52	42	41	49	38	94	24	116	100	5	51	71	95	43	80	8	64	80	122	67	
1996	5	152	53	93	29	174	116	23	61	81	30	118	79	174	118	134	153	231	206	235	289	294	251	68	183	133	67	245	138	159	331	359
1996	6	380	242	330	397	521	270	645	461	549	605	620	694	288	670	550	447	522	491	509	683	925	730	767	1119	551	598	559	396	586	958	
1996	7	955	303	566	656	1116	582	728	869	648	605	542	632	483	373	587	391	487	429	512	628	990	672	501	581	416	499	292	332	360	801	581
1996	8	1025	671	377	329	595	510	493	337	775	2093	828	961	512	675	390	618	380	598	535	544	747	1176	1068	1056	1558	905	1297	869	522	623	534
1996	9	481	735	553	231	303	458	721	608	1550	834	1095	704	581	924	889	759	751	816	475	633	757	434	764	860	1267	784	633	627	1104	1471	
1996	10	876	1355	779	1156	1306	1356	1391	1275	1502	1339	638	943	697	751	661	598	463	884	439	332	610	517	554	596	591	311	410	326	428	296	230
1996	11	343	196	157	485	486	293	389	267	140	235	351	275	155	282	247	196	157	367	201	484	139	329	318								

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1997	1	97	167	230	106	174	289	108	80	100	59	118	88	35	10	56	38	73	171	65	131	139	181	112	20	113	104	179	30	73	44	149
1997	2	818	24	23	83	57	-209	192	29	-104	154	36	86	105	54	137	124	135	69	43	53	76	124	82	44	58	133	147	59			
1997	3	152	103	57	68	116	179	83	147	130	72	51	81	73	72	91	80	72	49	64	49	101	75	30	102	59	53	0	5	48	54	57
1997	4	47	81	47	25	54	38	46	78	24	109	20	80	44	47	59	49	54	73	108	72	89	67	53	347	31	22	39	30	96	100	
1997	5	47	29	-163	103	93	73	45	20	67	83	91	14	64	31	35	332	348	72	115	-10	148	91	1	269	59	64	220	45	119	174	227
1997	6	81	88	345	304	399	259	337	219	128	263	-72	59	285	205	52	404	442	208	270	149	104	45	58	72	289	58	205	212	354	372	
1997	7	1067	801	782	1072	527	215	567	377	341	19	280	140	240	292	289	444	319	333	27	146	196	262	359	125	149	132	46	185	339	236	126
1997	8	73	54	252	542	198	209	0	178	49	34	361	583	321	280	369	271	225	266	303	282	142	117	235	218	243	147	248	175	277	381	382
1997	9	707	936	1052	584	697	671	775	803	744	1005	1507	1035	976	581	758	670	668	418	353	509	1214	2185	1277	1343	557	905	760	550	838	1922	
1997	10	2211	1659	1410	1351	1231	2088	2081	1162	806	693	1035	622	571	583	782	532	532	566	110	723	472	370	500	479	331	234	311	410	361	126	242
1997	11	122	31	269	303	358	275	308	139	101	745	541	244	391	300	100	295	796	438	221	108	346	214	404	316	286	155	284	292	45	37	
1997	12	308	425	397	274	323	209	250	104	272	316	84	156	155	102	244	288	79	133	103	81	15	324	-2	113	60	253	124	183	163	127	-14
1998	1	94	125	81	72	80	44	162	102	82	148	142	289	189	253	124	35	29	59	-2	-17	-35	16	12	230	101	19	544	230	45	27	64
1998	2	64	128	75	112	95	100	132	67	-59	178	67	50	53	130	38	71	44	123	30	126	174	125	86	19	126	207	45	175			
1998	3	125	58	15	24	96	66	113	83	68	78	43	80	82	96	123	41	34	63	34	50	29	122	119	29	60	31	38	51	69	53	74
1998	4	123	63	80	58	76	93	100	50	25	-1	63	109	110	42	157	14	53	80	67	71	88	41	24	41	56	65	30	67	39	-201	
1998	5	87	63	90	57	58	43	66	61	20	56	21	30	30	36	51	56	63	29	28	12	53	98	105	80	32	24	17	43	41	56	76
1998	6	51	44	67	17	66	80	96	59	81	66	147	130	135	68	52	78	103	94	93	104	94	106	149	103	86	492	285	567	546	628	
1998	7	406	257	238	75	141	171	185	95	130	60	182	94	113	490	339	441	587	317	137	484	218	91	103	68	373	1267	979	392	344	383	373
1998	8	361	131	462	462	749	692	610	229	60	419	69	288	244	148	397	341	281	294	200	103	293	516	538	771	678	626	1028	800	534	1012	907
1998	9	701	727	999	888	1023	1102	983	4002	5252	4116	2052	1311	759	1071	751	510	650	513	402	399	519	524	484	936	829	701	1190	1003	696	758	
1998	10	581	529	943	464	709	410	517	450	940	1053	633	935	949	713	765	1720	986	869	1212	860	604	525	623	512	498	586	544	307	550	620	361
1998	11	760	1112	1247	921	965	1050	660	574	780	505	505	436	439	442	373	440	365	369	280	433	384	564	523	495	391	336	405	355	223	366	
1998	12	140	182	211	201	265	57	271	318	177	215	265	61	76	190	291	215	181	171	199	43	103	247	341	53	29	189	176	200	45	280	-93
1999	1	14	218	222	299	50	218	109	204	204	61	37	14	57	41	82	29	30	152	65	112	95	137	95	106	116	139	46	66	64	171	51
1999	2	50	80	75	161	168	75	91	134	98	91	74	103	89	34	75	117	101	262	-148	105	87	113	94	109	93	53	109	66			
1999	3	126	174	88	59	124	191	64	69	68	30	72	109	69	49	19	74	35	73	102	249	104	10	67	100	90	37	146	91	63	53	-37
1999	4	101	94	61	87	51	98	21	58	96	-14	113	42	23	37	127	59	69	87	84	25	44	29	34	60	24	130	115	108	131	16	
1999	5	125	117	185	37	14	344	161	152	88	57	154	-73	65	54	35	13	13	89	30	47	76	124	126	30	153	106	163	185	104	53	141
1999	6	88	207	94	54	128	219	385	198	220	188	399	176	236	725	815	1056	1067	1109	527	594	603	582	544	653	514	348	101	605	436	837	
1999	7	567	481	810	361	795	880	531	875	791	520	494	955	784	501	705	594	519	373	834	626	793	738	175	244	377	513	391	170	314	390	279
1999	8	47	758	205	291	547	634	536	398	626	545	946	1498	744	382	468	1015	1339	946	757	659	579	403	815	674	551	920	645	517	654	609	816
1999	9	394	1145	1176	1064	793	1041	705	1074	904	1076	1714	1484	1802	1912	1679	1528	1216	2756	2434	1792	1594	1751	1697	1117	1660	1381	2662	1624	1396	1888	
1999	10	1730	2269	2366	3627	2198	1896	1657	1443	1370	1369	1419	1181	1123	1127	845	993	922	1479	1380	3007	2172	1426	1345	1093	1015	956	821	741	734	559	808
1999	11	563	524	591	524	586	510	433	532	601	589	586	551	573	450	516	373	438	361	397	399	470	384	306	447	148	466	285	315	380	828	
1999	12	778	701	716	528	580	687	676	447	258	192	234	151	96	208	211	290	0	154	100	400	183	-999	171	46	36	127	247	42	89	146	146
2000	1	158	144	313	94	-7	48	165	138	79	243	306	32	3	130	48	9	196	74	65	99	117	117	44	17	114	72	14	163	242	56	61
2000	2	125	44	120	67	61	103	144	73	58	-27	99	40	162	41	324	80	69	67	113	92	98	-3	11	23	-35	105	89	7	93		
2000	3	88	4	7	28	187	-8	134	95	49	-24	-47	21	32	19	-33	11	17	183	229	-5	-17	-30	82	-24	-16	-5	56	-27	-4	48	104
2000	4	213	-65	59	-55	138	-16	-53	106	-4	19	21	12	-8	-5	171	180	44	-21	-32	-16	-12	-15	64	147	296	121	15	13	173	17	
2000	5	6	7	36	-1	26	23	11	-19	-18	33	30	-21	17	15	25	22	99	80	36	52	630	948	138	201	273	504	371	78	156	339	964
2000	6	586	420	804	381	656	480	870	1117	659	1096	1330	1307	986	1294	953	643	841	501	766	977	617	943	538	422	228	619	468	394	172	343	
2000	7	113	263	449	122	169	230	287	167	269	742	471	218	295	267	102	20	328	243	183	138	59	137	158	240	263	71	95	257	183	570	610
2000	8	390	1069	981	235	408	378	492	607	1013	836	619	972	509	834	714	343	324	451	186	445	484	279	233	253	385	90	210	1028	928	903	690
2000	9	907	682	515	773	566	700	827	1174	1083	601	900	1671	1375	1227	1309	2029	1641	1587	1355	1441	918	1309	849	818	876	819	774	1222	1216	1102	
2000	10	1060	1100	1003	734	776	1092	1387	769	752	745	798	655	783	420	468	798	616	494	403	283	422	332	411	320	246	234	356	393	192	463	236
2000	11	252	303	410	237	179	306																									

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2001	1	152	95	200	228	58	124	73	32	14	97	16	2	101	59	76	147	-5	76	103	83	49	130	125	101	38	53	15	132	60	37	30
2001	2	-16	20	78	131	117	52	31	68	34	61	88	51	91	127	91	61	84	137	54	54	56	104	101	88	112	103	140	130			
2001	3	183	98	93	44	35	81	102	42	53	88	168	109	79	16	61	63	50	51	56	79	80	105	54	71	31	111	31	16	43	37	
2001	4	23	50	38	23	61	30	22	105	58	52	74	58	27	90	42	60	28	46	49	16	52	13	13	27	43	56	15	28	91	102	
2001	5	98	115	78	115	42	35	69	64	79	63	31	13	38	73	87	35	98	56	88	57	21	79	25	39	45	65	84	42	339	390	583
2001	6	432	392	20	218	124	84	46	37	57	291	354	742	153	39	58	80	234	64	64	427	53	3	168	174	46	144	194	120	15	88	
2001	7	67	38	506	140	61	59	75	63	42	78	138	315	209	663	317	376	600	122	150	332	137	49	109	315	296	133	307	439	113	206	291
2001	8	353	330	544	256	301	596	410	255	420	281	334	254	388	235	460	612	202	255	269	114	232	354	234	801	858	543	545	499	287	553	260
2001	9	448	172	374	364	435	597	660	484	583	721	623	707	608	577	505	1191	708	671	677	291	512	917	1113	603	836	794	1281	1386	1005	48	
2001	10	1244	854	785	605	478	417	430	491	431	794	524	359	469	765	766	723	803	747	676	393	494	454	542	410	293	908	488	491	545	508	251
2001	11	160	105	434	493	291	279	32	292	458	25	85	222	58	219	211	336	37	194	138	155	113	100	3	265	120	255	167	55	109	155	
2001	12	335	7	75	38	49	55	37	58	35	65	67	174	20	48	50	37	58	97	72	57	59	154	47	131	44	98	98	121	111	160	29
2002	1	128	100	154	181	59	32	89	26	60	65	76	70	24	69	64	65	42	35	46	10	74	27	58	56	37	168	93	85	90	37	55
2002	2	16	22	18	40	76	21	-10	9	23	3	51	16	68	24	-2	28	16	34	95	135	89	25	10	40	34	38	25	11			
2002	3	1	48	35	4	23	-15	-20	-30	15	-4	9	39	64	35	-12	51	60	107	62	-7	-21	11	36	0	76	58	0	29	29	43	
2002	4	99	89	7	48	83	77	16	40	24	74	81	77	84	27	58	123	69	17	32	77	18	103	81	66	104	13	127	0	107	12	
2002	5	53	6	39	94	48	114	13	62	52	41	88	7	28	36	61	68	148	140	64	119	82	23	69	81	191	43	76	21	141	52	207
2002	6	150	129	264	43	-13	153	166	122	104	292	78	212	174	287	132	114	285	229	405	471	248	194	218	306	319	414	320	213	157	217	
2002	7	180	136	112	228	45	138	176	108	145	263	166	498	492	443	406	153	190	353	99	179	178	295	183	105	114	136	175	166	159	229	290
2002	8	208	155	327	114	162	66	223	61	276	129	60	310	327	202	266	105	192	100	105	136	130	132	235	115	-3	204	121	326	506	533	385
2002	9	311	424	687	480	660	502	447	473	572	661	518	576	597	483	661	441	452	330	423	342	465	447	579	778	989	634	720	555	864	1129	
2002	10	1786	1970	1657	1401	1232	1133	1089	937	910	728	616	429	532	440	348	454	215	208	354	351	325	173	277	52	358	447	454	145	90	409	348
2002	11	282	429	185	247	162	136	226	228	301	149	252	143	142	249	202	151	147	194	236	150	117	145	201	161	133	197	110	130	213	141	
2002	12	114	116	149	172	40	82	176	58	171	62	135	142	200	53	77	147	77	34	80	119	123	123	121	29	29	91	106	116	100	116	1
2003	1	83	114	186	0	83	84	225	208	8	33	81	70	94	210	140	37	102	-3	59	82	46	118	236	10	-19	0	3	28	9	22	11
2003	2	30	26	23	-1	39	-11	-5	29	20	80	21	14	9	0	9	6	72	72	67	41	72	37	0	56	85	101	41	50			
2003	3	0	0	91	76	98	130	150	77	14	102	118	81	120	108	7	-3	57	79	92	-15	-9	22	26	74	134	74	27	-13	10	5	9
2003	4	35	109	70	81	111	-7	128	40	-3	134	14	-5	-2	60	63	44	-18	-3	-13	11	104	153	-10	86	63	45	41	60	106	-17	
2003	5	32	79	48	56	2	25	33	91	2	59	9	-12	60	122	-5	107	6	29	18	77	108	76	41	54	54	81	29	59	118	235	88
2003	6	176	118	59	88	88	206	176	382	353	235	147	176	147	118	264	294	235	764	441	558	235	294	411	470	411	353	264	235	264	176	
2003	7	235	235	176	118	118	382	294	206	235	176	176	176	294	411	529	940	529	294	176	235	235	176	147	176	294	441	294	235	176	206	147
2003	8	176	118	224	248	207	248	207	166	207	248	289	289	455	413	331	248	413	578	496	496	413	372	331	331	248	248	289	331	496	1157	1198
2003	9	826	785	620	620	413	496	372	372	372	331	372	248	413	1198	1033	1122	1915	1197	1245	1436	1207	910	862	766	575	622	670	1005	910	1005	
2003	10	1053	718	718	670	766	958	958	1005	1388	958	784	871	544	599	490	653	381	653	544	435	544	163	327	382	381	327	327	490	327	327	381
2003	11	381	272	327	272	272	218	327	327	218	272	272	272	218	272	218	272	163	218	272	272	327	272	163	272	352	43	202	66	317	75	291
2003	12	118	141	161	191	168	163	163	117	163	109	109	109	163	163	60	85	164	138	162	87	82	54	54	55	54	82	109	109	109	163	109
2004	1	163	119	54	54	131	35	78	111	112	106	55	123	55	60	54	109	54	109	54	54	55	54	54	109	67	54	67	54	102	55	54
2004	2	54	55	80	39	56	0	54	55	54	0	54	55	54	0	109	7	-8	-11	75	55	54	54	55	54	54	0	55	54	0		
2004	3	54	-11	14	68	54	55	0	0	16	-26	28	68	20	0	-31	66	54	65	61	-23	-23	11	-11	30	23	-27	-7	18	-5	4	62
2004	4	-19	61	74	69	35	1	24	-51	54	0	55	-29	48	9	12	20	-23	-42	-14	12	-37	-43	-25	-18	33	133	55	-32	-3	402	
2004	5	-6	2	5	3	11	-4	-4	6	6	22	53	74	-18	70	83	55	94	251	57	84	282	156	53	259	106	119	153	-29	485	37	-2
2004	6	314	289	405	349	192	339	244	428	572	608	699	762	211	317	289	336	310	156	238	192	120	220	224	171	280	87	132	201	56	183	
2004	7	233	155	160	69	119	123	174	269	185	287	258	150	195	262	210	233	281	428	106	267	229	424	122	173	693	671	389	200	242	313	333
2004	8	366	409	268	266	238	307	288	244	211	147	260	188	246	92	162	304	189	68	93	140	88	48	211	148	152	179	194	213	349	333	293
2004	9	351	181	327	362	299	572	704	523	468	526	336	831	505	546	571	272	474	289	375	630	528	613	617	621	446	769	1004	1152	771	647	
2004	10	650	195	453	569	897	845	1534	928	733	743	1040	1175	1163	1234	1407	918	979	938	645	471	453	445	179	428	360	310	204	283	220	241	294
2004	11	220	163	335	197	109	167	280	155	13	223	130	201	230	123	235	30	148	91	108	165	152	36	32	162	160	168	124	6	149	133	
2004	12	99	187	67	76	-12	10	30	6	59	106	104																				

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2005	1	40	167	1579	58	140	30	-19	92	12	-2	60	5	11	4	-4	9	26	25	80	-10	75	0	64	21	26	21	85	-13	34	32	89
2005	2	116	2	42	59	5	16	9	27	32	13	20	56	19	14	29	-8	7	36	137	22	28	21	-1	17	35	16	26	1			
2005	3	6	55	21	1	7	7	53	-19	4	39	7	113	54	9	11	24	14	22	13	16	31	29	15	32	0	0	23	41	96	-11	-1
2005	4	10	23	14	25	22	111	-6	13	40	36	33	-26	20	32	-16	75	33	1	-25	-1	22	18	-16	-30	-10	31	-34	-30	12	-2	
2005	5	21	2	4	0	-8	-7	24	16	6	59	13	14	-3	244	36	15	3	60	95	11	84	90	104	21	-5	4	45	24	147	-26	90
2005	6	93	6	64	119	39	90	180	106	23	-3	-14	23	192	296	359	340	299	288	213	631	502	544	1089	1164	490	1415	2177	1636	1361	897	
2005	7	816	817	817	762	925	708	490	653	327	544	712	703	653	1063	1253	1011	1200	1475	1059	1035	795	599	648	1001	893	642	521	348	415	377	382
2005	8	266	190	338	260	315	434	309	364	155	189	235	386	240	313	587	525	985	836	1115	1576	1273	1313	1388	1187	848	929	338	924	835	705	665
2005	9	597	561	675	551	745	1092	1246	843	790	597	427	615	611	555	552	588	583	346	709	762	816	988	1053	1035	1275	1258	1331	1380	2253	1644	
2005	10	2077	1141	1453	3105	8172	12790	5158	3120	2306	1983	1679	1131	1122	1035	770	859	643	771	603	504	508	505	527	458	309	367	369	390	407	217	315
2005	11	358	77	335	368	210	348	275	366	232	143	284	256	194	230	325	179	136	263	187	83	230	228	232	128	231	79	80	192	221	166	
2005	12	210	95	291	71	116	254	66	248	176	25	179	228	136	38	204	85	196	97	86	51	63	366	11	8	39	119	46	94	163	137	139
2006	1	70	55	52	402	22	89	204	151	161	88	58	115	153	15	85	113	97	140	134	111	42	140	-44	34	108	99	88	22	160	14	126
2006	2	86	131	27	54	76	51	49	128	74	42	-16	78	83	47	8	71	63	51	75	190	34	21	65	122	191	20	36	61			
2006	3	71	57	-22	103	-20	4	17	-3	125	53	38	52	24	32	-38	16	97	53	9	-30	64	46	28	69	132	32	-23	80	26	-23	79
2006	4	236	21	65	82	50	40	83	78	24	67	59	-231	284	21	6	68	-36	15	74	45	43	11	10	152	64	76	45	46	-7	68	
2006	5	110	0	106	-129	48	39	165	141	-237	604	-93	100	-75	129	9	86	41	-10	83	102	137	45	99	327	403	118	136	197	296	211	461
2006	6	344	270	326	311	592	492	461	969	1559	753	667	323	378	993	1231	1589	987	774	314	526	547	531	606	573	755	571	678	760	507	404	
2006	7	430	358	312	301	256	313	236	755	580	393	212	462	356	209	379	258	287	222	835	1067	1591	2067	1576	917	848	751	583	383	672	631	727
2006	8	716	650	723	594	918	585	536	457	350	497	313	226	263	522	433	276	242	244	127	199	629	696	634	591	511	402	278	510	460	581	499
2006	9	431	775	998	1321	709	738	821	784	639	729	1363	1069	1117	626	770	680	648	625	785	826	711	767	721	694	679	571	461	602	480	240	
2006	10	412	516	319	532	471	729	718	868	1099	1278	1167	905	1297	972	804	622	426	559	549	418	641	721	1218	172	743	500	435	771	598	587	635
2006	11	432	134	442	504	151	473	389	357	242	348	382	179	463	335	359	162	327	286	41	331	307	220	244	156	195	290	184	194	60	113	
2006	12	225	362	117	145	156	308	93	258	79	232	210	24	163	231	132	15	177	176	295	172	137	10	188	67	191	244	102	190	205	85	69
2007	1	89	175	48	74	174	101	115	129	248	-3	11	78	140	140	80	125	216	83	96	47	28	98	128	73	110	96	67	16	69	67	53
2007	2	129	162	218	111	69	123	102	53	80	2	84	59	70	41	37	115	69	53	82	123	171	141	119	133	51	46	-3	40			
2007	3	61	171	89	-64	-19	163	1	40	20	85	1	39	54	37	4	-2	54	73	21	46	46	4	9	158	31	20	26	79	64	25	48
2007	4	46	19	54	78	54	60	56	84	59	100	-166	185	-2	16	42	12	35	32	100	83	29	53	20	142	16	66	53	101	120	68	
2007	5	62	23	105	80	64	82	46	26	31	47	35	44	43	77	82	120	40	219	-172	37	39	122	61	50	37	71	343	65	84	349	189
2007	6	80	148	205	38	249	186	340	292	54	224	305	221	191	57	350	249	417	519	151	184	122	130	182	128	181	291	155	78	211	216	
2007	7	77	189	169	315	45	68	189	76	239	114	108	62	48	142	201	201	151	320	210	157	79	461	352	539	310	324	261	221	344	228	250
2007	8	187	116	348	146	351	562	558	291	415	85	321	355	767	952	907	940	612	624	374	334	328	370	668	684	383	726	670	565	905	777	1117
2007	9	686	814	637	546	685	918	768	790	1278	926	853	860	971	643	881	382	476	761	539	412	607	643	894	1244	1604	1500	932	1292	818	855	
2007	10	642	740	496	529	476	420	267	391	526	578	1206	1359	938	924	876	866	831	995	1380	896	1153	1079	1600	1460	1110	974	684	675	629	704	558
2007	11	559	560	428	500	432	360	362	429	361	359	290	288	361	357	283	160	225	361	222	290	221	220	296	290	294	86	293	149	221	227	
2007	12	226	156	155	159	157	158	224	225	154	85	153	154	156	86	194	182	68	138	107	226	84	128	136	84	106	54	177	139	36	20	20
2008	1	15	124	176	88	129	131	117	181	94	62	132	60	46	43	71	186	79	37	64	135	49	39	85	34	123	49	75	123	145	85	105
2008	2	153	122	131	132	178	112	110	39	77	49	32	25	30	77	82	18	109	26	39	36	48	67	101	100	26	63	84	15	86		
2008	3	43	86	60	48	72	-3	40	40	8	8	14	54	24	12	65	147	73	112	38	34	29	32	37	66	60	172	37	41	59	32	726
2008	4	12	-27	68	72	22	14	40	11	36	30	97	-52	36	-31	80	16	29	2	40	28	35	32	17	169	-1	-6	-30	-4	42	47	
2008	5	-61	35	-53	-23	104	195	909	-854	-24	-4	-26	105	63	64	-7	3	52	18	53	135	16	71	95	52	93	42	140	0	-7	117	981
2008	6	219	555	866	513	652	157	631	304	536	581	444	337	640	633	255	276	374	573	680	414	1105	392	323	129	259	320	910	1020	642	649	
2008	7	636	1053	781	764	1048	1090	1519	1273	858	1202	700	985	666	1412	1622	1041	895	487	412	1054	1112	1846	846	1312	820	1205	415	695	519	819	209
2008	8	1222	629	1056	958	1220	821	683	472	591	888	1060	688	877	1047	1062	1088	911	730	644	653	994	891	762	484	571	629	766	826	876	438	382
2008	9	649	627	683	736	978	1295	1263	1252	731	1105	842	726	798	651	478	808	840	788	959	1497	1039	964	1405	1405	1750	1596	2041	1509	1506	1260	
2008	10	1150	1142	1268	1740	1362	1177	973	1168	1483	1354	953	864	1368	610	735	665	855	770	836	713	761	621	692	588	589	455	587	550	606	516	404
2008	11	346	416	398	419	303	390	369	161	283	378	267	213	228	362	195	260	256	355	333	99	212	212	93								

Tabla 5.1. Continuación

ANGOSTURA																																	
Ingresos Diarios por Cuenta Propia (m ³ /s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
2009	1	131	278	198	121	157	138	165	150	70	220	139	16	56	44	41	42	-15	99	68	22	20	81	126	81	58	37	36	31	126	77	300	
2009	2	90	167	141	35	98	41	59	119	86	110	91	45	12	42	119	201	131	170	50	65	147	46	129	75	33	47	30	123				
2009	3	113	37	85	30	74	67	57	54	78	1	90	34	95	67	178	93	52	23	14	20	55	48	0	84	-43	104	17	-20	121	72	493	
2009	4	77	56	10	238	79	137	53	-20	44	119	-18	71	43	21	12	35	44	-22	107	-1	39	46	24	49	19	63	28	48	31	40		
2009	5	52	4	8	-4	36	-10	16	42	11	59	44	117	318	357	345	82	134	78	294	91	58	88	169	149	143	71	128	163	138	93	42	
2009	6	109	209	144	119	306	302	139	189	196	311	159	196	244	51	238	202	338	475	313	211	329	252	481	429	285	235	251	308	315	547		
2009	7	575	518	472	256	185	410	161	13	686	362	330	396	160	231	233	193	121	250	97	332	367	14	86	35	66	74	137	79	93	-36	504	
2009	8	83	249	311	73	172	152	239	83	258	444	53	106	277	119	37	295	687	790	584	649	417	460	439	136	381	276	266	337	412	310	180	
2009	9	367	292	225	107	-38	299	587	57	373	415	402	487	263	461	336	189	239	129	280	888	405	919	489	902	905	1531	1128	659	617	473		
2009	10	252	404	315	455	217	377	442	607	419	428	343	279	162	239	191	248	253	284	298	105	317	112	121	264	274	202	294	349	159	331	126	
2009	11	565	509	406	361	709	935	755	521	669	426	500	669	431	386	445	205	379	206	367	227	149	323	260	164	192	256	125	158	210	221		
2009	12	112	104	146	79	262	171	166	81	96	89	70	225	112	97	87	98	131	112	177	204	449	185	253	137	139	105	119	625	-385	135	134	
2010	1	74	167	169	43	57	16	161	69	30	21	126	62	127	130	136	24	166	146	87	71	82	90	20	63	172	56	51	17	59	39	16	
2010	2	98	52	87	118	16	90	43	78	111	58	106	65	17	82	7	-32	45	63	19	36	39	48	65	50	65	-1	179	16				
2010	3	113	20	19	59	16	39	20	45	84	4	10	3	8	50	69	114	68	46	96	133	57	124	120	124	147	92	165	58	62	114	197	
2010	4	28	23	52	46	64	-5	36	67	66	47	80	63	54	102	74	231	39	45	33	13	25	39	50	87	50	8	20	121	83	92		
2010	5	53	142	83	64	28	53	72	55	63	32	40	37	35	66	74	73	124	155	151	135	152	89	258	93	211	224	299	271	967	1028	57	
2010	6	199	148	122	346	138	297	154	195	178	143	269	398	322	749	174	631	866	304	724	789	233	311	280	228	398	540	977	935	590	556		
2010	7	846	541	505	581	465	309	613	783	789	867	712	1046	596	776	618	537	807	1882	1975	1792	1225	1536	1091	850	691	1189	2003	1157	830	907	921	
2010	8	1205	1116	1392	1910	1863	1999	1573	1525	1598	1405	1398	834	1255	870	1312	1476	1134	1587	2434	2365	2849	3211	2816	1642	204	4098	2540	2878	1729	2831	1826	
2010	9	1685	10610	1381	2265	2303	1455	1453	1530	1776	1904	1537	1416	1360	1374	1351	1296	1568	1411	1950	1552	1740	1896	1643	1532	1824	2616	2998	3223	3467	2311		
2010	10	1927	1612	1583	1499	1453	1435	1328	1337	1258	1204	1181	1152	1131	946	568	412	415	492	415	414	414	414	414	261	582	135	428	384	367	281	271	524

Tabla 5.2. Gastos medios diarios máximos anuales, (m³/s). Presa La Angostura, Chis.

Año	Gastos medios diarios máximos anuales, en (m ³ /s)																	
	Duración																	
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	11 días	12 días	13 días	14 días	15 días	16 días	17 días	18 días
1950	1762	1707	1600	1525	1463	1391	1316	1256	1202	1204	1190	1167	1141	1115	1092	1077	1060	1036
1951	1294	1266	1235	1198	1185	1168	1130	1084	1054	1025	998	976	966	959	962	958	946	935
1952	2164	2061	1988	1971	1924	1911	1848	1786	1775	1760	1734	1685	1630	1576	1528	1481	1441	1413
1953	1880	1832	1774	1711	1667	1636	1593	1555	1511	1461	1420	1385	1352	1320	1286	1254	1221	1192
1954	1572	1380	1348	1320	1302	1278	1254	1221	1207	1210	1208	1204	1197	1187	1174	1160	1146	1129
1955	2054	1862	1757	1696	1613	1551	1506	1457	1405	1353	1301	1256	1218	1190	1196	1198	1193	1182
1956	2299	2161	2112	1926	1808	1690	1602	1555	1514	1496	1471	1444	1421	1392	1364	1333	1322	1320
1957	1195	1106	1097	1059	1041	1035	1042	1041	1031	1025	1013	1001	995	998	991	983	968	955
1958	1153	1104	1041	1008	975	943	902	867	844	830	822	808	801	796	798	801	802	798
1959	1450	1347	1274	1218	1168	1120	1099	1082	1059	1042	1035	1030	1009	996	979	968	952	936
1960	2113	1813	1611	1542	1461	1405	1359	1364	1354	1332	1313	1290	1267	1245	1239	1233	1235	1229
1961	1453	1434	1264	1161	1120	1082	1041	1002	967	936	906	882	860	836	812	789	766	745
1962	2185	1971	1886	1857	1794	1730	1674	1619	1624	1638	1635	1627	1613	1597	1579	1557	1546	1541
1963	3443	2825	2565	2252	2043	2080	2074	2028	1976	1935	1878	1822	1769	1719	1673	1626	1589	1557
1964	1637	1613	1563	1482	1421	1365	1300	1243	1203	1208	1231	1230	1218	1207	1187	1165	1143	1119
1965	1708	1603	1493	1419	1373	1383	1399	1374	1354	1343	1329	1308	1318	1308	1286	1279	1261	1244
1966	1535	1505	1360	1320	1270	1233	1194	1159	1148	1151	1146	1148	1144	1131	1115	1096	1079	1064
1967	1049	988	990	971	959	922	902	904	885	862	839	820	801	792	779	767	751	736
1968	1617	1493	1453	1470	1453	1376	1310	1243	1190	1135	1085	1041	1008	1003	987	978	981	981
1969	2298	2104	2015	1910	1858	1856	1854	1805	1764	1743	1736	1713	1691	1663	1648	1656	1654	1647
1970	2571	2174	1840	1672	1571	1500	1428	1365	1318	1320	1305	1293	1294	1314	1315	1296	1272	1266
1971	1746	1628	1556	1576	1561	1523	1478	1440	1415	1393	1373	1374	1361	1343	1324	1302	1280	1262
1972	1165	1021	910	860	816	772	736	707	690	690	692	688	678	664	647	629	617	600
1973	2712	2686	2567	2398	2296	2162	2065	1991	1976	1928	1858	1797	1747	1702	1659	1622	1586	1554
1977	1315	1278	1169	1144	1095	1043	994	967	952	942	930	918	919	918	913	905	887	880
1978	1860	1538	1366	1419	1378	1349	1298	1263	1240	1230	1216	1216	1204	1188	1178	1170	1136	1109
1979	2528	2375	2234	2125	2070	1990	1912	1834	1791	1727	1719	1729	1718	1703	1676	1661	1640	1619
1980	2275	2086	1871	1708	1693	1713	1673	1631	1579	1521	1542	1534	1519	1497	1475	1444	1412	1439
1981	2708	2447	2310	2196	2116	2169	2186	2167	2135	2084	2038	1972	1918	1867	1825	1786	1741	1726
1982	2525	2093	2023	1936	1879	1755	1664	1592	1559	1552	1533	1509	1511	1538	1570	1587	1606	1534
1983	2000	1901	1647	1557	1516	1516	1552	1543	1501	1484	1452	1430	1408	1384	1361	1359	1376	1375
1984	2181	2139	2128	2073	1921	1830	1749	1695	1663	1661	1669	1685	1667	1639	1617	1600	1603	1586
1985	2431	2071	1873	1854	1825	1724	1627	1533	1467	1382	1330	1266	1208	1152	1113	1085	1059	1065
1986	1343	1004	886	944	915	877	841	805	787	768	737	761	758	747	725	717	697	691
1987	1940	1401																

Tabla 5.2. Continuación

Año	Gastos medios diarios máximos anuales, en (m³/s)																		
	Duración																		
	19 días	20 días	21 días	22 días	23 días	24 días	25 días	26 días	27 días	28 días	29 días	30 días	35 días	40 días	45 días	50 días	55 días	60 días	
1950	1017	1005	988	968	950	931	913	895	876	858	843	828	775	734	703	669	646	622	
1951	925	915	904	888	871	855	852	854	860	864	865	862	854	828	788	747	716	684	
1952	1392	1403	1413	1400	1378	1357	1335	1313	1295	1278	1258	1239	1161	1088	1054	1010	968	924	
1953	1168	1142	1116	1094	1076	1070	1060	1046	1037	1036	1036	1035	1036	996	950	899	849	803	
1954	1118	1114	1116	1126	1131	1132	1133	1134	1133	1128	1132	1132	1118	1096	1058	1025	987	952	
1955	1167	1153	1169	1174	1177	1175	1167	1156	1142	1129	1117	1105	1054	1008	970	934	943	952	
1956	1330	1345	1349	1348	1342	1339	1332	1318	1305	1291	1273	1253	1206	1145	1084	1031	980	940	
1957	939	923	921	923	922	917	919	924	923	917	910	902	860	808	756	712	672	638	
1958	798	796	791	785	782	779	775	769	765	760	754	748	757	762	754	748	737	723	
1959	921	906	890	872	859	846	832	817	803	789	775	762	705	661	623	604	582	561	
1960	1224	1214	1205	1208	1208	1207	1204	1201	1195	1182	1179	1177	1145	1137	1121	1080	1048	1030	
1961	725	707	690	674	658	643	629	616	603	592	584	581	565	583	581	566	562	553	
1962	1530	1521	1507	1500	1493	1478	1458	1439	1421	1408	1395	1380	1321	1268	1233	1197	1162	1116	
1963	1532	1506	1475	1447	1421	1391	1364	1336	1310	1287	1263	1241	1135	1054	984	919	883	858	
1964	1100	1085	1077	1069	1057	1044	1031	1019	1006	992	980	968	913	912	874	837	802	768	
1965	1225	1205	1183	1162	1152	1149	1158	1162	1158	1152	1145	1139	1116	1064	1010	960	917	879	
1966	1054	1057	1050	1039	1027	1015	1007	998	1009	1011	1017	1015	990	971	977	962	947	923	
1967	725	714	710	705	698	690	681	671	662	654	646	638	604	574	548	534	517	516	
1968	970	954	937	921	906	893	878	860	843	832	825	814	820	815	802	807	782	750	
1969	1649	1661	1669	1661	1654	1651	1659	1655	1648	1639	1627	1629	1622	1603	1567	1524	1476	1438	
1970	1250	1234	1215	1221	1222	1229	1243	1247	1244	1240	1232	1224	1188	1213	1174	1144	1107	1071	
1971	1241	1217	1194	1170	1145	1121	1097	1081	1066	1049	1031	1015	970	987	989	1020	1010	989	
1972	585	570	560	549	537	527	516	507	497	488	482	475	461	479	469	470	460	452	
1973	1522	1494	1467	1437	1408	1384	1361	1339	1317	1296	1273	1255	1191	1145	1142	1170	1169	1188	
1977	865	843	831	813	795	777	763	749	733	717	702	689	627	597	577	556	571	565	
1978	1082	1058	1035	1012	992	970	950	932	919	907	910	912	933	924	901	881	873	847	
1979	1603	1581	1564	1546	1522	1509	1501	1481	1463	1446	1427	1409	1361	1298	1248	1212	1171	1115	
1980	1470	1464	1449	1440	1431	1419	1400	1382	1358	1333	1316	1296	1188	1100	1024	970	925	889	
1981	1721	1700	1673	1657	1629	1602	1590	1577	1565	1544	1531	1516	1416	1339	1330	1318	1307	1277	
1982	1506	1471	1438	1417	1390	1363	1340	1318	1297	1278	1260	1236	1138	1056	999	947	902	856	
1983	1364	1353	1338	1325	1310	1285	1255	1234	1214	1189	1172	1151	1057	984	919	872	850	821	
1984	1595	1603	1601	1581	1570	1564	1567	1555	1564	1555	1555	1540	1535	1475	1401	1349	1291	1241	
1985	1064	1069	1045	1023	1014	997	979	964	950	938	922	916	932	943	945	918	882	842	
1986	673	664	649	659	664	652	650	641	636	630	621	616	587	553	522	510	507	495	
1987	832	820	825	823	820	811	807	820	812	806	795	784	739	687	650	633	630	633	
1988	1346	1318	1298	1275	1252	1246	1241	1242	1234	1233	1251	1245	1237	1233	1191	1174	1194	1174	
1989	1688	1689	1682	1676	1665	1648	1619	1601	1595	1583	1563	1543	1464	1382	1307	1294	1286	1243	
1990	793	800	800	794	793	793	793	798	798	793	784	774	744	710	676	644	614	594	
1991	830	826	811	803	789	775	764	749	741	728	717	709	673	635	595	562	537	513	
1992	1080	1099	1094	1077	1059	1049	1048	1034	1025	1015	1000	982	913	843	782	740	711	708	
1993	1096	1086	1065	1051	1038	1014	994	983	968	964	959	942	962	956	942	947	951	931	
1994	690	679	682	662	645	630	613	610	608	609	600	587	543	508	476	451	432	419	
1995	1621	1602	1591	1596	1597	1590	1603	1604	1597	1577	1564	1548	1489	1409	1346	1298	1253	1207	
1996	1087	1071	1053	1040	1023	1006	989	980	973	962	961	955	952	917	875	895	882	861	
1997	1345	1312	1299	1268	1238	1211	1193	1168	1150	1151	1146	1134	1088	1051	1006	955	908	860	
1998	1540	1501	1459	1425	1395	1360	1330	1300	1271	1244	1218	1211	1147	1087	1065	1043	1025	993	
1999	1991	1975	1949	1923	1921	1916	1905	1891	1883	1867	1850	1834	1741	1724	1680	1607	1554	1486	
2000	1239	1230	1224	1214	1200	1182	1178	1180	1170	1156	1147	1148	1095	1048	1023	983	934	882	
2001	817	801	791	787	780	777	770	763	755	750	744	735	711	703	687	667	654	632	
2002	1037	1008	984	960	938	918	895	878	862	848	840	831	790	759	723	692	656	625	
2003	1024	1008	992	982	981	987	989	997	995	988	984	969	910	851	837	809	778	740	
2004	902	903	907	908	902	891	874	864	855	846	835	828	769	741	718	684	649	620	
2005	2862	2771	2689	2614	2543	2471	2405	2344	2285	2229	2176	2127	1900	1760	1645	1550	1522	1474	
2006	886	869	849	828	822	816	807	793	786	775	764	758	758	762	770	748	740	727	
2007	1033	1017	996	976	958	941	925	906	891	883	902	921	930	895	867	873	859	857	
2008	1382	1372	1371	1352	1335	1332	1317	1297	1280	1263	1241	1224	1181	1156	1110	1070	1030	1015	
2009	631	620	611	599	585	572	556	544	536	529	525	521	497	464	460	451	459	449	
2010	2698	2635	2579	2540	2512	2474	2436	2397	2359	2324	2290	2257	2219	2209	2139	2064	2019		

5.2.3. Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales

Para determinar la magnitud de los gastos máximos para diferentes periodos de retorno, se realizó el análisis estadístico a la muestra de gastos máximos para duraciones de 1 a 60 días. Las funciones de distribución que presentaron los mejores ajustes fueron Gumbel de dos poblaciones, para duraciones de 1 a 24 días, considerando una probabilidad de ocurrencia de eventos no ciclónicos $P = 0.85$; Gumbel, para duraciones de 25 a 60 días. El análisis estadístico se realizó mediante el programa AX.exe.

Para definir el comportamiento de la distribución Gumbel dos poblaciones, se realizaron ajustes de un día, diez y veinticuatro días de duración (Figs. 5.2, 5.3 y 5.4). De acuerdo a lo mencionado en el Capítulo 3, si en el eje de las abscisas se proporciona la variable reducida $z = -\text{Ln}[\text{Ln}(\text{Tr}/(\text{Tr}-1))]$ de la función de distribución Gumbel, los valores de la

distribución tienden a ser rectas. En el caso de la función de distribución Gumbel dos poblaciones serán dos rectas (Fig. 5.2). En la serie analizada, para la duración de un día se observaron dos poblaciones y conforme se incrementó la duración prácticamente se tenía una sola población. En la Fig. 5.4, se muestra el ajuste para 24 días con la distribución Gumbel dos poblaciones, en donde se observa que es prácticamente una recta, de donde se deduce que para duraciones posteriores, el mejor ajuste será con la distribución Gumbel.

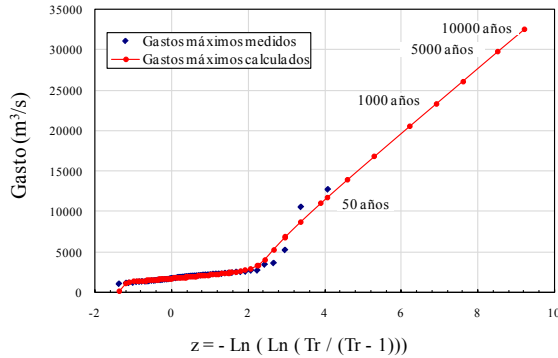


Figura 5.2. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, d=1 día, P=0.85. Presa La Angostura.

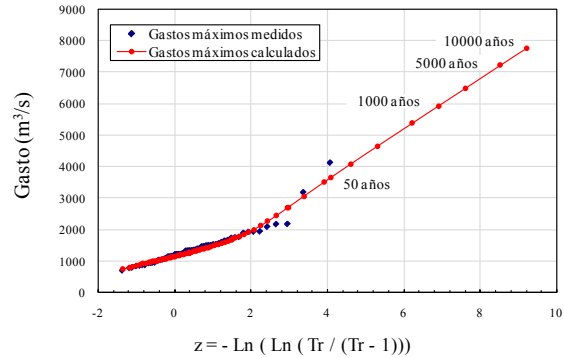


Figura 5.3. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, d=10 días, P=0.85. Presa La Angostura.

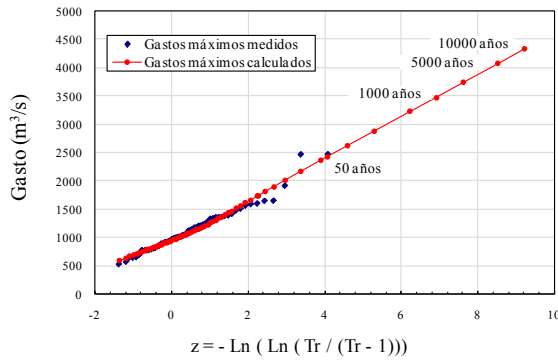


Figura 5.4. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, d=24 días, P=0.85. Presa La Angostura.

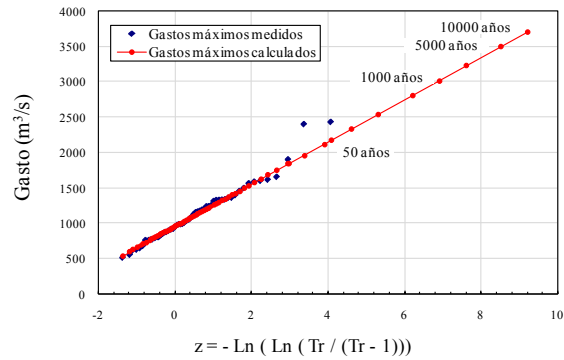


Figura 5.5. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel, d=25 días Presa La Angostura.

En la tabla 5.3, se presenta la relación de Gastos-duración-periodo de retorno para distintos periodos de retorno y en la Fig. 5.6 se muestran las curvas de dicha relación.

Tabla 5.3. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. La Angostura.

Tr (años)	Gastos de diseño, en (m³/s). (Distribución Doble Gumbel. P = 0.85)															
	Duración															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	1855.98	1681.94	1584.56	1503.21	1452.99	1406.66	1370.86	1325.23	1300.49	1263.76	1241.29	1219.48	1198.54	1180.60	1163.73	1150.62
5	2407.05	2189.01	2083.30	1967.27	1897.59	1849.13	1807.07	1753.34	1730.47	1691.48	1660.26	1630.83	1602.46	1578.30	1555.75	1538.91
10	3330.54	2912.69	2731.70	2549.09	2417.88	2344.63	2281.33	2220.10	2178.88	2128.72	2075.22	2026.43	1984.65	1951.42	1916.55	1885.61
20	6864.56	5234.72	4452.93	3914.60	3512.44	3253.10	3074.70	2955.18	2811.30	2711.06	2610.95	2526.67	2461.67	2404.89	2347.78	2286.29
50	11030.15	8201.94	6779.98	5789.18	5092.73	4575.02	4224.10	3987.06	3687.22	3504.97	3346.95	3221.04	3126.65	3028.35	2941.70	2835.27
100	13949.00	10279.85	8412.21	7106.79	6208.23	5514.31	5046.37	4725.89	4320.47	4081.15	3884.58	3731.99	3618.26	3489.25	3382.99	3245.10
200	16790.27	12306.29	10001.01	8388.14	7294.02	6429.85	5847.83	5446.35	4939.69	4645.06	4411.24	4233.18	4101.38	3941.97	3817.26	3650.68
500	20503.71	14944.66	12076.49	10058.73	8709.64	7625.24	6895.25	6385.19	5746.61	5378.47	5099.48	4889.39	4733.02	4534.98	4385.00	4180.64
1000	23286.12	16934.87	13633.85	11315.90	9774.94	8523.51	7682.32	7092.72	6352.39	5932.80	5614.17	5380.12	5207.89	4979.09	4814.72	4582.36
2000	26068.52	18886.96	15191.20	12573.07	10840.25	9414.87	8457.29	7794.81	6955.82	6482.86	6132.85	5874.66	5684.60	5426.65	5237.84	4984.08
5000	29749.86	21571.09	17203.79	14217.06	12266.12	10617.16	9498.66	8730.93	7751.04	7216.27	6819.10	6536.57	6300.65	6011.91	5793.18	5515.58
10000	32489.46	23401.17	18737.18	15454.89	13315.03	11501.61	10249.41	9471.12	8349.80	7762.06	7329.80	7023.50	6799.36	6438.81	6216.29	5911.12

Tabla 5.3. Continuación

Tr (años)	Gastos de diseño, en (m³/s). (Distribución Doble Gumbel. P = 0.85)								Gastos de diseño, en (m³/s). (Distribución Gumbel. Máxima Verosimilitud)							
	Duración								Duración							
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	30	35	40	45	50	55	60
2	1137.15	1125.69	1115.46	1105.12	1093.25	1072.98	1060.28	1047.89	1060.24	1006.19	974.11	939.53	906.60	878.48	853.45	826.96
5	1523.12	1509.27	1501.22	1493.14	1479.98	1463.31	1449.18	1436.61	1399.25	1331.12	1287.38	1240.80	1198.59	1161.98	1127.31	1091.16
10	1861.95	1842.21	1830.69	1815.14	1793.27	1772.96	1754.30	1735.99	1623.7	1546.25	1494.80	1440.27	1391.91	1349.69	1308.62	1266.09
20	2245.65	2211.22	2182.26	2147.31	2106.72	2074.73	2046.61	2017.10	1839.00	1752.60	1693.75	1631.60	1577.35	1529.74	1482.54	1433.89
50	2768.33	2708.17	2645.59	2579.34	2508.86	2457.25	2414.26	2367.84	2117.68	2019.71	1951.28	1879.26	1817.38	1762.80	1707.66	1651.08
100	3159.38	3079.78	2990.19	2900.41	2807.00	2740.15	2685.50	2625.97	2326.52	2219.87	2144.26	2064.85	1997.25	1937.44	1876.36	1813.84
200	3546.54	3447.35	3331.69	3218.72	3103.13	3020.33	2954.26	2881.48	2534.59	2419.30	2336.54	2249.76	2176.47	2111.45	2044.45	1976.00
500	4053.88	3930.39	3780.02	3638.63	3492.25	3390.27	3307.56	3218.36	2809.10	2682.41	2590.21	2493.72	2412.91	2341.02	2266.20	2189.94
1000	4436.97	4292.32	4118.24	3952.95	3787.53	3669.90	3576.85	3472.13	3016.57	2881.26	2781.93	2678.09	2591.60	2514.52	2433.80	2351.63
2000	4818.59	4658.47	4456.45	4272.18	4080.52	3950.63	3844.04	3730.88	3223.96	3080.04	2973.59	2862.40	2770.23	2687.96	2601.33	2513.26
5000	5321.49	5131.66	4912.65	4694.55	4465.06	4316.22	4203.08	4065.26	3498.07	3342.76	3226.88	3106.00	3006.32	2917.19	2822.76	2726.89
10000	5723.81	5514.71	5248.25	4989.22	4776.36	4612.17	4470.27	4327.99	3705.40	3541.48	3418.48	3290.25	3184.9	3090.58	2990.24	2888.48

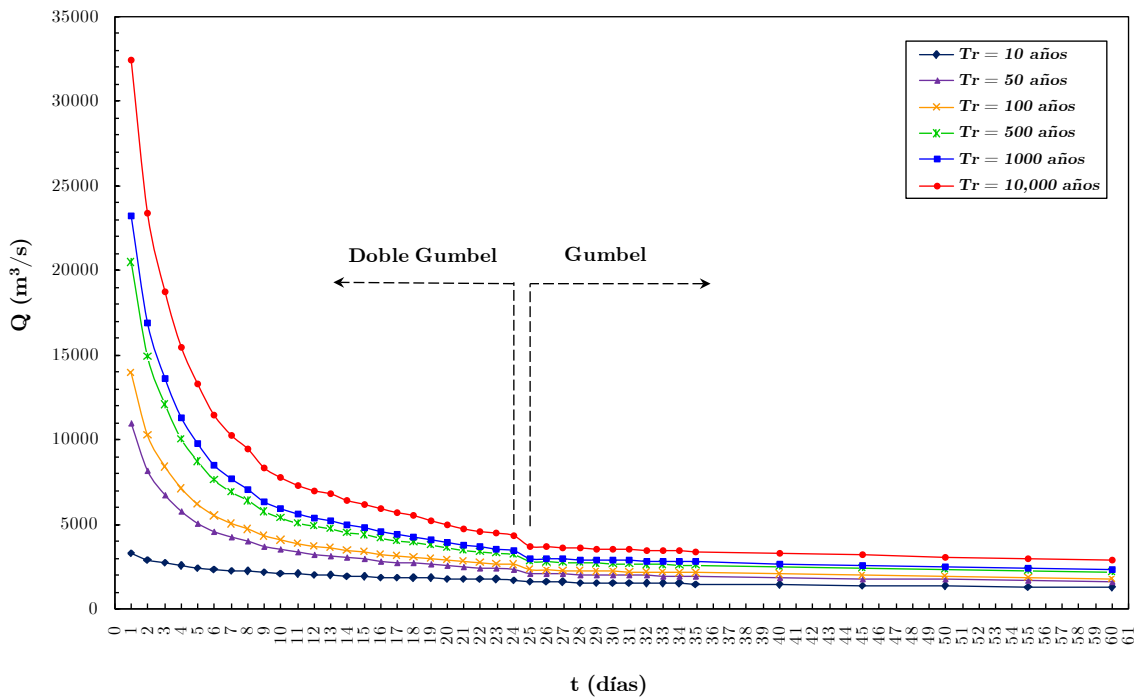


Figura 5.6. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. La Angostura.

5.2.4. Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)

Con base en los resultados obtenidos en la tabla 5.3, se estimaron las avenidas de diseño correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años. Para construir las avenidas de diseño correspondientes a La Angostura, se utilizó el método de alternar bloques (Capítulo 4).

5.2.4.1. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 10$ años

De la tabla 5.3 se seleccionaron los gastos medios diarios máximos anuales para las duraciones de 1 a 60 días y $T_r = 10$ años, con esta información se calcularon los gastos que se presentarían en cada día (gastos individuales, col. 3 y 9 tabla 5.4). En las columnas (4) y (10) de la misma tabla, se muestran los gastos máximos del hidrograma de diseño utilizando los datos actualizados con forme al estudio realizado en el 2010 por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM).

Con un procedimiento similar al descrito en el capítulo 4, se determinaron los gastos individuales y se determinó la forma de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 10 años. En la Fig. 5.7 y tabla 5.4, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2010 con los obtenidos en 2006 y 2008 realizados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Los resultados de la tabla 5.4 y de la Fig. 5.7, indicaron que con la actualización de datos al 2010, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 10 años tendría un valor de 3,331 (m^3/s), que es un valor 6.90% mayor a los 3,116 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El motivo por el cual sufre un incremento del 6.90% el gasto pico con respecto al estudio en 2006, se debe al gasto pico de 10,610 (m^3/s), ocurrido en la avenida del 2 septiembre del 2010. El volumen estimado de la avenida es de 6,497 (Mm^3).

5.2.4.2. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 50$ años

Se determinaron los gastos individuales y se determinó la forma de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 50 años. En la Fig. 5.8 y tabla 5.5, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2010 con los obtenidos en 2006 y 2008 (IIUNAM).

Los resultados de la tabla 5.5 y de la Fig. 5.8 indican que, con la actualización de datos al 2010, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 50 años tendría un valor de 11,030 (m^3/s), que es un valor 18.31% mayor a los 9,323 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 8,473 (Mm^3).

5.2.4.3. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 100$ años

En la Fig. 5.9 y tabla 5.6, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2010 con los obtenidos en 2006 y 2008 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.6 y de la Fig. 5.9, indican que con la actualización de datos al 2010, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 100 años tendría un valor de 13,949 (m^3/s), que es un valor 17.82% mayor a los 11,839 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 9,309 (Mm^3).

5.2.4.4. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 500$ años

En la Fig. 5.10 y tabla 5.7, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2010 con los obtenidos en 2006 y 2008 (IIUNAM), para el caso de la avenida de

diseño correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.7 y de la Fig. 5.10, indican que con la actualización de datos al 2010, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 500 años tendría un valor de 20,504 (m³/s), que es un valor 17.31% mayor a los 17,479 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 11,240 (Mm³).

5.2.4.5. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 1,000$ años

En la Fig. 5.11 y tabla 5.8, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2010 con los obtenidos en 2006 y 2008 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 1,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.8 y de la Fig. 5.11, indican que con la actualización de datos al 2010, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 1,000 años tendría un valor de 23,286 (m³/s), que es un valor 17.04% mayor a los 19,896 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 12,070 (Mm³).

5.2.4.6. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 5,000$ años

En la Fig. 5.12 y tabla 5.9, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2010 con los obtenidos en 2006 y 2008 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 5,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.9 y de la Fig. 5.12, indican que con la actualización de datos al 2010, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 5,000 años tendría un valor de 29,750 (m³/s), que es un valor 16.64% mayor a los 25,505 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 13,997 (Mm³).

5.2.4.7. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 10,000$ años

En la Fig. 5.13 y tabla 5.10, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2010 con los obtenidos en 2006 y 2008 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 10,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.10 y de la Fig. 5.13, indican que con la actualización de datos al 2010, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 10,000 años tendría un valor de 32,489 (m³/s), que es un valor 17.20% mayor a los 27,720 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El motivo por el cual sufre un incremento del 17.20% el gasto pico con respecto al estudio en 2006, es debido al gasto pico de 10,610 (m³/s), ocurrido en la avenida del 2 septiembre del 2010. El volumen estimado de la avenida es de 14,826 (Mm³).

Tabla 5.4. Avenidas de diseño, Tr = 10 años. La Angostura, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	3331	3331	781	745	726	31	1534	1153	2495	2461	2500
2	2913	2495	815	779	762	32	1521	1133	2001	1913	1968
3	2732	2370	865	832	832	33	1511	1177	1978	1923	1916
4	2549	2001	898	865	866	34	1505	1321	1791	1666	1670
5	2418	1893	931	897	900	35	1495	1146	1677	1630	1603
6	2345	1978	953	958	959	36	1484	1102	1490	1491	1451
7	2281	1902	987	989	989	37	1473	1080	1519	1398	1447
8	2220	1791	966	937	939	38	1462	1059	1422	1525	1458
9	2179	1849	1005	974	975	39	1451	1037	1507	1508	1574
10	2129	1677	1044	1012	1012	40	1440	1015	1520	1473	1371
11	2075	1540	1037	965	964	41	1431	1044	1346	1605	1319
12	2026	1490	1080	1011	1012	42	1421	1024	1315	853	1304
13	1985	1483	1146	1052	1041	43	1411	1005	57	336	295
14	1951	1519	1177	1159	1163	44	1402	986	1121	1112	1127
15	1917	1428	1153	1151	1147	45	1392	966	1101	1102	1098
16	1886	1422	1169	1174	1178	46	1383	1003	1133	1117	1114
17	1862	1483	1190	1173	328	47	1375	987	1321	1040	1033
18	1842	1507	86	304	1364	48	1367	970	1102	1035	1037
19	1831	1623	1344	1477	1308	49	1358	953	1059	988	988
20	1815	1520	1356	1433	1389	50	1350	936	1015	941	939
21	1793	1356	1623	1495	1486	51	1341	931	1024	993	995
22	1773	1346	1483	1259	1357	52	1333	914	986	955	956
23	1754	1344	1428	1336	1394	53	1325	898	1003	1004	1006
24	1736	1315	1483	1401	1406	54	1317	881	970	973	974
25	1670	86	1540	1501	1463	55	1309	865	936	943	942
26	1608	57	1849	1845	1876	56	1300	832	914	881	883
27	1592	1190	1902	1793	1905	57	1292	815	881	849	850
28	1576	1121	1893	1853	1848	58	1283	798	832	796	783
29	1562	1169	2370	2306	2334	59	1275	781	798	762	744
30	1546	1101	3331	3053	3116	60	1266	764	764	728	706

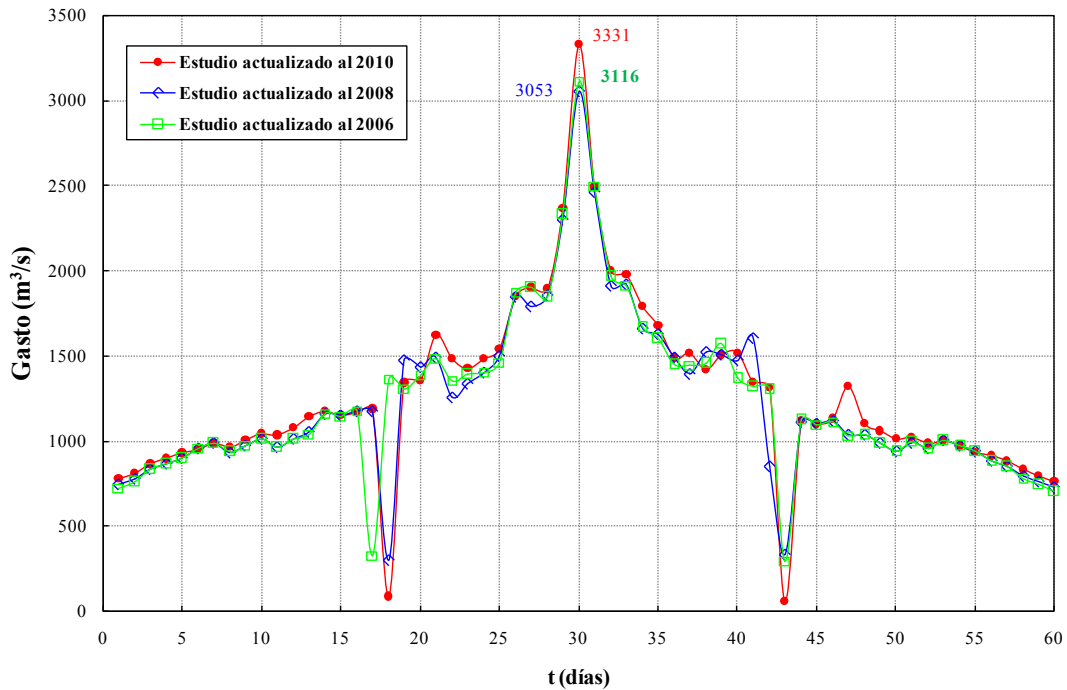


Figura 5.7. Hidrograma de diseño, Tr = 10 años. Presa La Angostura, Chis.

Tabla 5.5. Avenidas de diseño, Tr = 50 años. La Angostura, Chis.

t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2010 Q (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2010 Q (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)
1	11030	11030	1006	951	925	31	2004	1530	5374	6115	6115
2	8202	5374	1051	996	973	32	1988	1495	2817	2591	2753
3	6780	3936	1112	1078	1081	33	1975	1547	1986	1591	1728
4	5789	2817	1156	1120	1125	34	1965	1631	2328	1596	1530
5	5093	2307	1200	1162	1170	35	1951	1500	1865	1463	1573
6	4575	1986	1250	1250	1253	36	1937	1433	1836	1769	1764
7	4224	2119	1293	1288	1292	37	1922	1404	1750	1160	1258
8	3987	2328	1273	1228	1237	38	1908	1375	1239	1270	1361
9	3687	1289	1322	1275	1282	39	1894	1346	1685	1700	1676
10	3505	1865	1372	1322	1328	40	1879	1318	1321	1340	1188
11	3347	1767	1346	1223	1226	41	1867	1372	1373	685	1244
12	3221	1836	1404	1285	1290	42	1855	1347	1300	1490	1405
13	3127	1994	1500	1346	1335	43	1842	1322	257	192	311
14	3028	1750	1547	1507	1523	44	1830	1298	89	1447	1469
15	2942	1729	1530	1521	1519	45	1817	1273	1449	1442	1444
16	2835	1239	1544	1546	1558	46	1806	1315	1495	1460	1457
17	2768	1697	128	1537	859	47	1796	1293	1631	1317	1315
18	2708	1685	297	339	1265	48	1785	1272	1433	1317	1323
19	2646	1519	1468	1716	1355	49	1774	1250	1375	1254	1258
20	2579	1321	1099	1184	1150	50	1763	1228	1318	1191	1192
21	2509	1099	1519	1405	1531	51	1752	1200	1347	1298	1306
22	2457	1373	1697	1517	1451	52	1741	1178	1298	1251	1258
23	2414	1468	1729	1591	1432	53	1730	1156	1315	1307	1313
24	2368	1300	1994	1513	1485	54	1719	1134	1272	1269	1273
25	2285	297	1767	1643	1428	55	1708	1112	1228	1231	1232
26	2207	257	1289	1426	1379	56	1696	1074	1178	1141	1147
27	2130	128	2119	1820	1782	57	1685	1051	1134	1099	1104
28	2057	89	2307	2272	2206	58	1674	1029	1074	1018	999
29	2039	1544	3936	4166	4389	59	1662	1006	1029	973	949
30	2020	1449	11030	9164	9323	60	1651	983	983	929	899

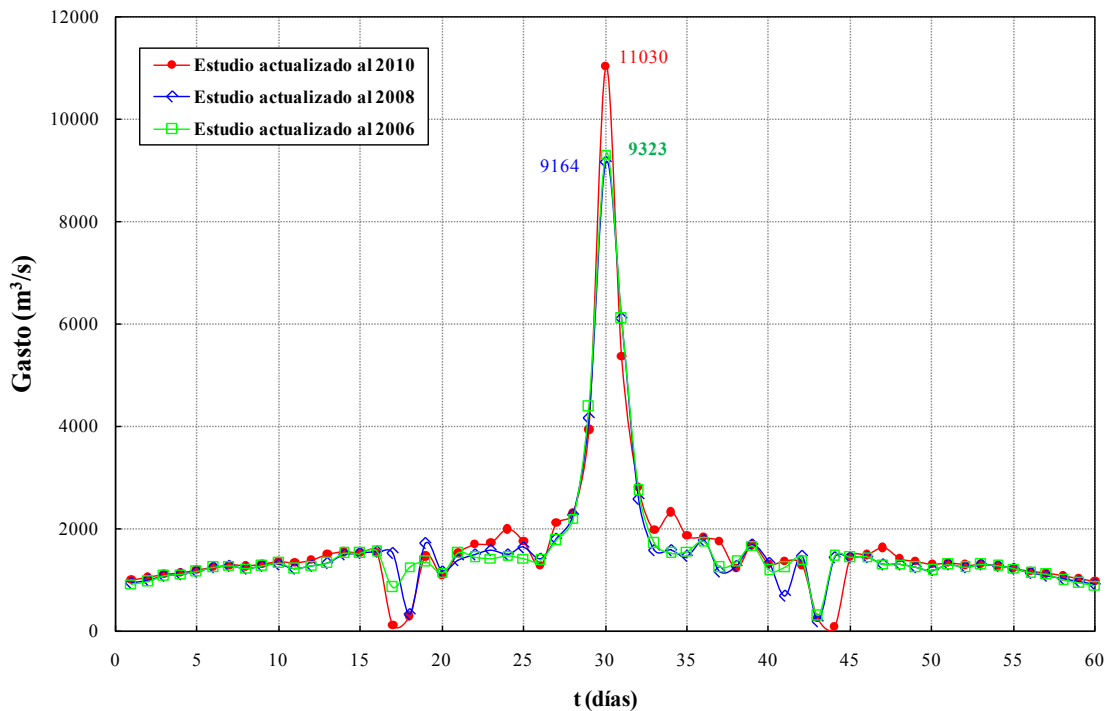


Figura 5.8. Hidrograma de diseño, Tr = 50 años. Presa La Angostura, Chis.

Tabla 5.6. Avenidas de diseño, $Tr = 100$ años. La Angostura, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	13949	13949	1101	1038	1009	31	2203	1690	6611	7668	7654
2	10280	6611	1151	1087	1062	32	2185	1648	3191	2987	3182
3	8412	4677	1217	1181	1188	33	2171	1704	2045	1515	1714
4	7107	3191	1266	1227	1235	34	2159	1761	2483	1544	1455
5	6208	2614	1314	1274	1282	35	2144	1650	1927	1359	1536
6	5514	2045	1375	1373	1378	36	2128	1573	2054	1906	1961
7	5046	2239	1423	1414	1420	37	2112	1541	1812	1052	1166
8	4726	2483	1402	1353	1360	38	2097	1509	1177	1149	1303
9	4320	1077	1456	1402	1412	39	2081	1477	1727	1706	1630
10	4081	1927	1511	1451	1463	40	2065	1445	1195	1228	1025
11	3885	1919	1477	1332	1336	41	2051	1511	1336	225	1169
12	3732	2054	1541	1401	1408	42	2038	1483	1257	1734	1424
13	3618	2254	1650	1470	1460	43	2024	1456	450	667	195
14	3489	1812	1704	1654	1675	44	2011	1429	990	1589	1614
15	3383	1895	1690	1677	1676	45	1997	1402	621	1585	1591
16	3245	1177	455	1703	1719	46	1985	1447	1648	1604	1602
17	3159	1788	830	1691	1460	47	1973	1423	1761	1435	1435
18	3080	1727	227	23	1184	48	1961	1399	1573	1437	1443
19	2990	1378	1483	1801	1338	49	1949	1375	1509	1367	1372
20	2900	1195	939	1030	991	50	1937	1351	1445	1296	1301
21	2807	939	1378	1295	1496	51	1925	1314	1483	1427	1438
22	2740	1336	1788	1594	1453	52	1913	1290	1429	1377	1386
23	2686	1483	1895	1641	1406	53	1901	1266	1447	1435	1442
24	2626	1257	2254	1585	1494	54	1889	1241	1399	1393	1399
25	2530	227	1919	1752	1450	55	1876	1217	1351	1351	1356
26	2450	450	1077	1191	1125	56	1864	1176	1290	1250	1258
27	2390	830	2239	1826	1761	57	1851	1151	1241	1204	1212
28	2340	990	2614	2577	2500	58	1839	1126	1176	1113	1090
29	2275	455	4677	5024	5307	59	1826	1101	1126	1062	1036
30	2220	621	13949	11662	11839	60	1814	1076	1076	1011	982

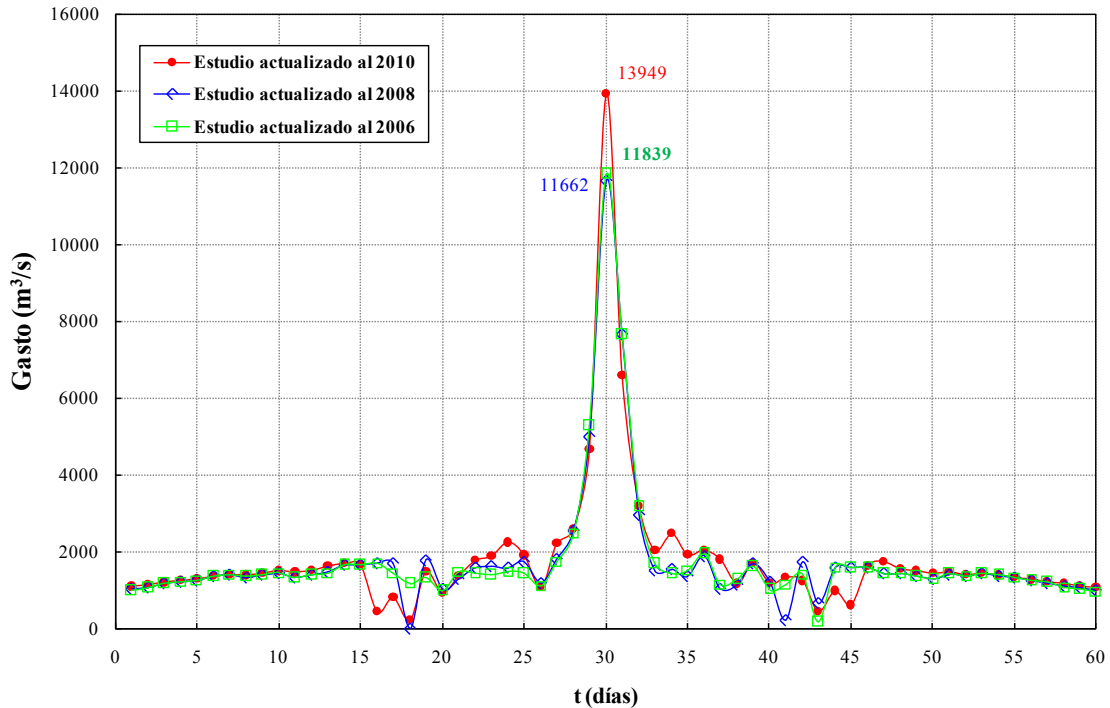


Figura 5.9. Hidrograma de diseño, $Tr = 100$ años. Presa La Angostura, Chis.

Tabla 5.7. Avenidas de diseño, $Tr = 500$ años. La Angostura, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	20504	20504	1321	1239	1204	31	2662	930	9386	11157	11099
2	14945	9386	1382	1299	1267	32	2642	2001	4005	3881	4143
3	12076	6340	1458	1421	1429	33	2624	2066	2203	1358	1666
4	10059	4005	1518	1476	1488	34	2608	2064	2815	1429	1332
5	8710	3313	1578	1531	1547	35	2590	1997	2065	1160	1504
6	7625	2203	1665	1657	1666	36	2571	1895	2578	2228	2447
7	6895	2515	1723	1706	1716	37	2552	1857	1960	861	1028
8	6385	2815	1702	1636	1651	38	2532	1818	1115	954	1242
9	5747	638	1766	1696	1712	39	2513	1780	1831	1703	1493
10	5378	2065	1831	1756	1772	40	2494	1741	952	954	612
11	5099	2310	1780	1584	1592	41	2478	1831	1249	497	962
12	4889	2578	1857	1669	1680	42	2461	1799	1167	2329	1424
13	4733	2857	1997	1757	1746	43	2445	1766	520	600	804
14	4535	1960	2066	1994	2027	44	2429	1734	440	1916	1948
15	4385	2285	930	2038	2040	45	2413	1702	690	1918	1929
16	4181	1115	550	2065	2090	46	2399	1752	2001	1938	1938
17	4054	2026	1400	2047	2093	47	2384	1723	2064	1705	1710
18	3930	1831	759	512	977	48	2370	1694	1895	1712	1723
19	3780	1073	1488	568	1273	49	2355	1665	1818	1627	1636
20	3639	952	565	656	613	50	2341	1636	1741	1542	1548
21	3492	565	1073	1049	1411	51	2326	1578	1799	1726	1742
22	3390	1249	2026	1777	1463	52	2311	1548	1734	1666	1681
23	3308	1488	2285	1765	1380	53	2296	1518	1752	1731	1744
24	3218	1167	2857	1820	1547	54	2281	1488	1694	1682	1691
25	3120	759	2310	2048	1556	55	2266	1458	1636	1633	1638
26	3020	520	638	712	583	56	2251	1412	1548	1504	1516
27	2960	1400	2515	1855	1723	57	2236	1382	1488	1449	1460
28	2870	440	3313	3273	3173	58	2220	1351	1412	1328	1300
29	2790	550	6340	6931	7393	59	2205	1321	1351	1269	1236
30	2720	690	20504	17271	17479	60	2190	1290	1290	1209	1171

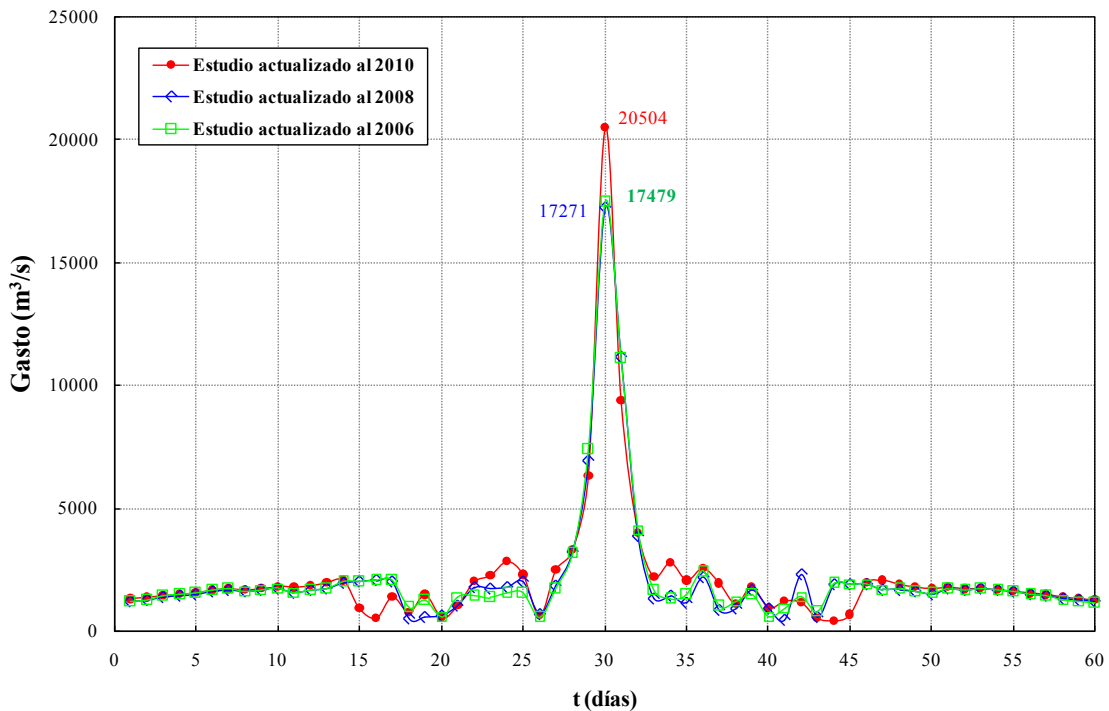


Figura 5.10. Hidrograma de diseño, $Tr = 500$ años. Presa La Angostura, Chis.

Tabla 5.8. Avenidas de diseño, Tr = 1,000 años. La Angostura, Chis.

t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2010 Q (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2010 Q (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)
1	23286	23286	1415	1325	1287	31	2860	1024	10584	12640	12547
2	16935	10584	1481	1390	1356	32	2838	2153	4362	4245	4535
3	13634	7032	1562	1524	1537	33	2819	2221	2266	1272	1697
4	11316	4362	1627	1583	1597	34	2801	2194	2966	1410	1235
5	9775	3611	1691	1642	1657	35	2782	2145	2156	1083	1451
6	8524	2266	1790	1779	1789	36	2761	2034	2806	2399	2684
7	7682	2635	1852	1832	1843	37	2740	1993	2005	764	1017
8	7093	2966	1830	1758	1775	38	2720	1951	1097	906	1200
9	6352	430	1900	1822	1840	39	2699	1910	1833	1683	1447
10	5933	2156	1969	1886	1906	40	2678	1868	812	862	459
11	5614	2428	1910	1693	1702	41	2661	1969	1200	177	864
12	5380	2806	1993	1785	1796	42	2643	1934	1064	2606	1409
13	5208	3141	2145	1881	1870	43	2626	1900	230	1140	1202
14	4979	2005	2221	2139	2179	44	2609	1865	1160	2057	2092
15	4815	2514	1024	2193	2196	45	2592	1830	1210	2060	2075
16	4582	1097	1020	2221	2249	46	2576	1882	2153	2082	2082
17	4437	2111	260	2199	2250	47	2561	1852	2194	1822	1829
18	4292	1833	419	152	858	48	2545	1821	2034	1830	1843
19	4118	985	1530	437	1266	49	2530	1790	1951	1739	1749
20	3953	812	479	484	408	50	2515	1759	1868	1647	1656
21	3788	479	985	966	1392	51	2498	1691	1934	1854	1873
22	3670	1200	2111	1833	1488	52	2482	1659	1865	1790	1808
23	3577	1530	2514	1825	1339	53	2466	1627	1882	1858	1870
24	3472	1064	3141	1923	1558	54	2450	1594	1821	1806	1816
25	3350	419	2428	2182	1633	55	2434	1562	1759	1753	1762
26	3230	230	430	515	409	56	2417	1513	1659	1613	1627
27	3120	260	2635	1826	1716	57	2401	1481	1594	1554	1567
28	3050	1160	3611	3588	3435	58	2384	1448	1513	1422	1391
29	2980	1020	7032	7766	8273	59	2368	1415	1448	1357	1322
30	2921	1210	23286	19654	19896	60	2352	1382	1382	1293	1252

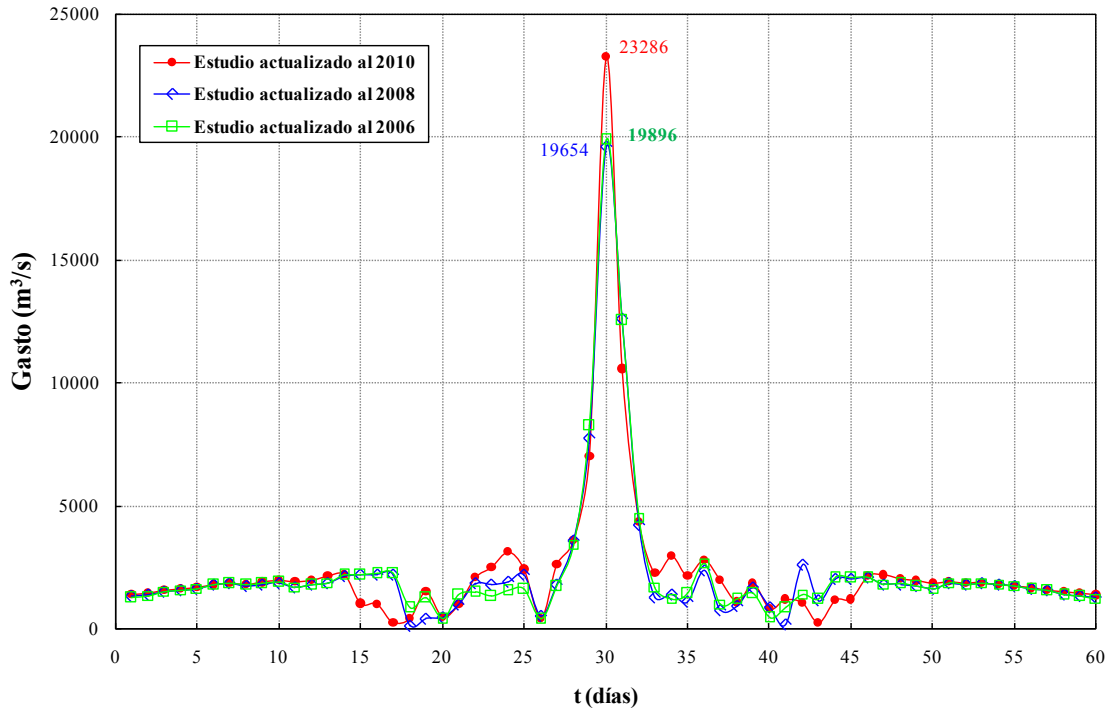


Figura 5.11. Hidrograma de diseño, Tr = 1,000 años. Presa La Angostura, Chis.

Tabla 5.9. Avenidas de diseño, $T_r = 5,000$ años. La Angostura, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	29750	29750	1634	1526	1481	31	3318	2585	13392	16075	15977
2	21571	13392	1711	1600	1561	32	3293	2505	5257	5205	5602
3	17204	8469	1803	1763	1779	33	3271	2582	2372	999	1755
4	14217	5257	1878	1832	1850	34	3249	2495	3357	1359	854
5	12266	4462	1954	1900	1920	35	3227	2491	2233	828	1427
6	10617	2372	2079	2063	2076	36	3203	2357	3429	2790	3229
7	9499	2788	2151	2124	2139	37	3179	2308	2258	718	1152
8	8731	3357	2129	2042	2063	38	3154	2260	1352	1040	1284
9	7770	83	2209	2115	2140	39	3130	2211	1905	1727	1174
10	7216	2233	2289	2188	2216	40	3106	2163	551	527	76
11	6819	2847	2211	1944	1957	41	3086	2289	982	516	518
12	6537	3429	2308	2052	2068	42	3066	2249	895	1318	1496
13	6301	3470	2491	2168	2157	43	3046	2209	622	1172	2098
14	6012	2258	2582	2478	2530	44	3026	2169	45	2383	2425
15	5793	2731	2585	2554	2558	45	3006	2129	378	2391	2413
16	5516	1352	365	2583	2620	46	2988	2186	2505	2416	2416
17	5321	2216	123	2554	2615	47	2971	2151	2495	2092	2104
18	5132	1905	1184	402	472	48	2953	2115	2357	2106	2123
19	4913	970	1714	1190	1166	49	2935	2079	2260	1998	2012
20	4695	551	84	62	180	50	2917	2044	2163	1891	1901
21	4475	84	970	729	1306	51	2898	1954	2249	2152	2177
22	4316	982	2216	1887	1630	52	2879	1916	2169	2079	2102
23	4203	1714	2731	1880	1173	53	2861	1878	2186	2154	2170
24	4065	895	3470	1914	1423	54	2842	1841	2115	2093	2107
25	3950	1184	2847	2610	1727	55	2823	1803	2044	2033	2045
26	3822	622	83	100	64	56	2804	1749	1916	1866	1884
27	3685	123	2788	1732	1866	57	2784	1711	1841	1797	1815
28	3555	45	4462	4353	3927	58	2765	1672	1749	1638	1599
29	3445	365	8469	9619	10148	59	2746	1634	1672	1563	1521
30	3343	378	29750	25169	25505	60	2727	1596	1596	1488	1444

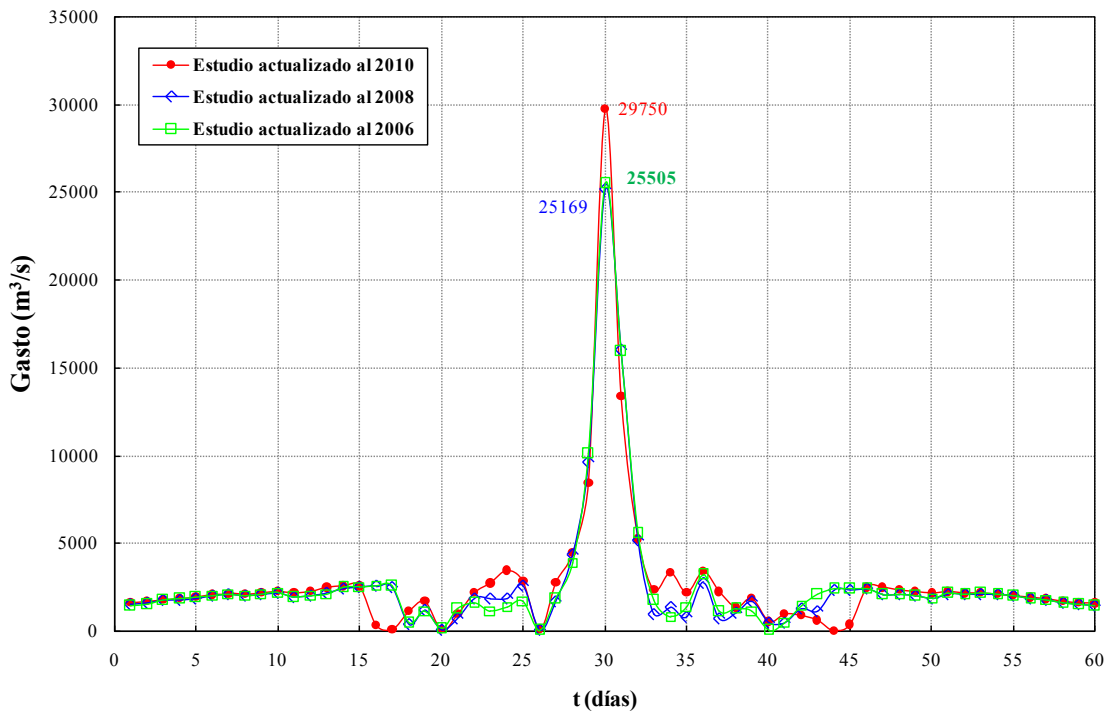


Figura 5.12. Hidrograma de diseño, $T_r = 5,000$ años. Presa La Angostura, Chis.

Tabla 5.10. Avenidas de diseño, $T_r = 10,000$ años. La Angostura, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2010 Q (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	32489	32489	1728	1612	1565	31	3516	2743	14313	17535	17331
2	23401	14313	1810	1691	1649	32	3489	2657	5608	5294	5716
3	18737	9409	1907	889	1887	33	3466	2738	2435	1261	1409
4	15455	5608	1987	1957	1958	34	3441	2625	4023	993	1462
5	13315	4756	2067	2934	2030	35	3418	2640	1571	441	815
6	11502	2435	2204	2186	2200	36	3393	2495	3654	2614	3443
7	10249	2736	2279	2249	2266	37	3367	2444	1752	660	1120
8	9471	4023	2258	2165	2191	38	3342	2393	1334	992	1284
9	8450	281	2342	2242	2268	39	3316	2341	1960	1395	1128
10	7762	1571	2426	17	2346	40	3290	2290	68	757	157
11	7330	3007	2341	2284	2067	41	3269	2426	1164	21	80
12	7024	3654	2444	2386	2184	42	3248	2384	1056	2058	1347
13	6799	4110	2640	2291	2280	43	3227	2342	280	1960	2400
14	6439	1752	2738	2624	2681	44	3206	2300	110	2524	2568
15	6216	3101	2743	2709	2715	45	3185	2258	1032	2534	2558
16	5911	1334	72	2739	2779	46	3166	2317	2657	2559	2560
17	5724	2727	250	2707	2772	47	3147	2279	2625	2209	2222
18	5515	1960	628	21	369	48	3128	2242	2495	6111	2243
19	5248	452	1348	15	969	49	3109	2204	2393	2335	2126
20	4989	68	519	95	150	50	3091	2166	2290	39	2009
21	4776	519	452	979	1617	51	3071	2067	2384	1975	2307
22	4612	1164	2727	1964	1654	52	3050	2027	2300	2203	2229
23	4470	1348	3101	1612	1173	53	3030	1987	2317	2282	2297
24	4328	1056	4110	2671	1455	54	3010	1947	2242	2217	2233
25	4180	628	3007	2743	1784	55	2990	1907	2166	2153	2169
26	4030	280	281	217	120	56	2970	1851	2027	1993	1995
27	3890	250	2736	1745	1526	57	2950	1810	1947	1920	1921
28	3755	110	4756	4643	4542	58	2929	1769	1851	1730	1690
29	3628	72	9409	10711	11544	59	2909	1728	1769	1652	1607
30	3541	1032	32489	27515	27720	60	2888	1688	1688	1573	1525

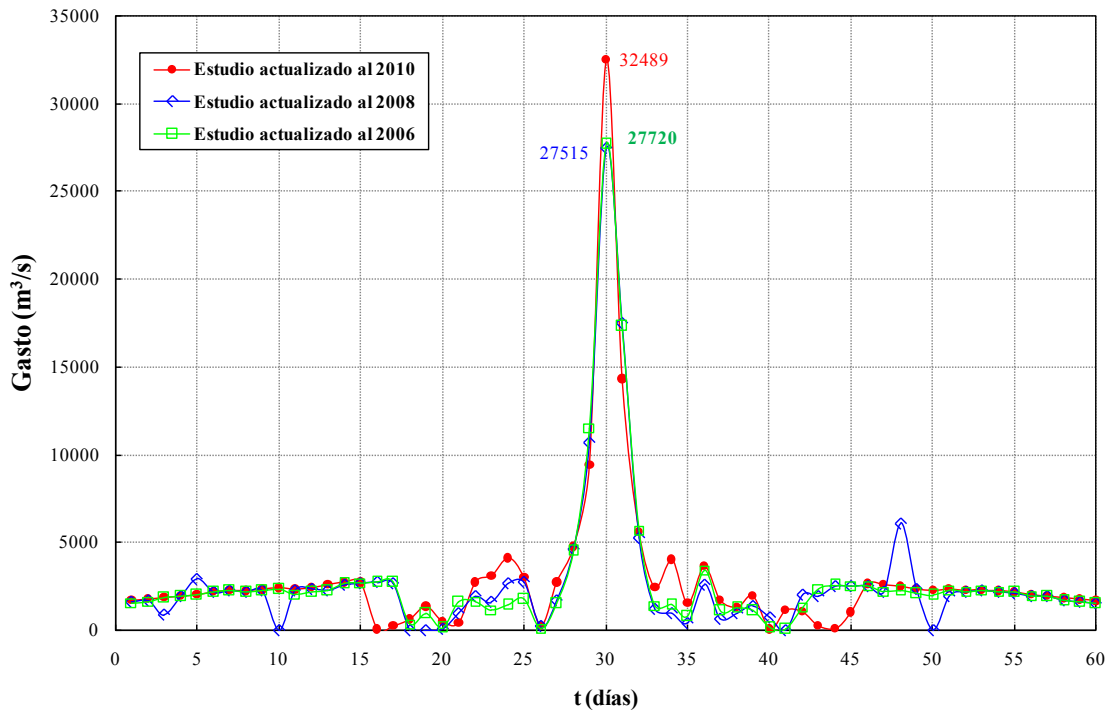


Figura 5.13. Hidrograma de diseño, $T_r = 10,000$ años. Presa La Angostura, Chis.

5.2.5. Cálculo del tránsito de avenidas

Las avenidas que se transitaron en este trabajo corresponden a los estudios realizados en los años 2008 y 2010, analizando los periodos de retorno de 100, 5000 y 10,000 años respectivamente.

Los hidrogramas de diseño con periodos de retorno de 100, 5000 y 10,000 años, se transforman a nivel horario, seleccionando un valor $\Delta t=2$ (h). Se tomó en cuenta como elevación inicial la del NAMO, $E=533$ (msnm). Se utilizó la curva elevaciones-capacidades (tabla. 5.11) proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad y empleada en el estudio realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM en 2006, a la curva se le extrapolaron valores de volumen correspondientes a las elevaciones de 540 a 545 (msnm).

Para ambos estudios (2008 y 2010), se utilizó la curva elevaciones-descargas por la obra de excedencias utilizando la siguiente ley de descarga; **para elevaciones a partir del NAMO en adelante se debe extraer 2500 (m³/s)** (tabla 5.12).

Los cálculos para efectuar el tránsito de la avenida se obtuvieron mediante el programa TRATE.bas, elaborado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

**Tabla 5.11. Curva elevaciones-capacidades.
Presa La Angostura, Chis. (CFE)**

Elevación (msnm)	Volumen (Mm ³)	Elevación (msnm)	Volumen (Mm ³)
500.00	0.00	523.00	7803.44
501.00	253.92	524.00	8273.76
502.00	507.84	525.00	8744.03
503.00	761.76	526.00	9272.67
504.00	1015.68	527.00	9801.31
505.00	1269.60	528.00	10329.95
506.00	1532.52	529.00	10858.59
507.00	1777.44	530.00	11387.23
508.00	2031.36	531.00	11981.36
509.00	2285.28	532.00	12575.50
510.00	2539.20	533.00	13169.63
511.00	2896.20	534.00	13763.77
512.00	3253.20	535.00	14357.90
513.00	3610.20	536.00	15024.34
514.00	3967.20	537.00	15690.79
515.00	4324.20	538.00	16357.23
516.00	4737.86	539.00	17023.68
517.00	5151.52	540.00	17685.88
518.00	5565.18	541.00	18380.41
519.00	5978.84	542.00	19087.37
520.00	6392.50	543.00	19806.75
521.00	6862.81	544.00	20538.54
522.00	7380.16	545.00	21282.76

Mediante un análisis de regresión lineal múltiple se obtuvo una ecuación de segundo grado, por medio de la ecuación cuadrática se extrapolaran los volúmenes requeridos.

$$V = 6.2105104 E^2 - 6019.0266468 E + 1456975.4328815$$

5.2.5.1. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 100$ años

Utilizando los datos del hidrograma de diseño correspondiente al estudio del 2008, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 535.43 (msnm). Tomando en cuenta que la elevación del NAME de la presa La Angostura es de 539.5 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 100 años, la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 14,669 (Mm³).

Si se trabaja con los datos del hidrograma de diseño correspondiente al estudio del 2010, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 535.58 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2010 con periodo de retorno de 100 años, la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 14,767 (Mm³). En la Fig. 5.14 se bosqueja el hidrograma de salida.

5.2.5.2. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 5,000$ años

Utilizando los datos del hidrograma de diseño correspondiente al estudio del 2008, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 539.42 (msnm). Tomando en cuenta que la elevación del NAME de la presa La Angostura es de 539.5 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 5,000 años, la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 17,289 (Mm³).

Se propuso la política de operación, argumentando que para elevaciones a partir del NAMO en adelante se debe extraer 2500 (m³/s) (tabla 5.12). Bajo esta ley de descarga se transitó la avenida utilizando los datos del hidrograma de diseño actualizado al 2010 para $Tr = 10,000$ años. Se obtuvo una elevación máxima de 539.76 (msnm), es decir el NAME de la presa se ve rebasado en 26 (cm), y un volumen total almacenado de 17,519 (Mm³). En la Fig. 5.15 se presenta el hidrograma de salida.

5.2.5.3. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años

Utilizando los datos del hidrograma de diseño correspondiente al estudio del 2008, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 540.09 (msnm). Tomando en cuenta que la elevación del NAME de la presa La Angostura es de 539.5 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 10,000 años, la elevación máxima rebasa al NAME en 59 (cm). El volumen total almacenado fue de 17,746 (Mm³). Por lo tanto, se propuso modificar la ley de descarga con el fin de obtener mejores resultados.

Se propuso la política de operación, argumentando que para elevaciones a partir del NAMO en adelante se debe extraer 2500 (m³/s) (tabla 5.12). Bajo esta ley de descarga se transitó la avenida utilizando los datos del hidrograma de diseño actualizado al 2010 para $Tr = 10,000$ años. Se obtuvo una elevación máxima de 540.53 (msnm), es decir el NAME de la presa se ve rebasado en 1.03 (m), y un volumen de superalmacenamiento de 18,056 (Mm³). En la Fig. 5.16 se presenta el hidrograma de salida. En el estudio del 2006, para éste mismo periodo de retorno, se estimó un volumen de 18,951 (Mm³), el tránsito de la avenida se muestra en la Fig. 5.17.

Tabla 5.12. Política de operación (EvsQs)

Elevación (msnm)	Qs (m ³ /s)	Elevación (msnm)	Qs (m ³ /s)	Elevación (msnm)	Qs (m ³ /s)	Elevación (msnm)	Qs (m ³ /s)	Elevación (msnm)	Qs (m ³ /s)	Elevación (msnm)	Qs (m ³ /s)
500.00	0.00	508.00	0.00	516.00	0.00	524.00	0.00	532.00	0.00	540.00	2500.00
501.00	0.00	509.00	0.00	517.00	0.00	525.00	0.00	533.00	2500.00	541.00	2500.00
502.00	0.00	510.00	0.00	518.00	0.00	526.00	0.00	534.00	2500.00	542.00	2500.00
503.00	0.00	511.00	0.00	519.00	0.00	527.00	0.00	535.00	2500.00	543.00	2500.00
504.00	0.00	512.00	0.00	520.00	0.00	528.00	0.00	536.00	2500.00	544.00	2500.00
505.00	0.00	513.00	0.00	521.00	0.00	529.00	0.00	537.00	2500.00	545.00	2500.00
506.00	0.00	514.00	0.00	522.00	0.00	530.00	0.00	538.00	2500.00		
507.00	0.00	515.00	0.00	523.00	0.00	531.00	0.00	539.00	2500.00		

5.2.6. Resumen de resultados y conclusiones

En la tabla 5.13 se indican los gastos pico y volúmenes de las avenidas de diseño, para los periodos de retorno analizados en los estudios 2006, 2008 y 2010 realizados en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En dicha tabla se indican los porcentajes de incremento en los gastos pico y volúmenes de las avenidas, comparando los estudios del 2010 con los obtenidos en 2006. Los porcentajes se calcularon mediante el cociente de valores multiplicados por cien.

En la tabla 5.14 se indican los tránsitos de avenidas de diseño, para periodos de retorno de 100, 5000 y 10,000 años, correspondientes a los estudios del 2006, 2008 y 2010. Debido al evento ocurrido en el 2010, el gasto pico presento un incremento importante en las avenidas de diseño, por lo tanto, con la política de operación utilizada en los vertedores se estimó lo siguiente: para periodos de retorno $Tr = 5000$ y $10,000$ años, se podría tener riesgo de rebasar el NAME en **26 (cm)** y **1.03 (m)**. La corona de la presa esta a una elevación de 543 (msnm), de modo que la elevación máxima estimada respecto a la misma quedaría un bordo libre de 3.24 (m) para el primer caso y 2.47 (m) para el segundo caso.

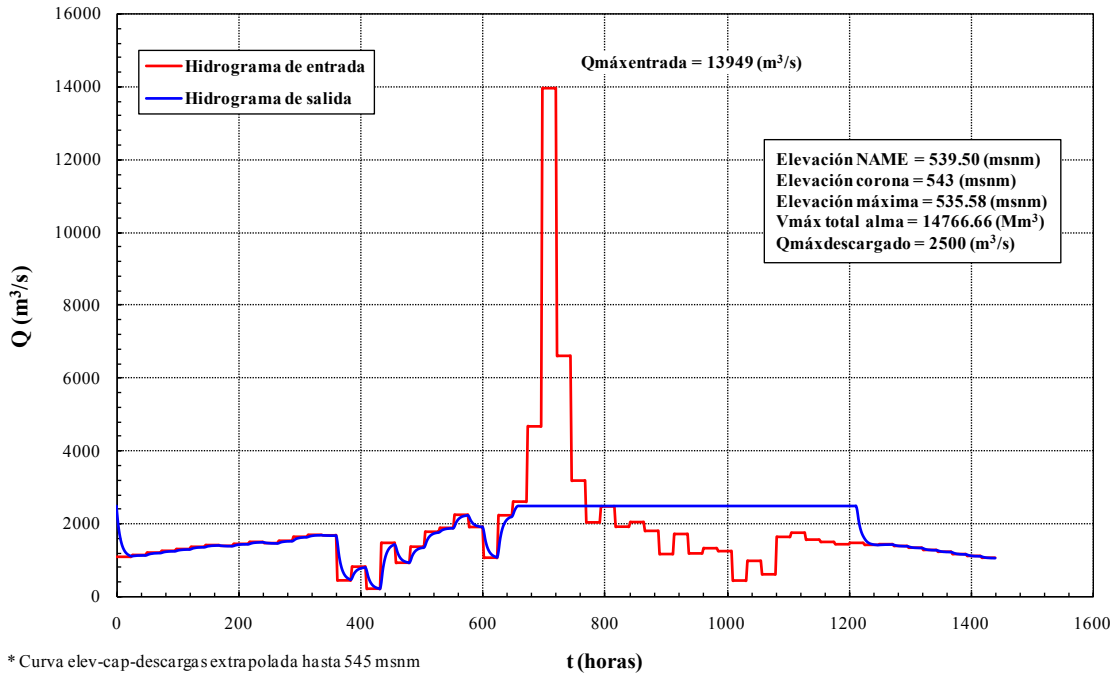


Figura 5.14. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, $Tr = 100$ años. Elevación inicial $E = 533$ (msnm). Estudio 2010.

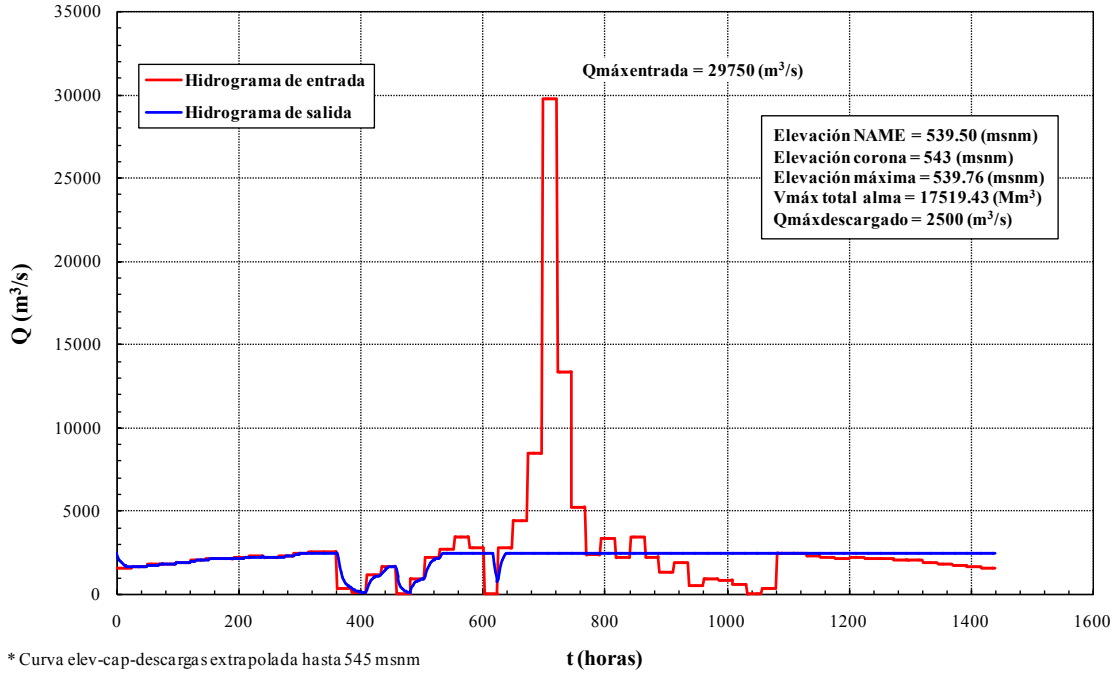


Figura 5.15. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 533$ (msnm). Estudio 2010.

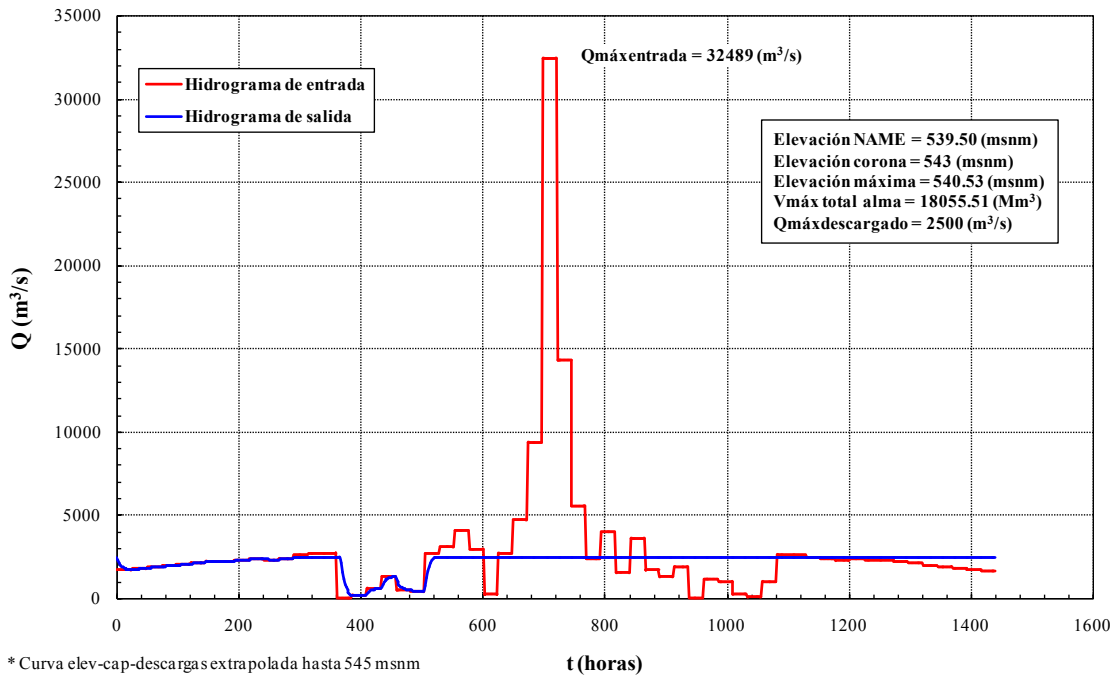


Figura 5.16. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, $Tr = 10,000$ años. Elevación inicial $E = 533$ (msnm). Estudio 2010.

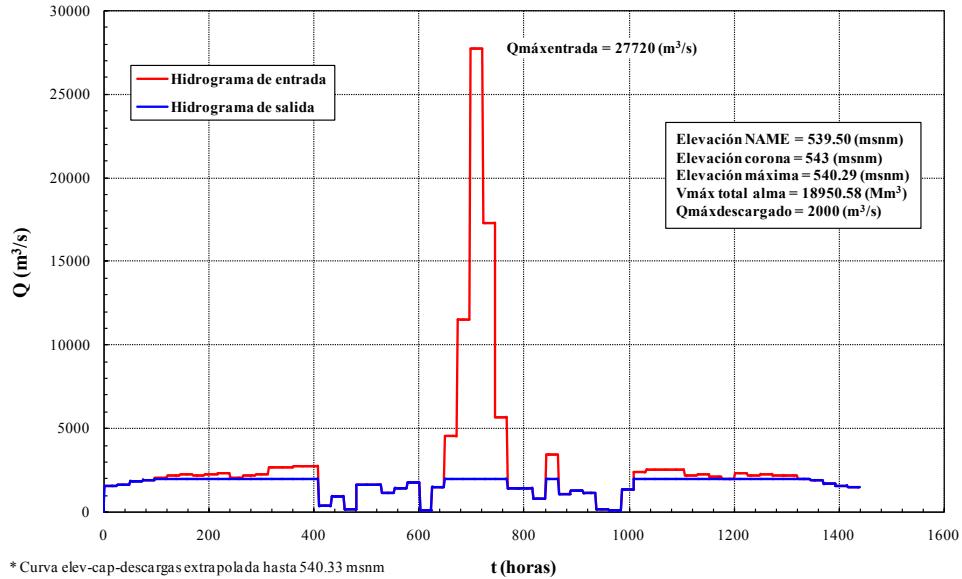


Figura 5.17. Tránsito de la Avenida en la presa La Angostura, Tr = 10,000 años. Elevación inicial E = 533 (msnm). Estudio 2006.

Tabla 5.13. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa La Angostura, Chis.

Tr (años)	Estudio 2006		Estudio 2008		Estudio 2010		2010 vs 2006	
	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)
10	3116	6340	3053	6307	3331	6497	+6.90%	+2.48%
50	9323	8215	9164	8152	11030	8473	+18.31%	+3.14%
100	11839	9008	11662	8932	13949	9309	+17.82%	+3.34%
500	17479	10841	17271	10735	20504	11240	+17.31%	+3.68%
1000	19896	11629	19654	11510	23286	12070	+17.04%	+3.79%
5000	25505	13457	25169	13309	29750	13997	+16.64%	+4.01%
10000	27720	14245	27515	14084	32489	14826	+17.20%	+4.08%

Tabla 5.14. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa La Angostura, Chis.

Elevación inicial (msnm)	Variable	Estudio 2006			Estudio 2008		
		Tr (años)			Tr (años)		
		100	5000	10,000	100	5000	10,000
533	Q _{máx ingreso} (m ³ /s)	11,839	25,505	27,720	11,662	25,169	27,515
533	Q _{máx salida} (m ³ /s)	2000	2000	2000	2500	2500	2500
533	V _{máx total almacenado} (Mm ³)	14,939	18,156	18,951	14,669	17,289	17,746
533	E _{máx} (msnm)	535.87	539.66	540.29	535.43	539.42	540.09

Tabla 5.14. Continuación

Elevación inicial (msnm)	Variable	Estudio 2010		
		Tr (años)		
		100	5000	10,000
533	Q _{máx ingreso} (m ³ /s)	13,949	29,750	32,489
533	Q _{máx salida} (m ³ /s)	2500	2500	2500
533	V _{máx total almacenado} (Mm ³)	14,767	17,519	18,056
533	E _{máx} (msnm)	535.58	539.76	540.53

5.3. Avenidas de diseño para la presa Ing. Manuel Moreno Torres “Chicoasén” (cuenca propia de Chicoasén)

5.3.1. Avenida máxima histórica

La recopilación de registros históricos para la presa Chicoasén se realizó de la siguiente manera: los **gastos medios diarios**, por cuenca propia, fueron recopilados del el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) (CNA 2000) y de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) entre los periodos de 1981 a 1999. Para el periodo comprendido del año 2000 al 2008 se consideraron las aportaciones por cuenca propia en millones de m³ de los reportes de operación horaria, proporcionados por la CFE (funcionamiento de vaso del 2000 al 2008); dichos volúmenes fueron transformados a gastos medios diarios (Domínguez et al., 2006). El registro histórico con periodo de 1981 a 2008 se localiza en la tabla 5.15.

Con forme a la tabla 5.15 se observa que los escurrimientos ocurridos en el año 2005, generaron la mayor avenida presentada en el periodo de registro histórico mencionado. El gasto medio diario máximo fue de **3,727 (m³/s)**, ocurrido el 6 de octubre de 2005. En la Fig. 5.18 se aprecia un lapso del hidrograma correspondiente a la **avenida histórica** del 4 de octubre al 8 de octubre del mismo año.

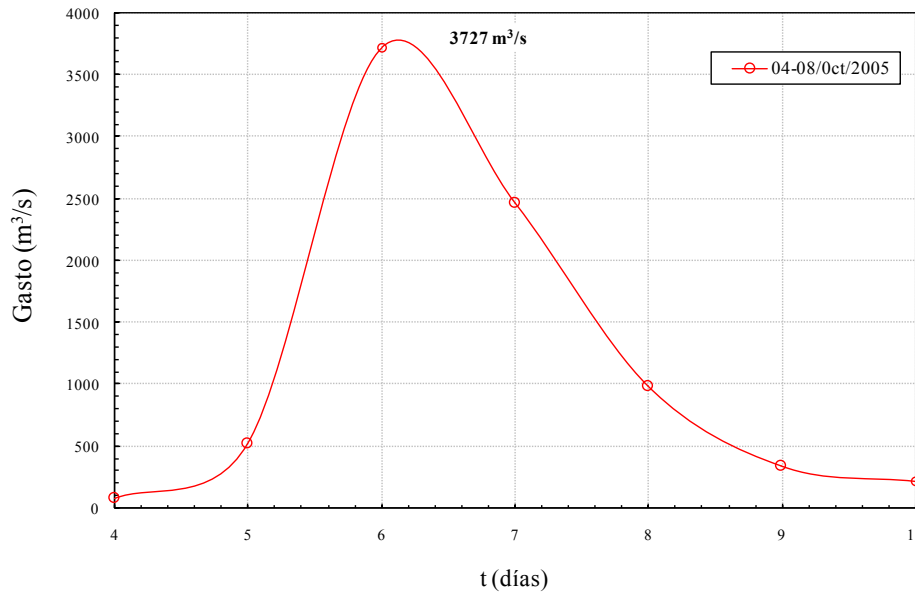


Figura 5.18. Avenida máxima histórica registrada del 4 al 8 de octubre de 2005. Presa Chicoasén, Chis.

5.3.2. Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales

Para obtener los gastos medios máximos anuales, se consideró, para las duraciones de **1 a 10** días, el registro histórico con periodo de 1954 a 1973 y de 1976 a 1999, información que fue proporcionada por CFE; para el periodo comprendido entre el 2000 al 2008 los datos se procesaron con ayuda del programa GAS1.bas; para duraciones de **11 a 15** días se tomaron en cuenta los gastos medios máximos del registro de 1981 al 2008. Estos valores se consignan en la tabla 5.16; de acuerdo a la tabla, se observa que el gasto medio máximo anual ocurrió el 6 octubre del 2005, seguido por el presentado en septiembre 10 de 1998, que fue de 3,089 (m³/s).

Tabla 5.15. Gastos medios diarios por cuenta propia en (m^3/s). Presa Chicoasén, Chis.

CHICOASEN																																
Ingresos Diarios por Cuenta Propia (m^3/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1981	1	131	-166	-84	317	-182	13	67	-7	-3	89	213	-252	-8	-6	-39	9	175	309	-157	-132	135	-23	20	103	106	-199	-13	74	35	44	58
1981	2	168	-185	-45	111	172	-178	37	155	-175	1	-16	109	-31	34	219	-163	-1	7	-6	12	64	119	-120	13	57	140	-141	63			
1981	3	174	-200	41	69	68	-21	140	64	-39	-74	7	58	-16	59	113	-149	-39	119	-29	-53	282	-106	-193	88	50	-88	67	58	156	-218	36
1981	4	-38	41	119	-124	122	-72	-10	-60	67	19	13	154	-126	-37	76	152	135	-30	46	-230	-36	57	-9	-42	56	234	-260	35	31	53	
1981	5	274	-80	-21	-118	-32	28	15	-32	101	153	-211	34	24	5	86	50	113	-73	176	-186	-43	54	91	153	-243	29	178	79	35	-135	206
1981	6	-199	142	131	21	8	166	176	-230	123	10	82	29	51	182	-96	163	208	76	185	147	155	104	88	134	216	132	146	115	199	225	
1981	7	178	106	176	264	160	175	174	159	175	167	132	106	112	304	344	370	282	216	216	336	-72	138	142	209	223	270	229	152	137	163	81
1981	8	134	98	101	-116	-81	131	219	171	94	-78	32	134	179	220	431	269	73	220	358	422	646	573	330	287	309	263	271	375	340	236	162
1981	9	291	168	123	38	294	170	172	181	120	199	248	263	138	-76	318	160	252	576	343	265	183	326	236	390	418	365	153	221	447	344	
1981	10	341	316	469	347	248	161	234	338	306	267	337	87	95	258	238	233	178	344	31	-113	229	352	134	111	189	34	-9	7	146	87	43
1981	11	306	181	-306	122	76	175	87	295	-251	68	21	78	102	101	169	-57	-82	94	128	160	-89	236	-105	116	-7	96	53	54	53	-25	
1981	12	52	23	130	-90	76	240	-212	-83	67	84	108	81	28	-93	51	63	-3	106	72	36	-16	34	60	95	181	-53	-22	-47	42	36	128
1982	1	125	-168	50	69	-16	25	27	10	47	101	-1	8	-19	75	75	3	132	-104	-38	59	59	95	-52	280	-194	9	34	-34	100	176	-2
1982	2	-72	-28	35	17	280	-166	78	-50	-16	74	93	-3	-35	170	-122	52	41	28	142	-116	172	-112	39	1	60	8	46	233			
1982	3	-216	-156	216	29	8	65	203	-225	36	66	17	-7	65	126	-159	-53	9	-5	72	186	71	-186	-10	74	-36	120	47	67	81	-12	-58
1982	4	9	41	51	126	-148	67	59	241	81	-292	267	-199	105	24	21	-28	21	144	-80	16	45	-16	29	22	186	-198	-3	31	94	-15	
1982	5	190	15	-128	245	-243	65	-19	41	153	-138	-59	28	54	30	35	58	-47	101	-46	45	110	53	133	-148	69	81	31	201	-42	161	-93
1982	6	145	60	-31	38	116	175	-138	-28	90	35	44	116	265	-181	356	-80	155	262	146	237	-190	134	105	54	203	216	378	-2	169	178	
1982	7	116	96	118	265	-137	6	127	51	80	137	240	-218	-51	65	73	106	299	286	-184	149	118	69	69	264	291	-31	50	127	94	66	270
1982	8	212	-50	106	105	66	91	138	235	-179	109	28	69	46	234	153	-196	54	117	66	-43	435	127	-86	-8	79	36	102	141	71	-148	80
1982	9	153	5	75	132	223	-122	37	76	135	97	73	332	52	-221	211	306	-212	119	110	-88	231	487	380	459	462	299	-108	156	47	154	
1982	10	207	238	512	601	375	365	351	432	488	147	31	233	79	84	213	203	288	51	-46	115	28	120	160	248	-174	183	61	-38	146	197	149
1982	11	15	103	-133	110	277	-191	258	-140	-75	186	-188	231	58	215	-150	93	60	-8	8	361	5	-270	38	78	84	-6	230	137	-176	-12	
1982	12	271	-116	-20	186	213	-109	-103	-39	52	31	211	152	-128	-59	100	38	27	253	56	16	-171	-8	119	186	35	-27	-101	41	-6	86	135
1983	1	31	22	-138	3	-69	67	-8	72	157	-126	-21	72	-9	126	36	144	-133	-23	37	-6	289	-213	267	-161	-82	2	47	120	-72	204	-141
1983	2	32	-9	15	74	316	-15	-278	34	17	13	27	50	262	-208	22	-19	10	28	60	259	-189	-72	-169	249	51	118	273	-241			
1983	3	-1	76	-12	197	-13	50	-169	82	-23	34	50	234	87	-244	292	-28	-52	27	198	146	-7	-153	-2	-8	-32	177	16	-61	-68	46	280
1983	4	46	-30	-63	-134	21	91	-71	13	2	131	-184	39	43	1	65	-29	332	-331	52	103	-7	-73	275	25	-119	-64	15	64	30	73	
1983	5	94	-249	184	90	-112	100	124	5	-112	123	-208	38	59	95	-31	-68	-24	-17	35	-42	122	110	-200	-56	147	22	28	140	154	-103	-162
1983	6	81	117	-69	216	110	-256	43	84	-27	167	56	123	-184	126	45	157	-16	160	125	-227	80	60	24	53	86	231	-235	-37	104	112	
1983	7	23	240	83	-130	-13	132	128	78	-52	102	-23	14	120	112	103	176	155	138	56	118	119	88	98	82	294	-138	9	83	53	181	82
1983	8	-186	9	20	35	137	303	135	39	-6	31	345	325	242	175	192	108	105	-140	135	249	80	-100	175	-102	67	146	192	135	-102	-43	238
1983	9	469	380	468	502	191	287	638	561	457	328	294	183	243	284	299	220	367	799	453	318	311	227	207	171	153	84	104	152	60	52	
1983	10	41	219	-198	75	82	60	125	53	153	-52	32	94	131	-21	115	243	-267	109	31	94	231	-35	350	-197	124	31	72	78	177	46	-44
1983	11	56	105	-147	50	98	194	-170	17	17	96	76	73	104	-131	57	-20	109	47	83	189	-168	-56	44	30	100	225	90	-240	44	166	
1983	12	-124	109	118	122	-219	8	196	14	-155	280	90	31	-215	46	66	24	373	-178	-142	-60	145	6	1	289	-15	-8	-83	46	56	58	52
1984	1	35	-101	-30	9	-27	17	230	39	-200	13	95	53	91	57	-244	139	-16	-49	111	46	-31	185	-104	-41	72	44	-96	189	142	-278	24
1984	2	20	87	-44	109	97	-109	37	-35	88	-9	58	133	-170	-9	63	-50	127	41	75	-186	31	24	-54	63	120	57	-157	12	60		
1984	3	21	-6	12	188	-155	-31	39	-2	23	221	39	-140	-113	103	-8	310	-251	191	-200	-50	277	-130	-54	130	80	-196	5	-37	93	-116	150
1984	4	105	-243	-32	49	120	-65	66	179	-237	94	-34	57	-20	206	-12	13	-39	94	45	12	73	-91	-84	-5	-45	43	-15	241	-118	-28	
1984	5	134	-149	-51	1	209	22	-241	79	1	163	-133	47	179	-28	68	-36	10	-31	153	78	-103	76	67	2	66	118	52	-52	148	113	45
1984	6	96	45	78	-56	78	112	68	17	128	90	94	140	137	198	164	285	178	324	159	89	57	236	-84	98	94	105	96	127	97	-14	
1984	7	149	58	-15	-75	104	119	201	175	233	228	205	216	178	184	135	101	81	91	127	115	103	98	-1	75	127	109	174	116	97	102	3
1984	8	275	520	553	598	368	198	233	93	214	134	117	104	52	137	130	170	115	100	122	63	118	125	0	216	176	98	39	82	163	73	9
1984	9	462	493	534	284	265	321	273	286	168	222	513	273	458	538	377	292	323	274	582	428	272	546	16	128	109	345	200	235	218	117	
1984	10	170	-28	100	46	188	172	190	-139	90	89	135	97	6	281	-130	46	65	37	67	126	134	-91	58	145	-24	51	123	146	-160	41	50
1984	11	74	355	-53	0	-186	63	12	28	5	65	170	-86	-53	44	15	39	72	189	-203	148	44	-148	22	23	68	-82	35	105	86	-6	
1984	12	104	219	-302	16	-32	49	140	101	110	-155	29	304	-267	-34	168	63	-186	50	-1	-38	81	160	54								

Tabla 5.15. Continuación

CHICOASÉN																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1985	1	-65	-66	-3	115	-60	153	-93	-15	5	-102	43	13	208	-214	7	47	-24	14	122	102	-183	-8	20	71	-22	89	51	-206	45	29	56
1985	2	29	-47	138	-140	280	-325	36	39	47	29	-153	52	-6	28	54	-86	111	-125	23	-21	-41	-49	179	221	-336	88	35	-64			
1985	3	-14	124	161	-317	75	0	-54	24	56	64	-140	16	57	-21	-25	82	-42	0	-50	-37	299	-234	-75	252	-226	36	14	-68	38	52	162
1985	4	-251	130	-25	182	-64	-109	192	-281	-56	127	-41	64	98	131	-322	-21	65	-37	19	157	-22	-154	-31	60	28	-43	52	102	-328	168	
1985	5	381	-355	-41	103	108	-206	79	-32	50	185	-154	68	-183	51	102	-41	-23	66	125	-118	20	88	-20	75	157	-64	-179	71	-46	50	22
1985	6	105	76	-225	128	43	174	2	51	181	-368	222	189	60	61	103	185	-60	282	171	6	23	137	113	-94	130	106	115	310	167	38	
1985	7	-193	110	59	5	2	328	146	-211	105	93	-50	163	248	221	76	-25	89	144	21	392	20	-110	104	105	231	190	131	78	-60	308	347
1985	8	223	207	203	148	-43	296	122	-39	230	153	101	-267	157	106	208	191	206	196	34	-24	-36	49	345	641	527	209	215	208	169	185	134
1985	9	166	175	170	-163	198	58	154	242	-251	41	74	94	167	120	223	174	-37	-8	220	123	168	256	-146	214	178	134	106	294	185	44	
1985	10	82	81	167	54	58	231	-116	82	50	56	78	223	142	-141	34	243	-157	44	135	177	-145	47	49	36	51	53	199	-155	17	-86	139
1985	11	287	184	89	-152	-15	49	30	44	59	145	-56	23	49	45	57	159	112	-178	7	266	-160	16	53	206	-169	35	47	27	35	105	
1985	12	301	-56	-185	-13	66	41	57	167	-204	15	-22	352	-280	138	211	-260	28	127	50	-46	111	104	-65	61	175	-102	23	19	145	-112	166
1986	1	111	-271	106	147	125	-148	-9	30	-63	39	47	138	-155	44	63	-28	71	96	106	-234	57	57	-24	87	175	54	-21	-50	74	98	38
1986	2	-2	90	-139	-23	289	-278	65	87	146	-221	43	31	27	-65	135	163	-311	56	117	-28	112	54	84	-249	47	1	76	101			
1986	3	3	65	-176	50	31	42	10	23	96	-146	53	19	-50	14	108	199	-296	130	122	-54	191	73	-111	-39	-56	153	23	-73	63	163	-203
1986	4	-23	-25	83	20	109	-13	-141	0	91	96	-71	47	443	-564	-9	116	-9	35	-101	385	-334	61	38	96	-30	118	145	-319	42	106	
1986	5	228	-207	83	37	-52	-64	135	13	42	193	-31	-175	112	-3	-61	57	240	-2	-208	61	8	49	39	-5	52	0	144	-122	161	191	517
1986	6	159	-82	-8	0	-46	127	-22	287	-84	57	20	249	-65	241	122	-141	112	84	-132	46	294	66	-46	22	71	118	-13	278	144	125	
1986	7	93	206	133	71	110	162	314	198	171	157	168	177	150	150	116	106	79	35	91	-97	-74	213	146	-88	47	226	-46	156	-238	83	112
1986	8	-60	311	141	-204	133	61	27	39	284	98	-185	20	131	81	194	119	154	270	-234	98	28	80	155	259	9	199	63	-8	127	235	182
1986	9	-10	-57	58	220	338	249	150	-41	154	37	96	73	226	108	37	95	131	-161	73	139	161	-51	-35	37	152	66	50	171	-56	137	
1986	10	54	75	266	209	255	24	27	76	128	59	139	147	5	106	-117	97	37	186	60	-139	50	20	102	59	139	200	-259	65	19	74	-36
1986	11	241	17	-188	-17	44	47	97	144	130	-257	53	87	24	-24	60	230	-226	35	135	155	-163	63	149	-252	-10	38	88	14	104	58	
1986	12	-175	-21	58	46	-46	260	37	-128	-116	19	30	273	-64	5	73	-277	56	-21	34	204	7	-142	144	24	89	199	-436	192	-109	31	68
1987	1	101	-149	65	23	-115	-22	-80	71	14	97	67	-122	-51	-23	9	44	329	-135	-238	-10	59	-12	-31	146	168	-231	-13	45	52	22	122
1987	2	-69	-184	-16	97	214	-175	108	66	-196	-90	56	50	22	51	95	-155	56	10	3	35	119	47	-308	-34	103	-19	2	125			
1987	3	-10	-170	-1	46	20	5	-15	156	-155	-132	118	-7	37	42	105	-211	22	10	35	-69	263	-32	-287	41	-159	244	-78	119	128	-194	-95
1987	4	13	36	-1	47	169	-314	39	14	6	10	52	31	10	68	-75	60	84	-69	-15	-204	-58	199	-54	-27	9	103	-98	-72	102	-117	
1987	5	257	-42	-25	-244	73	-47	63	-71	170	126	-334	65	-38	17	45	13	-36	63	-28	-90	86	-13	-13	52	-118	-2	-19	21	212	-162	282
1987	6	-208	-137	66	152	1	102	51	-138	9	119	97	20	176	24	-229	0	22	127	105	150	75	-157	95	64	146	20	100	-67	-74	27	
1987	7	82	135	56	411	135	139	67	71	59	53	65	65	1	109	91	45	42	59	60	-5	-5	20	20	58	78	97	100	97	91	90	80
1987	8	79	88	91	54	-19	-5	100	8	63	140	57	-185	196	112	80	71	27	43	46	-2	8	127	72	-1	-60	24	22	-5	126	130	-52
1987	9	58	-87	35	59	35	124	-131	196	384	201	545	237	79	162	230	119	-37	-14	56	110	-58	317	176	119	81	140	167	82	131	86	
1987	10	249	130	120	112	-58	16	-44	61	25	356	49	-9	-45	-38	3	88	68	138	-215	19	82	6	56	93	159	-322	25	81	-10	-69	255
1987	11	163	-31	-159	-14	137	-19	145	140	-255	-9	98	12	65	211	59	-251	22	16	112	282	212	-287	-284	-28	-13	149	6	216	21	-176	
1987	12	108	101	83	-49	-137	123	-155	34	30	-19	-190	410	-25	-247	-12	29	27	7	72	145	-140	126	100	101	19	-63	-51	-94	97	-111	146
1988	1	174	-172	39	-142	-2	-16	66	-45	91	109	-241	-8	159	-46	-32	102	257	-219	-43	80	-88	74	46	154	-211	-60	73	23	-54	131	203
1988	2	-258	-13	39	0	185	-148	188	-149	-93	58	36	21	35	144	-194	17	32	10	122	118	58	-250	-12	-41	25	-29	27	219	-221		
1988	3	43	-1	25	5	122	110	-168	-28	-15	8	17	54	117	-236	75	-57	58	-71	24	248	-47	-250	20	39	53	90	106	-157	10	-46	231
1988	4	63	-32	13	-229	-69	66	29	52	138	109	-229	10	-58	44	-43	176	66	-235	-1	86	1	-83	175	116	-300	-20	8	87	8	13	
1988	5	206	-255	3	-49	124	-32	123	37	-150	191	-200	73	7	90	133	-230	44	-54	-57	100	123	71	-209	9	-16	96	105	108	9	-117	-127
1988	6	108	49	29	25	74	-292	-25	100	172	169	197	98	-119	-56	-119	31	237	218	223	116	82	78	72	-6	103	182	43	108	281	253	
1988	7	212	127	103	167	190	164	215	203	116	91	39	-37	189	277	262	125	150	90	169	169	152	116	80	84	71	-21	76	21	54	168	122
1988	8	-12	57	73	63	-8	164	160	-72	325	97	216	259	332	413	238	302	179	230	328	253	257	135	153	119	79	142	137	323	140	194	223
1988	9	271	436	444	653	751	410	394	367	258	220	184	128	176	142	127	137	118	111	54	23	37	94	80	351	141	-15	-14	54	183	374	
1988	10	425	245	230	153	237	220	118	98	251	123	-175	89	117	87	79	237	-45	-29	122	-23	109	82	259	-36	-179	-28	68	182	295	264	-235
1988	11	-6	142	-84	19	157	223	-192	-32	61	68	384	-52	106	-190	-10	123	-16	27	216	108	-124	-73	44	65	14	113	105	-215	-14	105	
1988	12	288	-161	81	193	-193	80	31	-63	-15	231	3	25	-131	-45	74	56	147	30	-88	38	-15	21	117	6	46	-28	-16	-63	58	24	94

Tabla 5.15. Continuación

CHICOASÉN																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1989	1	154	-249	15	-17	118	0	140	-5	-178	9	1	21	39	132	81	-230	21	32	-22	87	155	54	-213	-20	35	94	12	29	91	-169	68
1989	2	-31	36	82	38	88	-219	39	65	29	-24	150	45	-133	-5	20	-6	75	117	47	-203	9	15	-29	109	89	36	-174	-51			
1989	3	101	9	32	49	105	-216	-10	-66	17	78	256	373	-758	17	7	49	13	227	-110	-64	131	-82	82	102	-74	-14	-162	9	31	0	24
1989	4	23	156	-220	-13	53	148	-51	-60	106	-167	81	-46	49	-81	35	181	-207	-9	-3	16	34	56	213	-314	-1	-21	24	9	193	-17	
1989	5	67	-278	9	-5	44	46	204	-171	-30	9	45	-47	49	154	-256	226	-153	-61	80	205	-32	-192	-9	1	98	22	133	112	-160	-75	16
1989	6	52	164	139	30	-278	36	19	60	59	112	139	-259	166	274	-278	52	162	208	-181	-104	46	135	146	91	113	-197	134	-34	76	24	
1989	7	56	160	-146	31	152	-9	134	-6	185	-194	67	139	50	199	-58	185	-183	-6	-30	3	141	133	171	138	-286	110	76	27	79	-5	-41
1989	8	-32	117	240	80	144	-65	-24	149	103	66	56	204	35	-286	266	-8	227	270	133	179	-172	73	96	174	41	322	164	122	341	450	304
1989	9	249	200	104	89	308	145	203	104	184	215	126	141	141	262	133	243	132	133	204	328	1322	1735	900	529	491	361	324	248	244	227	
1989	10	159	235	160	89	287	249	392	199	110	192	208	204	139	206	213	-78	156	297	108	-79	250	223	59	88	-21	126	7	235	79	13	-47
1989	11	50	260	-156	84	226	-191	75	7	50	84	331	61	-160	16	57	105	27	190	76	97	-126	17	53	51	74	106	-45	41	46	63	
1989	12	54	59	45	-130	81	14	106	119	170	-9	-100	199	-126	-2	74	150	76	-204	138	-34	61	94	-43	137	101	-126	74	59	53	79	39
1990	1	66	-105	-35	102	-36	132	72	-132	19	28	-5	34	72	86	-97	19	-73	146	-22	106	205	-269	-1	75	35	69	128	51	-157	-56	90
1990	2	81	-1	64	131	-1	-167	45	20	57	117	123	-128	-6	-3	-37	-24	167	91	-206	56	96	16	-41	31	119	-14	-105	-14			
1990	3	139	34	84	-17	-19	3	-52	36	12	153	20	-273	83	19	15	14	184	49	-265	109	-49	-14	-74	208	163	-281	-25	34	59	-111	176
1990	4	1	-122	41	45	35	-32	6	178	-93	-74	177	7	56	-111	64	-140	19	67	7	-23	172	106	-253	23	82	155	-164	87	123	-146	
1990	5	236	-247	71	83	91	66	-73	-3	16	88	-132	79	199	-242	5	51	61	-12	72	171	-315	53	119	175	-128	75	42	-185	34	211	6
1990	6	-29	132	125	-175	28	95	45	-1	244	84	-213	117	-28	178	91	68	15	-87	39	-81	229	324	240	67	-154	182	-79	91	193	127	
1990	7	126	15	87	304	178	133	88	30	118	-35	259	140	108	-111	389	-108	140	103	67	109	284	267	-65	127	10	130	167	64	227	-97	96
1990	8	67	112	133	161	170	12	-76	57	233	-21	206	161	-64	51	120	25	47	178	82	-142	68	68	42	-15	212	123	-169	100	189	122	101
1990	9	164	104	112	106	94	108	144	150	196	115	93	-38	264	78	146	118	-59	292	56	95	95	222	81	28	76	17	204	132	115	84	
1990	10	37	119	116	37	144	97	65	27	-52	34	-8	88	94	142	-76	-8	113	112	-21	66	74	31	36	-25	-68	43	102	190	-131	72	51
1990	11	105	23	30	25	-67	-84	90	41	80	153	-43	10	29	-21	93	-27	142	96	-63	149	-65	-118	29	172	96	-45	-17	14	-34	-35	
1990	12	211	94	-91	98	71	90	-83	153	44	-138	0	225	-65	-200	225	104	-201	-30	130	43	89	-10	118	87	96	-199	-15	103	56	35	130
1991	1	50	-152	-30	7	174	104	-159	-45	44	71	-5	131	17	-97	110	46	-35	41	21	162	-205	46	47	-106	57	125	111	-137	25	-9	109
1991	2	-81	90	147	-148	128	-144	-27	130	150	39	-5	97	3	-111	12	98	35	-164	24	32	9	-42	105	90	-163	78	-66	58			
1991	3	-76	112	170	-229	-10	16	-6	45	153	31	-208	115	-50	30	13	110	25	-185	73	20	188	-205	147	67	-24	-31	-45	159	88	-20	-32
1991	4	-135	80	6	-47	16	150	79	-288	19	-41	87	-83	249	-12	-234	116	51	43	-58	164	60	-164	22	28	-51	29	113	113	-160	-6	
1991	5	126	-152	-8	46	145	-63	-60	51	-34	208	90	73	-233	1	61	-96	57	178	105	-181	86	-72	-39	91	118	124	-263	-12	57	9	112
1991	6	20	97	-175	49	53	-38	74	106	76	-83	30	-10	119	-46	358	-148	-97	-54	-14	110	138	168	164	-25	490	181	149	140	221	120	
1991	7	176	233	73	35	-9	303	150	-112	88	260	64	-19	164	108	8	88	15	46	-7	108	83	8	16	-5	113	56	61	44	-7	28	83
1991	8	-119	112	-25	178	-177	93	105	86	74	41	113	-130	-57	98	51	20	170	44	63	71	-47	44	-14	164	64	37	57	41	-94	45	137
1991	9	23	8	6	66	191	144	91	73	38	31	54	71	37	42	89	68	28	45	30	25	113	57	49	67	29	83	96	134	66	-6	
1991	10	-84	83	-25	236	186	138	67	170	376	189	148	97	144	-90	111	156	57	67	68	22	-152	87	39	37	103	211	68	-216	59	122	101
1991	11	144	81	-124	6	-28	25	63	0	105	25	-94	14	27	31	35	50	72	-131	5	302	-177	-19	111	149	-87	-59	162	90	113	36	
1991	12	24	-200	49	2	47	106	47	146	-142	-102	152	171	-28	51	127	-156	-28	-14	15	123	185	21	-7	112	1	-5	30	19	7	3	86
1992	1	56	-102	82	9	66	-5	22	1	-32	103	42	-2	-66	-113	58	64	-32	191	20	-71	-6	83	-7	-46	96	7	42	-12	16	110	41
1992	2	50	25	-12	10	45	16	-83	139	20	-113	90	91	-39	321	-300	98	-174	-2	16	73	252	-199	134	-126	44	5	-25	43	102		
1992	3	84	-223	-7	-79	117	43	112	101	-113	-56	47	67	-9	125	43	-172	0	-5	3	49	243	-64	-95	-31	-64	19	146	10	95	-188	146
1992	4	-98	116	51	78	58	-144	-30	78	-49	64	81	122	-131	9	20	135	71	7	28	-134	-78	-93	46	-2	194	110	-244	-7	-1	52	
1992	5	267	-117	123	-231	80	8	-41	56	52	14	-109	-34	-27	97	79	57	-59	-101	36	3	-23	16	90	-124	115	-96	78	112	10	117	-19
1992	6	45	-2	24	21	-108	188	218	-117	-175	56	10	9	172	162	-227	43	303	512	117	297	112	-164	109	171	82	102	362	145	120	6	
1992	7	196	156	264	317	155	-110	90	27	123	148	51	117	2	422	432	226	175	106	196	45	-34	-63	313	9	174	176	130	124	53	146	59
1992	8	123	118	-88	38	34	303	-89	42	130	88	192	104	73	273	277	226	161	115	2	188	147	194	126	52	67	59	105	138	103	122	54
1992	9	-19	10	31	-45	229	230	-159	46	68	133	152	235	188	223	302	275	314	56	157	189	54	219	326	229	128	252	152	104	227	257	
1992	10	226	159	182	176	36	124	258	245	23	309	213	51	78	95	54	194	122	59	-161	112	88	24	86	235	133	38	73	22	44	-80	236
1992	11	36	108	-130	223	8	-43	130	159	69	-51	5	97	95	27	74	58	28	6	93	49	38	66	-73	-32	203	-76	35	83	53	-46	
1992	12	12	-20	105	57	96	41	-159	-31	132	43	135	135	-42	-125	65	-13	86	12	123	86	-132	-29	175	130	23	-66	135	42	-75	2	79

Tabla 5.15. Continuación

CHICOASÉN																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1993	1	87	-145	120	-93	-51	46	137	-49	65	142	-218	53	-72	19	66	101	169	-164	-6	98	-76	34	132	76	-360	235	156	-2	39	25	135	
1993	2	-273	50	-25	119	135	16	-68	-8	-52	89	32	-15	80	118	-145	-39	50	28	-45	153	127	-234	49	14	32	21	100	132				
1993	3	-218	32	98	-75	57	119	2	-133	14	-49	47	197	-69	32	-15	-53	-13	91	-35	60	167	-216	2	31	148	-127	84	168	-9	-93	-30	
1993	4	15	112	-10	59	-74	-69	54	240	32	7	-75	-205	60	21	81	125	7	45	-22	-166	86	-67	79	212	-39	-117	81	-28	-59	47		
1993	5	242	-10	-201	25	-24	46	-37	103	69	-22	-31	-16	-3	31	104	66	-152	-9	2	35	-5	118	101	-184	104	53	-106	24	211	71	-308	
1993	6	71	16	16	8	109	35	-110	34	189	171	36	21	25	52	7	24	41	32	12	51	1	-109	73	39	189	102	197	229	127	120		
1993	7	284	178	176	139	150	197	60	214	226	205	141	138	24	132	66	-17	148	75	-17	37	-51	63	134	98	49	-61	-8	-168	166	52	177	
1993	8	43	-69	68	-42	69	-65	205	120	10	46	-1	30	-142	362	124	171	418	303	279	226	720	419	204	1	281	288	185	188	248	197	128	
1993	9	110	167	251	287	213	66	-39	146	57	236	509	225	-149	37	265	-326	-112	21	234	51	280	281	212	84	156	259	41	150	109	112		
1993	10	90	119	145	25	78	-106	81	110	89	201	-102	74	60	301	145	-1	189	188	-53	178	120	56	79	238	-96	-72	119	61	0	192	287	
1993	11	-35	23	-126	106	47	264	36	-124	12	79	68	78	78	123	-6	-123	156	229	-49	146	-51	-13	76	-2	-24	49	251	149	-253	31		
1993	12	82	21	16	57	126	-154	73	12	30	87	144	103	-140	-42	50	20	80	53	105	-128	75	44	112	153	21	-60	-93	-9	156	84	17	
1994	1	71	91	9	-2	25	20	54	27	8	-87	122	-84	100	-21	102	68	-140	87	-102	20	116	153	-2	-71	-20	-21	-6	98	-3	123	-162	
1994	2	27	-24	35	39	172	23	-234	59	6	104	-72	179	-8	-97	42	3	16	14	29	176	-185	60	7	31	17	43	177	-227				
1994	3	-25	67	-29	267	-235	66	-50	20	16	7	12	12	137	-106	-9	2	-43	15	215	7	9	-100	-39	310	-245	111	17	-28	-7	134	39	
1994	4	183	-119	-37	29	-67	154	3	-68	147	68	-248	47	35	-8	87	139	105	-175	22	-80	66	71	76	80	-214	80	-31	59	64	103		
1994	5	27	-182	8	-8	69	-16	32	184	-190	42	-42	41	83	57	185	-73	-74	22	28	60	-84	259	-227	-31	97	-6	53	105	141	-206	0	
1994	6	25	10	72	109	111	-164	7	-12	64	238	200	147	-106	50	-1	20	16	163	135	-105	-245	410	5	226	53	49	-22	-36	-49	64		
1994	7	2	258	71	31	61	24	-2	145	117	59	-108	83	65	93	-89	208	41	13	17	37	49	82	59	45	47	43	7	24	10	67	71	
1994	8	35	35	69	74	87	66	74	69	54	47	39	45	50	67	108	96	118	124	149	141	98	94	87	80	73	64	54	51	59	-23	65	
1994	9	146	76	57	56	46	97	0	15	84	126	8	34	67	32	53	46	67	46	51	56	49	39	36	39	39	-2	29	-8	38	17		
1994	10	78	44	-31	21	-6	139	80	47	46	-5	95	25	-2	-24	127	-6	-9	-2	134	59	34	39	27	25	-10	22	22	66	31	32	-6	
1994	11	28	53	-14	-61	98	66	-17	-24	-30	13	45	47	104	-34	16	13	-58	111	67	35	-84	-13	73	-56	50	164	6	-36	-89	132		
1994	12	50	-20	109	32	-118	-6	-10	14	60	78	81	-13	-161	-43	-13	-23	184	126	-37	-89	-45	16	137	84	2	-103	30	43	108	-8	34	
1995	1	15	-16	28	-112	105	42	32	32	-95	192	-133	15	87	59	36	-34	10	-160	68	30	83	17	-7	34	25	-46	71	25	28	-60	-1	
1995	2	21	84	10	58	28	-2	-49	-86	-5	37	119	0	-175	15	126	21	0	17	45	-68	-35	56	22	38	86	60	-138	76				
1995	3	78	10	93	-63	9	160	-347	140	-73	-60	102	127	-144	-56	91	14	42	30	113	-128	101	-228	-1	83	219	-3	176	-302	38	21	-35	
1995	4	-22	-83	87	-17	20	19	-57	164	46	-47	-83	103	54	71	8	-109	-152	-42	54	5	-75	258	73	-116	10	25	-21	36	38	69		
1995	5	25	-32	-56	86	-37	154	22	-207	95	172	-155	-104	273	83	-124	-19	-111	90	-15	125	144	-267	38	68	65	163	64	95	-112	50	141	
1995	6	9	38	28	69	-172	-115	6	115	-94	251	95	-159	32	80	-41	-34	257	64	-22	190	30	138	60	35	140	-21	133	308	119	123		
1995	7	199	116	9	-152	306	124	96	45	45	-56	54	189	150	130	110	38	61	122	42	90	110	133	73	78	134	156	167	227	120	146	-21	
1995	8	260	235	184	263	90	243	426	381	148	106	247	241	149	161	273	275	108	216	502	438	221	115	166	178	243	360	309	160	168	360	336	
1995	9	343	391	617	404	338	292	279	204	309	307	34	145	302	307	42	178	155	157	119	137	131	172	168	295	-38	166	172	252	157	225		
1995	10	164	104	186	289	101	318	154	226	149	115	123	352	211	348	360	61	196	-81	140	152	243	134	-72	45	8	174	100	83	190	-65	76	
1995	11	116	163	-21	112	110	28	-37	116	83	25	51	251	-100	9	150	30	58	103	126	23	-126	131	-57	52	413	-186	-78	14	28	41		
1995	12	38	168	88	-150	25	125	-2	-5	204	7	-5	125	-90	12	82	79	45	-79	45	82	14	-23	66	63	120	-140	-3	31	96	-20	79	
1996	1	168	-125	-15	-58	103	79	-1	24	79	-7	-22	27	53	51	-104	69	-19	65	-44	76	30	84	-75	42	29	-34	97	172	-157	52	12	
1996	2	17	17	17	17	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1996	3	66	-35	234	-160	57	-23	57	-13	83	59	-84	-5	64	-42	43	74	17	-66	15	-41	161	-67	45	12	-46	45	-67	35	16	113	0	
1996	4	-545	478	285	-36	176	-197	64	-90	17	56	-31	-10	132	32	-54	-80	47	20	32	120	74	-168	72	3	-36	134	24	24	-118	76		
1996	5	60	-50	49	106	47	-216	22	7	22	183	100	0	-97	87	6	-144	260	52	67	-19	-97	35	16	-82	100	170	-112	2	53	32	29	
1996	6	118	104	-144	29	36	150	236	-160	123	-161	152	-59	406	-8	103	178	-28	43	205	171	-228	683	133	94	274	292	123	177	345	267		
1996	7	-12	69	237	244	163	140	633	164	166	97	53	30	60	282	-54	183	124	149	71	184	160	38	102	27	98	60	154	122	87	215	115	
1996	8	172	111	134	214	25	-9	-15	220	157	318	463	142	82	150	237	38	226	124	-3	23	167	363	311	73	300	282	194	87	200	234	214	
1996	9	128	-122	38	150	139	291	30	222	405	326	174	167	134	326	213	100	90	204	132	110	241	314	146	-47	258	247	179	193	189	236		
1996	10	332	49	279	213	215	116	125	95	162	179	200	-30	112	12	87	113	115	54	205	84	-74	120	88	-28	81	41	29	105	36	46	24	
1996	11	81	251	-68	-34	36	51	44	56	168	69	-64	44	19	42	30	135	54	-105	123	93	-50	37	67	157	-106	3	89	60	22	-2		
1996	12	266	-242	166	-46	60	59	96	106	8	-108	6	226	-76	-39	84	-93	150	-56	76	17	90	133	-135	117	176	-49	-60	-57	211	-90	52	

Tabla 5.15. Continuación

CHICOASÉN																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1997	1	118	-124	41	32	30	-59	65	6	6	49	39	132	-104	-63	139	-23	231	-185	108	-31	-132	-13	115	116	-36	49	-97	137	43	126	45	
1997	2	227	-221	42	102	38	196	39	98	-100	74	34	-16	45	50	-13	163	-130	20	52	6	6	51	148	-117	12	15	-49	115				
1997	3	53	23	-112	49	88	9	-16	38	118	-137	30	83	34	-5	-35	166	-150	78	-19	78	39	-14	134	-75	-59	-22	-34	-323	-7	-7	-128	
1997	4	34	161	-46	-50	141	124	-198	87	78	-17	5	58	186	-118	-49	36	-15	37	3	182	-73	-132	13	-222	-51	80	31	-25	-52	80		
1997	5	69	-68	234	141	-111	-58	65	-22	39	167	-109	-60	-212	324	-61	38	-9	278	-242	79	28	-24	137	-76	67	-20	-5	95	-5	-94	229	
1997	6	38	-53	-10	-31	-44	31	5	127	-44	-22	230	23	32	93	259	-287	42	61	27	36	216	209	-140	93	-119	89	-25	218	169	94		
1997	7	102	88	134	148	10	266	21	-36	72	123	196	100	72	63	67	2	-7	108	209	69	54	46	-144	106	76	87	61	-34	-9	-29	101	
1997	8	220	78	74	45	0	-52	122	-14	147	115	-6	38	259	-270	8	119	168	-72	65	53	28	71	-31	96	8	72	-10	49	42	98	109	
1997	9	-52	-12	60	81	3	177	177	-65	16	96	201	177	203	229	60	171	-19	69	51	95	154	47	245	189	162	51	194	152	-39	279		
1997	10	706	323	236	270	238	125	743	368	113	325	142	163	101	284	131	139	15	178	132	23	109	51	24	111	84	183	-6	-16	34	87	29	
1997	11	189	138	-142	39	13	58	71	120	123	350	-255	359	2	102	71	330	-196	31	108	296	83	-50	127	-100	-8	119	-25	145	166	86		
1997	12	-122	59	47	47	51	80	81	32	-6	61	-19	162	6	69	-105	61	63	69	17	118	125	-153	155	39	83	-80	108	53	3	-12	108	
1998	1	54	-112	150	35	-59	106	-84	130	84	-22	43	-96	-37	80	45	101	64	120	-56	-59	-22	52	-10	45	112	-87	-521	-42	74	68	220	
1998	2	71	-182	43	103	41	-82	122	100	-112	90	36	-34	-31	149	101	-160	-13	97	-15	-19	110	51	-137	27	3	-43	94	54				
1998	3	137	-152	25	-45	47	-22	192	75	-119	-9	74	-28	28	52	52	-112	-37	68	-104	144	170	-65	-116	10	3	-2	-31	75	207	-238	74	
1998	4	90	-74	-24	226	38	-103	15	98	101	39	-1	-29	-57	-133	32	-61	96	103	117	-205	-1	93	29	-17	81	73	-188	82	21	307		
1998	5	200	-140	45	-168	44	67	-123	34	36	265	-291	7	24	37	10	139	167	-249	-68	50	-8	-30	167	181	-264	-46	25	-12	7	128	201	
1998	6	-228	-63	10	47	108	174	6	-137	0	-63	175	-56	140	162	-330	-12	14	17	9	234	86	-194	45	-90	30	128	235	-50	-96	91		
1998	7	117	137	-2	286	23	-80	-105	-20	82	238	171	168	-266	43	182	97	-14	279	205	-249	118	103	53	-22	161	295	-203	29	288	69	159	
1998	8	63	141	-259	188	113	155	73	235	156	-116	201	-15	-3	186	100	-17	-84	74	21	84	31	207	191	-113	-58	166	296	229	95	102	42	
1998	9	-38	-5	163	245	149	301	60	481	1310	3089	1326	611	370	296	247	212	179	161	134	130	51	79	190	288	293	197	359	472	397	247		
1998	10	201	176	212	212	191	199	211	188	148	191	184	108	130	110	186	182	211	199	186	63	258	133	169	134	140	120	80	133	67	32	-337	
1998	11	384	417	553	461	498	390	259	264	198	179	163	149	144	130	120	112	108	106	49	145	71	130	10	-119	206	72	79	130	196	-105		
1998	12	14	72	91	21	79	140	-79	112	89	44	28	229	3	-91	-8	162	60	72	8	236	-50	-59	15	262	72	-133	81	-44	59	19	122	
1999	1	113	-68	50	-15	123	24	12	64	-50	212	-135	36	65	83	22	125	81	-108	-27	57	5	111	105	74	-135	5	39	-14	37	128	102	
1999	2	-30	192	-234	37	184	-24	80	-183	-34	-6	149	-13	86	189	-159	43	106	12	24	178	49	-172	82	79	-30	38	131	14				
1999	3	0	0	0	0	0	0	-163	-9	46	-50	31	103	258	-306	-24	98	36	-43	111	53	-22	-80	31	-1	17	46	309	-297	-2	58	44	
1999	4	66	8	159	-179	39	61	139	47	221	-279	-51	-80	17	43	-24	218	-23	-105	16	9	83	-20	126	164	-201	-10	-7	-5	19	21		
1999	5	299	-262	-59	87	28	-19	161	64	-1921	97	14	-39	97	39	167	-15	-194	0	27	64	29	235	-262	140	-43	138	-59	171	-23	-137	20	
1999	6	-14	105	6	168	134	-242	21	2	103	24	120	102	-178	32	60	6	75	245	60	-108	60	390	192	23	128	137	1	113	353	-10		
1999	7	69	109	271	-141	141	-2	242	377	31	366	5	166	112	118	236	343	123	94	174	277	2	149	148	319	-94	181	176	-64	175	142	150	
1999	8	-34	21	83	78	65	118	293	-201	108	236	31	39	174	193	-148	148	218	212	-67	315	170	-266	227	177	123	332	52	146	-96	206	339	
1999	9	213	-43	242	328	-135	101	285	309	759	175	325	-53	381	189	279	530	409	356	594	338	212	479	604	339	358	119	252	352	63	416		
1999	10	150	252	133	226	277	440	302	470	296	294	550	507	647	483	339	197	425	743	243	200	175	159	149	1	-237	72	95	106	220	321	334	
1999	11	278	274	279	166	221	83	66	58	66	69	64	59	57	36	83	46	52	88	58	84	-45	34	98	44	51	101	68	-15	-2	7		
1999	12	134	-13	98	146	-209	-185	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
2000	1	104	-84	-151	35	124	74	-31	113	49	-163	-48	62	64	-31	218	-145	-95	1	-7	28	-12	94	30	-82	-43	9	43	-71	76	110	-230	
2000	2	31	6	29	-13	142	-19	-122	-8	9	39	-96	157	68	-206	-57	75	1	-17	220	-133	-110	82	-27	13	50	-84	61	-108	-50			
2000	3	11	4	-67	79	-30	-13	-108	-18	27	-40	170	-86	-59	5	3	5	23	12	-5	-44	69	-219	10	79	25	-11	-171	-2	29	51	80	
2000	4	-1	8	-129	111	-115	33	-75	199	11	-265	28	-19	-24	31	42	124	-220	47	1	162	73	-31	-97	-195	-56	-4	41	-83	111	233		
2000	5	-201	-56	-29	7	-57	91	146	-308	-18	99	-85	56	130	24	-184	-18	-8	-12	80	364	-213	101	91	67	-66	106	333	-245	-2	181		
2000	6	93	-18	160	177	-182	11	259	147	194	172	328	16	262	19	466	271	34	316	-92	113	237	39	68	112	354	-148	-80	198	88	64		
2000	7	135	208	-210	46	117	-25	-23	139	191	-191	103	122	-78	-3	125	284	-335	-12	19	31	24	132	180	-224	25	36	73	25	208	52	-51	
2000	8	120	21	74	280	253	38	-252	112	94	109	242	231	246	-142	92	141	44	-15	171	131	-208	-17	94	24	-58	150	232	-217	201	137	235	
2000	9	180	576	183	-105	207	131	187	160	287	221	-195	205	380	178	340	536	254	200	400	377	287	181	476	186	-23	70	53	76	178	327		
2000	10	202	-171	83	249	95	92	310	270	-185	31	76	49	56	280	264	-217	42	62	58	99	77	256	-225	45	85	37	81	118	148	-240	45	
2000	11	139	103	-102	140	214	-124	-21	84	54	-21	49	247	-188	68	113	14	-9	137	168	-2	-99	37	2	24	73	169	-151	-30	97	73		
2000	12	133	95	53	-70	9	54	-28	62	87	105	-108	227	-207	25	79	80	95	-109	49	12	92	38	40	68	140	-85	136	30	4	49	113	

Tabla 5.15. Continuación

CHICOASÉN																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2001	1	105	23	-181	8	53	7	91	167	-192	20	8	27	-7	108	137	-131	16	2	8	47	130	126	-212	15	57	28	-19	132	225	-251	-24
2001	2	79	53	91	-56	152	16	-111	-28	13	95	117	170	-149	-67	13	-31	-1	149	146	-331	14	201	-20	53	101	141	-108	-54			
2001	3	42	-34	29	130	189	-275	-17	68	-49	68	98	135	-304	19	75	-12	16	203	51	-150	74	145	-191	63	34	206	-229	17	22	9	56
2001	4	138	133	-269	-12	125	-110	98	118	192	-235	12	113	176	69	-44	23	-230	84	35	-2	7	86	101	-156	38	139	15	37	7	177	
2001	5	-155	230	-273	-13	67	116	175	-257	1	36	199	-183	78	161	-234	88	49	-59	44	191	200	-341	-39	104	108	2	49	336	-368	50	126
2001	6	41	191	175	288	-212	-38	35	118	42	186	360	-152	35	111	185	84	215	100	-189	-19	192	-7	22	194	203	-161	-46	31	117	-43	
2001	7	323	12	-132	108	-57	152	52	94	105	-160	-21	75	102	50	333	1	-186	42	153	199	-21	288	144	-204	-63	63	133	54	307	49	-126
2001	8	50	85	13	143	170	-197	77	96	41	88	67	260	32	59	-111	133	154	103	94	-187	-81	-40	24	70	370	485	-96	77	57	66	66
2001	9	169	165	-108	153	-22	72	169	366	156	85	43	92	142	-9	359	123	-164	113	49	410	-64	330	347	153	51	148	100	197	600	27	
2001	10	231	84	-13	17	187	338	124	-61	56	-121	65	161	132	250	-29	183	150	138	-96	188	196	-194	35	47	112	126	110	33	-51	-53	24
2001	11	238	124	-121	27	-127	34	181	-97	47	242	84	-282	71	25	6	46	94	111	-67	163	-215	126	-13	107	172	-304	-68	94	-5	0	
2001	12	88	215	-224	-2	-17	20	6	161	215	-342	-11	243	-230	61	264	-24	194	-55	80	54	39	155	134	-90	151	-63	-83	50	85	25	97
2002	1	-11	-225	-2	-7	255	87	-270	24	34	112	-50	39	162	-163	-34	15	44	-34	201	31	-207	6	28	23	106	47	2	-166	-27	127	-18
2002	2	-2	28	164	-249	210	-141	29	-51	111	130	-214	-23	81	-64	249	-12	37	-187	47	-139	38	160	143	-32	-112	-85	38	1			
2002	3	15	178	51	-133	55	60	-68	-27	43	213	-227	-154	79	32	-24	150	56	-143	-30	194	75	12	39	51	-48	22	68	18	16	14	-3
2002	4	-196	-20	71	-8	2	69	95	-116	18	14	-12	-27	28	107	-98	-129	58	67	-7	6	113	-179	-38	34	-87	99	1	69	-85	-9	
2002	5	222	-184	-33	49	135	-313	77	35	60	195	-136	149	-298	106	-27	-43	-75	248	134	-118	-4	-76	-48	62	77	95	-285	57	38	-12	96
2002	6	10	149	-195	-141	42	126	19	119	158	-260	245	81	83	-34	209	109	-246	-108	-26	188	131	203	142	-152	-49	58	361	266	188	98	
2002	7	-113	-48	45	140	125	176	148	-33	-167	62	99	-13	425	187	60	272	-16	113	83	-9	223	-123	147	-114	114	-32	251	122	-150	-19	211
2002	8	-26	137	39	132	-52	-70	34	211	-69	163	99	-21	-65	-33	-83	52	321	68	-78	8	-48	-60	52	85	187	-223	-1	-66	40	118	90
2002	9	340	-203	103	61	201	69	173	180	-4	146	154	113	85	268	276	140	-43	104	-55	236	91	266	-3	77	257	631	311	553	391	55	
2002	10	222	508	377	521	278	316	-62	210	155	285	120	185	135	-150	118	84	11	113	92	288	-181	8	39	71	48	60	68	-124	101	46	54
2002	11	195	193	113	-154	79	31	103	60	-13	204	-184	80	67	68	-59	193	158	-89	-77	178	-1	-3	58	194	-9	-73	1	109	-76	126	
2002	12	94	-88	33	-41	-122	-35	191	205	-160	166	88	71	-80	140	1	-54	-123	86	6	135	56	17	-40	151	29	-131	96	-36	60	-34	186
2003	1	44	-54	-78	185	27	-110	-131	54	6	109	79	82	-99	-60	-67	26	-32	272	29	-223	-53	89	-12	45	73	277	-261	41	63	-45	-85
2003	2	224	130	-335	82	132	-154	65	133	84	-230	-10	122	-45	50	212	46	-205	-68	18	32	66	88	44	-51	-42	-20	83	-26			
2003	3	117	42	-182	17	-57	-48	-50	120	157	-105	-47	-1	-21	44	161	32	-67	-73	-12	61	75	9	3	-190	-116	78	-92	199	150	26	-1
2003	4	-50	-82	12	-50	18	108	-292	124	171	-183	155	82	15	-100	-84	42	159	29	-21	14	-140	-108	-85	5	-81	136	58	-265	114	63	
2003	5	188	-250	75	127	-295	-98	242	-105	128	110	-127	-119	-30	80	76	-17	194	95	-9	-35	-89	-48	181	2	15	-10	96	23	18	23	33
2003	6	22	10	18	15	16	25	17	38	38	30	54	31	28	38	32	61	39	60	51	101	124	74	63	56	82	87	108	88	82	67	
2003	7	61	61	66	50	41	58	61	80	80	58	55	45	48	45	73	86	125	138	128	116	85	70	96	71	65	80	82	76	73	68	73
2003	8	58	63	41	51	37	48	39	46	51	55	68	58	96	116	97	74	56	79	94	100	89	108	113	109	98	78	76	71	62	116	350
2003	9	264	188	180	136	135	124	180	194	186	197	154	152	115	147	352	552	489	494	340	275	264	262	222	215	200	166	175	235	212	208	
2003	10	194	167	131	127	138	554	995	618	631	538	349	276	252	203	196	167	154	149	134	120	121	110	102	106	88	90	98	85	80	61	101
2003	11	91	81	64	81	78	64	62	68	57	60	35	65	68	58	59	46	37	67	53	52	48	58	59	-75	-119	-72	131	177	93	78	
2003	12	1	19	68	2	53	92	49	31	51	37	38	38	31	33	-174	-52	68	17	134	112	45	30	61	28	38	9	51	35	32	30	34
2004	1	29	-37	80	36	-100	104	-19	39	23	39	79	21	37	25	32	34	21	33	25	22	23	29	26	27	12	35	7	33	-21	61	19
2004	2	26	22	-7	9	52	17	18	32	27	12	23	15	15	20	8	-48	-35	79	-15	89	17	31	15	20	19	18	16	11	18		
2004	3	12	-26	43	18	29	12	22	1	6	2	9	26	15	38	-9	21	25	-104	-53	7	136	-99	48	-106	-36	98	26	114	-72	-2	26
2004	4	62	13	-134	118	-139	-9	24	208	45	8	-39	-131	81	39	-163	14	1	122	-207	-105	5	-85	-7	158	68	-214	-7	315	-294	-28	
2004	5	357	-82	-24	-66	76	-27	-61	24	205	32	-326	-2	4	112	42	178	-389	-70	144	149	-180	159	132	-279	58	205	-236	-62	55	255	-292
2004	6	80	215	85	-46	102	185	-28	21	-1	142	66	313	92	-138	86	-38	76	243	20	98	-97	-101	-110	405	-180	286	-20	-143	98	-167	
2004	7	314	-108	-8	38	191	24	-121	-7	153	84	95	-159	-120	113	-4	114	141	76	-152	51	-13	186	140	134	143	0	146	-38	95	211	285
2004	8	201	86	193	229	-68	52	155	201	-210	20	118	53	55	186	69	-188	46	250	-59	-70	-19	280	-367	51	114	147	13	134	82	-163	51
2004	9	188	54	27	29	143	-55	-50	272	208	129	-71	352	-109	-29	378	167	-78	264	70	-149	64	20	152	190	233	142	-10	160	327	87	
2004	10	4	166	95	70	-39	214	208	31	200	140	104	88	119	123	124	130	137	102	45	23	-6	-3	200	235	-110	-26	-13	-91	166	203	102
2004	11	3	115	-123	-52	65	46	116	-166	119	78	61	93	26	119	-135	-34	37	-86	65	217	40	-123	-98	36	44	227	-130	193	-239	15	
2004	12	-5	42	3	107	159	-253	73	-32	-25	121	112	134	-232	-37	80	166	-57	213	24	-124	9	12	121	64	-3	-31	30	23	-1	7	73

Tabla 5.15. Continuación

CHICOASÉN																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2005	1	22	-56	-130	44	-99	-23	116	-3	155	-244	40	81	95	17	33	71	-62	17	11	-22	13	-78	190	-33	-8	80	-47	48	30	17	-98
2005	2	-68	43	17	-69	245	6	-39	-50	49	-74	39	34	40	-98	-29	-13	-62	33	11	98	-220	19	-82	91	119	90	-44	89			
2005	3	-50	-141	-16	108	50	13	-45	-8	19	14	26	13	116	-109	1	-9	23	96	-70	105	-160	87	-36	45	90	-38	27	-120	46	-44	-52
2005	4	-60	27	206	-338	-72	2	52	-101	367	48	-195	-177	-72	131	93	99	53	-115	-148	1	-70	-40	349	36	-187	-99	-73	-35	10	243	
2005	5	107	-353	85	27	47	12	17	144	-166	92	-190	-34	45	-9	252	-50	2	-134	-95	-8	196	164	-374	-34	16	97	3	12	253	-173	20
2005	6	-42	118	-17	-41	-21	7	214	-159	-23	123	116	75	-58	30	50	-52	37	67	80	23	136	91	54	40	107	187	301	148	114	23	
2005	7	221	264	194	174	145	140	110	138	143	108	191	148	166	168	109	143	327	-44	421	569	326	36	85	504	48	102	156	87	121	140	250
2005	8	-82	44	52	31	298	-86	324	-205	10	152	-24	147	207	321	-205	66	152	89	396	451	764	537	506	358	367	329	408	231	-140	170	247
2005	9	184	66	528	261	-90	88	291	163	39	106	344	-127	116	60	113	277	115	90	-419	-18	109	-9	18	110	374	-195	93	116	219	245	
2005	10	173	361	-3	81	518	3727	2463	983	337	220	317	273	287	112	237	201	-3	100	121	90	71	85	118	-6	116	101	62	54	-23	140	-20
2005	11	170	407	-89	-160	155	356	-383	100	109	74	-2	91	76	-44	-64	203	-52	33	-6	316	-275	47	-56	69	57	267	141	-93	-193	15	
2005	12	-23	22	54	130	-155	45	5	0	63	220	-1	8	-187	-21	-8	119	218	145	-294	40	1	64	87	127	83	-291	22	38	51	129	118
2006	1	106	-157	69	38	84	56	46	58	-57	24	60	45	-10	52	84	-15	39	45	37	54	58	12	-32	20	74	166	31	34	28	-82	14
2006	2	13	0	-8	39	105	-31	-13	-10	86	-21	104	48	-53	60	8	-2	68	25	88	-124	14	29	50	64	36	90	-25	105			
2006	3	-156	-51	-58	110	77	-63	36	-13	54	-176	265	60	-26	23	34	18	60	2	47	-50	78	11	41	37	53	46	-33	-5	20	29	47
2006	4	39	92	-93	34	56	-9	-44	94	157	-68	72	-12	-2	134	-73	-25	-127	44	51	10	-24	51	13	-41	23	103	-61	51	84	79	
2006	5	-2	-84	-69	60	64	137	104	-69	-2	88	-30	8	-28	90	66	-11	25	9	39	44	66	-117	20	68	82	1	48	96	-30	123	120
2006	6	158	97	76	149	-23	57	67	171	123	159	99	4	70	-52	75	170	108	89	11	34	47	141	34	117	233	-95	86	65	65	45	
2006	7	127	203	-121	72	-81	49	94	165	132	-115	29	93	-139	438	160	138	-97	59	35	320	237	181	393	201	105	289	35	39	202	199	-119
2006	8	92	82	364	186	239	153	-58	191	41	66	112	239	123	-58	54	-65	65	124	256	67	-93	79	128	30	-12	105	120	32	198	80	121
2006	9	161	218	83	363	174	205	186	34	249	167	85	278	450	204	191	299	66	26	130	192	133	136	225	315	48	91	103	73	71	191	
2006	10	125	-24	139	-4	170	104	198	114	-48	6	120	25	217	163	177	7	192	1	124	180	-23	200	-28	80	-11	80	68	268	77	-82	-13
2006	11	90	244	-134	42	179	-72	60	-4	109	-27	206	79	-78	26	97	46	56	177	162	2	-93	69	2	132	61	39	23	-12	73	127	
2006	12	101	-30	-22	56	-56	82	105	34	42	39	47	145	-116	26	84	-43	62	-26	28	46	42	41	-2	-22	153	-59	100	-22	56	61	77
2007	1	59	-139	-3	42	61	106	135	-98	64	145	56	37	36	25	28	-5	-33	-16	60	82	-7	-8	0	35	81	-14	26	54	-36	45	-4
2007	2	13	37	23	57	17	14	60	33	-39	86	37	-1	2	62	8	35	46	45	-19	0	-44	64	26	33	4	-34	-13	13			
2007	3	2	89	51	-2	-50	33	-24	20	18	54	62	-55	31	-5	1	50	95	37	-32	-50	6	58	46	11	135	-90	-7	43	-29	45	94
2007	4	-50	51	-21	51	24	116	12	3	-60	-59	-101	106	36	146	11	-39	-11	-4	54	49	57	-40	-100	136	25	53	102	-39	71	-75	
2007	5	-14	-27	10	40	165	52	-141	33	15	150	-147	56	112	-54	65	-157	95	129	-4	74	18	-72	118	0	32	34	41	31	15	38	-52
2007	6	36	58	-88	-97	145	-19	69	-15	69	31	-9	19	25	-25	77	86	117	31	87	70	79	42	22	63	40	95	41	59	15	57	
2007	7	62	40	13	-26	17	-5	254	50	-27	50	-36	9	-22	10	120	24	251	80	32	96	33	109	4	78	121	13	68	31	108	72	-35
2007	8	149	64	11	133	82	77	82	64	-2	-5	131	90	-91	17	62	179	163	103	32	5	176	-157	51	389	173	103	118	150	132	398	299
2007	9	326	233	152	208	14	67	148	210	236	450	311	148	228	367	234	167	38	-104	147	133	92	117	148	-32	83	149	-34	271	184	425	
2007	10	-12	-22	70	28	98	74	123	1	53	55	143	193	103	215	61	154	219	161	277	468	270	374	482	229	226	172	63	248	-191	308	225
2007	11	175	164	151	132	116	110	95	90	89	80	77	74	70	36	73	62	67	57	56	61	51	49	47	54	55	57	52	53	50	53	
2007	12	49	46	45	47	44	28	42	39	35	39	37	37	31	35	1	372	-314	35	64	-89	107	-12	20	75	12	83	-70	44	130	43	42
2008	1	29	-7	-22	40	-19	26	38	41	53	57	-39	91	41	26	-3	-10	60	54	3	16	40	37	48	23	-7	32	-2	40	2	12	1
2008	2	26	4	15	26	4	82	15	8	50	-5	30	98	30	-24	9	38	-12	32	1	16	14	1	56	13	27	37	11	10	9		
2008	3	-4	45	36	-23	-4	17	42	20	32	-45	8	125	-27	37	-27	-9	29	14	106	27	19	8	19	-160	-47	-198	183	6	8	60	16
2008	4	-16	27	21	19	-241	139	9	66	31	58	-36	140	-5	8	2	1	68	16	-58	170	-92	76	30	-22	-4	103	101	-66	-2	7	
2008	5	153	-164	105	36	-10	35	1	71	-65	81	-12	24	25	85	-51	-9	139	177	-132	-41	56	-98	48	8	207	104	-22	9	11	71	72
2008	6	143	127	111	38	-50	95	127	241	233	-37	170	116	77	80	173	40	40	83	171	222	144	80	66	146	30	137	81	325	222	91	
2008	7	161	156	159	214	372	328	363	455	506	212	287	281	361	230	196	178	406	226	139	208	52	398	308	234	284	197	172	52	169	196	154
2008	8	251	216	233	93	265	292	264	171	70	339	75	183	203	374	315	486	280	188	163	65	256	334	255	224	135	68	226	196	-28	337	128
2008	9	0	235	220	200	132	168	449	280	283	181	171	101	220	303	177	178	83	121	61	268	212	150	119	311	276	281	237	199	76	202	
2008	10	171	207	148	74	188	160	70	127	161	426	177	170	95	151	83	178	45	114	173	-6	192	120	61	62	131	128	32	82	85	61	117
2008	11	54	95	34	56	89	11	70	83	80	54	83	30	76	19	35	147	46	68	22	89	92	66	80	-81	117	34	24	57	110	48	
2008	12	13	69	5	85	-9	38	96	12	-15	106	48	-10	115	21	5	45	32	70	42	57	59	36	37	-287	255	-25	81	42	4	36	-6

Tabla 5.16. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m³/s).
 Presa Chicoasén, Chis.

Año	Gastos medios diarios máximos anuales, en (m ³ /s)														
	Duración														
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	11 días	12 días	13 días	14 días	15 días
1954	1342	1130	923	798	700	648	627	601	571	544					
1955	1519	1198	993	885	807	743	688	644	630	634					
1956	627	596	533	525	499	466	442	424	414	401					
1957	294	287	257	242	220	219	214	206	200	195					
1958	680	554	499	469	443	422	414	405	395	387					
1959	695	632	601	542	491	476	465	445	425	405					
1960	1076	1054	901	778	689	622	571	531	499	471					
1961	660	607	563	511	518	511	489	465	439	414					
1962	631	548	506	502	499	479	457	438	425	413					
1963	2763	2128	1754	1564	1460	1412	1318	1240	1162	1102					
1964	633	520	502	466	438	407	378	375	365	354					
1965	655	526	437	354	329	348	324	309	310	299					
1966	804	632	515	488	460	406	386	374	385	384					
1967	509	411	379	346	330	330	337	334	332	329					
1968	578	538	521	459	424	394	378	349	333	312					
1969	806	747	704	652	552	563	567	542	510	482					
1970	1001	900	738	678	661	667	633	589	586	588					
1971	683	625	569	489	463	480	472	457	444	418					
1972	620	598	498	423	380	326	305	291	265	235					
1973	1599	1286	1174	1091	1014	970	951	928	893	861					
1976	448	351	350	306	279	248	227	215	210	202					
1977	295	236	201	190	185	183	170	162	162	158					
1978	746	517	409	352	358	323	293	333	327	302					
1979	883	790	655	578	513	510	431	435	420	398					
1980	1608	1376	1194	1023	879	777	686	647	598	558					
1981	646	609	547	500	466	436	418	398	386	383	379	367	356	347	344
1982	601	556	496	463	441	439	446	420	396	372	352	332	318	305	309
1983	799	626	552	496	456	441	443	437	439	428	416	401	394	389	384
1984	598	576	557	510	463	419	406	409	404	409	397	406	392	376	370
1985	641	584	504	431	388	358	331	313	293	280	270	262	246	227	216
1986	517	354	290	257	203	198	192	187	183	176	170	168	167	166	167
1987	545	391	377	342	313	274	263	254	239	212	195	182	175	167	169
1988	751	702	616	571	539	515	494	466	443	421	402	385	374	363	351
1989	1735	1528	1319	1122	995	890	809	749	693	648	610	576	550	528	508
1990	389	282	264	215	166	162	147	156	140	134	128	137	131	129	129
1991	490	335	273	240	236	217	211	214	198	185	183	179	174	167	161
1992	512	427	360	314	272	259	241	228	215	212	213	212	213	208	210
1993	720	569	455	411	389	394	367	342	336	323	302	293	292	284	278
1994	410	219	213	173	148	123	119	116	113	109	106	103	100	97	94
1995	617	510	471	439	419	408	398	385	373	356	352	348	335	328	325
1996	683	408	321	296	295	266	254	265	265	238	222	224	227	223	219
1997	743	556	436	387	363	342	377	376	365	345	339	322	310	296	294
1998	3089	2208	1909	1584	1364	1198	1069	966	883	812	755	707	669	634	603
1999	759	584	568	547	505	472	477	486	465	448	450	438	438	426	414
2000	576	438	377	359	354	352	342	339	339	324	328	318	308	284	275
2001	600	428	309	264	235	217	228	241	217	227	211	211	201	192	186
2002	631	472	498	472	429	370	382	381	397	385	379	368	346	326	317
2003	995	806	748	700	667	614	566	527	491	461	434	411	391	373	359
2004	405	272	232	198	199	201	186	160	156	154	149	141	140	144	133
2005	3727	3095	2391	1923	1605	1374	1223	1105	1014	924	861	806	750	713	680
2006	450	364	311	286	285	251	247	241	221	219	218	216	222	212	212
2007	482	428	376	399	374	350	332	312	301	288	276	266	257	245	241
2008	506	480	441	413	405	373	360	350	352	340	328	317	321	314	308

5.3.3. Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales

Para determinar la magnitud de los gastos máximos para diferentes periodos de retorno, se realizó el análisis estadístico a la muestra de gastos máximos para duraciones de 1 a 15 días. La función de distribución que presentó el mejor ajuste fue Gumbel de dos poblaciones, para duraciones de 1 a 15 días, considerando una probabilidad de ocurrencia de eventos no ciclónicos $P = 0.85$. El análisis estadístico se realizó mediante el programa AX.exe.

Para definir el comportamiento de la distribución Gumbel dos poblaciones, se realizaron ajustes de un día y diez días de duración (Figs. 5.19 y 5.20). De acuerdo a lo mencionado en el Capítulo 3, si en el eje de las abscisas se proporciona la variable reducida $z = -\text{Ln}[\text{Ln}(\text{Tr}/(\text{Tr}-1))]$ de la función de distribución Gumbel, los valores de la distribución tienden a ser rectas. En el caso de la función de distribución Gumbel dos poblaciones serán dos rectas (Fig. 5.19). En la Fig. 5.20, se muestra el ajuste para 10 días con la distribución Gumbel dos poblaciones, en donde se observa que se aproxima a dos rectas, de donde se deduce que para la duración de 15 días, el mejor ajuste será de igual manera con la distribución Gumbel dos poblaciones.

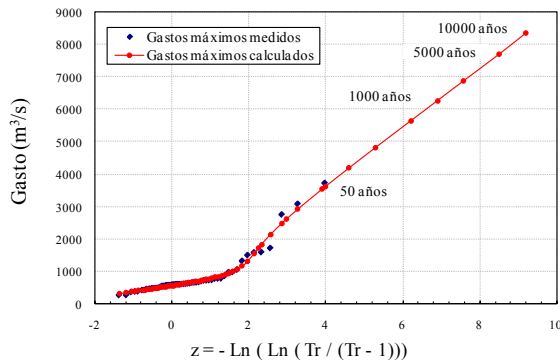


Figura 5.19. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=1$ día, $P=0.85$. Presa Chicoasén.

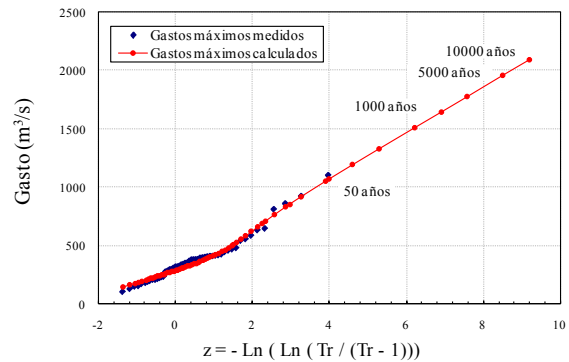


Figura 5.20. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=10$ días, $P=0.85$. Presa Chicoasén.

En la tabla 5.17, se presenta la relación de Gastos-duración-periodo de retorno para distintos periodos de retorno y en la Fig. 5.21 se muestran las curvas de dicha relación.

Tabla 5.17. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. Chicoasén.

Tr	Gastos de diseño, en (m³/s). (Distribución Doble Gumbel. P = 0.85)														
	Duración														
Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	652.18	544.28	480.83	436.15	404.87	385.23	370.95	359.70	341.25	333.99	288.65	281.33	273.86	255.39	259.88
5	971.55	845.99	746.66	680.95	628.86	601.03	574.94	551.41	533.59	510.99	446.86	432.46	420.97	411.38	398.29
10	1740.66	1418.15	1224.43	1086.70	974.71	886.79	820.63	770.70	724.31	691.99	615.69	584.83	562.26	538.66	519.62
20	2621.64	2089.84	1719.85	1459.47	1278.85	1148.74	1053.38	979.04	915.17	859.36	797.44	745.69	700.81	657.22	634.10
50	3551.61	2812.62	2253.45	1862.30	1609.43	1440.68	1318.33	1218.91	1145.72	1055.26	1017.48	942.84	868.44	802.91	773.53
100	4202.90	3319.21	2627.30	2145.06	1841.65	1646.47	1505.93	1389.02	1311.42	1195.25	1174.93	1084.73	989.19	909.27	874.64
200	4837.74	3813.00	2991.86	2420.29	2068.09	1847.13	1688.85	1555.43	1473.81	1332.38	1328.80	1223.73	1107.56	1014.21	974.18
500	5663.44	4456.19	3466.48	2779.80	2363.18	2108.87	1927.33	1772.49	1686.02	1511.23	1529.70	1405.11	1262.85	1152.19	1104.62
1000	6285.72	4938.35	3824.16	3050.34	2584.71	2306.12	2107.31	1934.81	1845.33	1645.36	1680.52	1542.00	1378.98	1256.13	1202.36
2000	6907.99	5422.37	4181.85	3316.72	2803.67	2503.37	2287.30	2098.39	2005.26	1780.54	1833.09	1676.79	1496.01	1360.07	1301.24
5000	7721.73	6055.32	4660.59	3674.66	3097.90	2764.35	2519.89	2314.82	2214.40	1961.47	2033.41	1857.91	1650.85	1495.44	1430.54
10000	8372.72	6531.89	5012.77	3949.37	3316.86	2958.56	2708.18	2475.88	2381.71	2094.57	2173.16	2001.12	1758.87	1598.57	1527.89

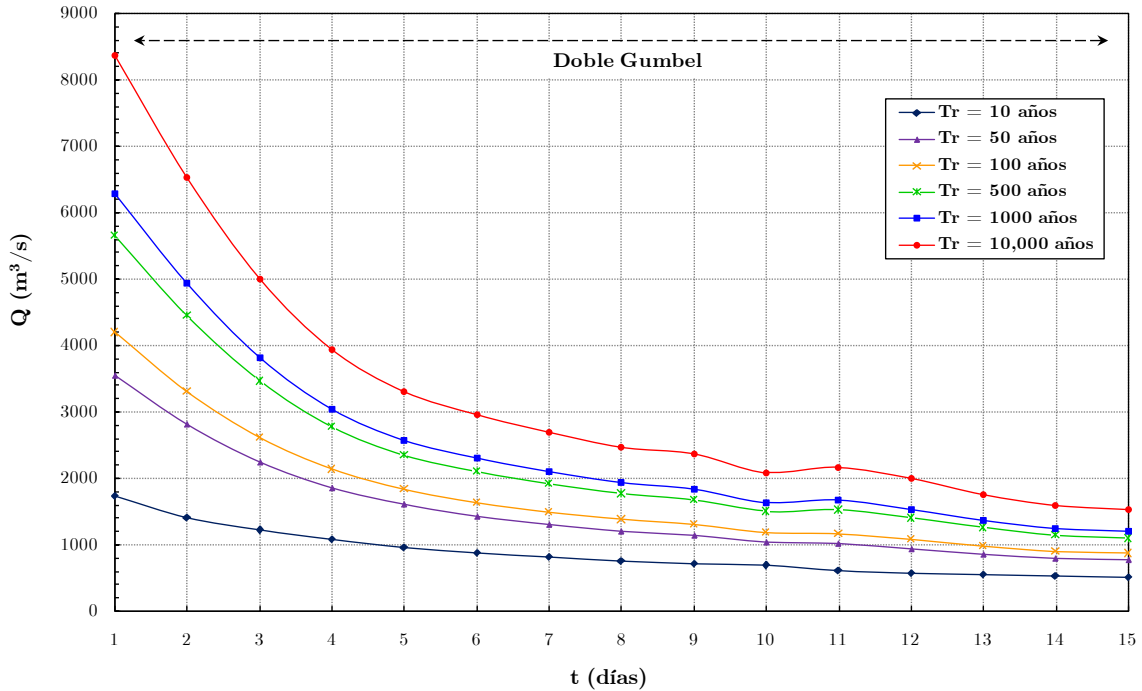


Figura 5.21. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. Chicoasén.

5.3.4. Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)

Con base en los resultados obtenidos en la tabla 5.16, se estimaron las avenidas de diseño correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años. Para construir las avenidas de diseño correspondientes a Chicoasén, se utilizó el método de alternar bloques (Capítulo 4). Posteriormente los hidrogramas de diseño se transformaron a una distribución horaria considerando un $\Delta t = 3$ (h); se le dio la forma del pico de la avenida histórica registrada del 4 al 8 de octubre del 2005 a **la porción central de los hidrogramas**, procurando conservar el volumen medio registrado.

Para determinar la forma del pico histórico en la porción central de cada hidrograma, el Instituto de Ingeniería de la UNAM propuso dibujar el hidrograma de gastos medios diarios registrados del 4 al 8 de octubre de 2005 y el hidrograma horario registrado mediante los reportes del funcionamiento horario por parte de CFE (Fig. 5.22). Se dividió tanto el hidrograma de gastos medios diarios como el hidrograma horario entre el máximo valor de gato medio diario histórico registrado, obteniendo hidrogramas adimensionales, en donde se determinó un factor de 1.2155122 para dimensionar los gastos pico para cada avenida (Fig. 5.23).

Para cada avenida de diseño de un cierto periodo de retorno, el procedimiento para diseñar la geometría del pico es la siguiente; Por ejemplo se tomó en cuenta la avenida de diseño con periodo de retorno de 10 años, en primera instancia se seleccionó el rango de valores correspondientes a las horas 147 a la 219 (Fig. 5.25), intervalo que incluye al valor máximo de la avenida. Se consideró un comportamiento lineal en los intervalos ($162 \leq t \leq 183$) horas y de ($183 \leq t \leq 198$) horas, en la variación de descenso del hidrograma, de ese instante en adelante se consideró el comportamiento original del hidrograma.

En el instante $t= 183$ (h), se colocó el gasto pico correspondiente al gasto medio diario máximo multiplicado por el factor 1.2, obteniéndose un valor de 2089 (m^3/s). Al calcular los correspondientes volúmenes en los intervalos de la porción central del hidrograma original y del hidrograma que incluye el gasto pico modificado, todavía se ajustó el valor del gasto pico, debido a que se tenía que obtener la menor diferencia en valor absoluto de los volúmenes calculados. Se seleccionó un valor final de 2012 (m^3/s) en el gasto pico, resultando una diferencia en los volúmenes de 0.86 (Mm^3) con la fórmula de integración trapecial y 0.56 (Mm^3) con la fórmula de integración de Simpson 1/3.

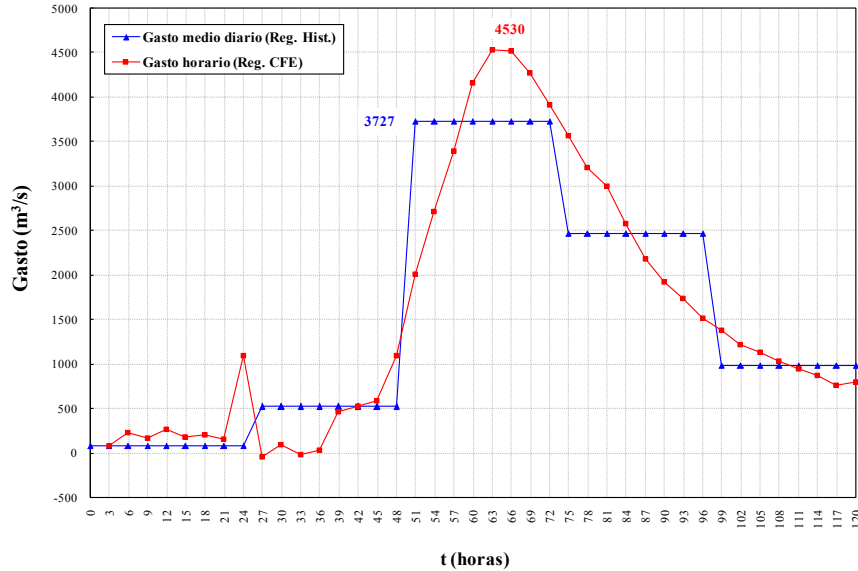


Figura 5.22. Hidrograma de gastos medios diarios y Gastos horarios registrados del 4 al 8 de octubre del 2005. Chicoasén, Chis.

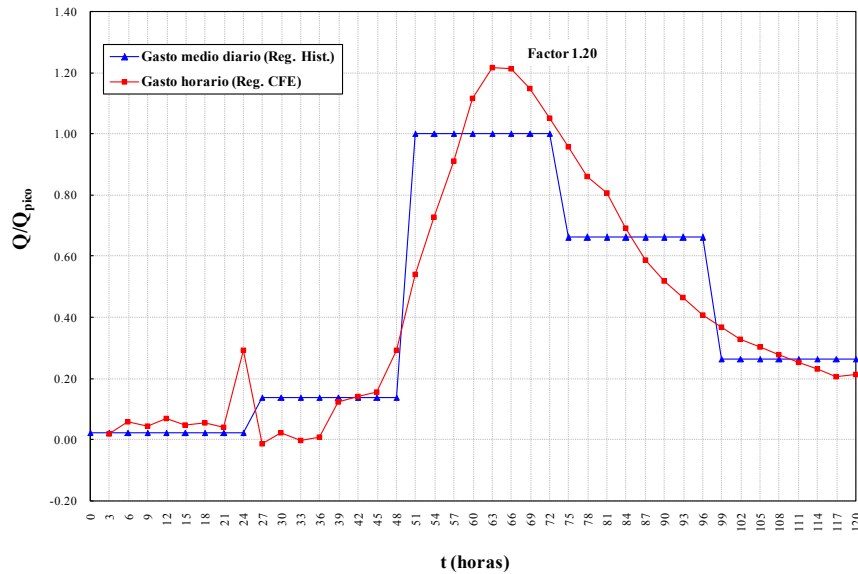


Figura 5.23. Hidrograma adimensional (dividido entre el gasto pico de la avenida del 4 al 8 de octubre del 2005). Chicoasén, Chis.

Se construyeron avenidas de diseño con periodos de retorno de 5,000 y 10,000 años bajo el escenario conservador de que en los días en que se presentó la avenida sobre el vaso de la presa Chicoasén, se tuviera una extracción en todo momento de 2000 (m³/s) de la presa La Angostura (Figs. 5.45 y 5.46).

Una forma de obtener el volumen en la porción central de la avenida de diseño es mediante la fórmula de integración de Simpson 1/3:

$$\int_{t_0}^{t_n} F(t)dt = \frac{\Delta t}{3} \left[Q_0 + Q_n + 4 \sum_{\text{índice impar}} \text{Gastos con} + 2 \sum_{\text{índice par}} \text{Gastos con} \right]$$

Si tomamos en cuenta que $\Delta t = 1$ día, el volumen de la avenida es:

$$V = \frac{0.0864}{3} \Delta t \left[Q_0 + Q_n + 4 \sum_{\text{índice impar}} \text{Gastos con} + 2 \sum_{\text{índice par}} \text{Gastos con} \right] \quad [Mm^3] \quad (5.1)$$

donde:

- V volumen de la avenida, en Millones de metros cúbicos (Mm³).
- ∀ n siempre debe ser par (0,1,2,...n)

5.3.4.1. Avenida de diseño para un periodo de retorno Tr = 10 años

De la tabla 5.17 se seleccionaron los gastos medios diarios máximos anuales para las duraciones de 1 a 15 días y Tr = 10 años, con esta información se calcularon los gastos que se presentarían en cada día (gastos individuales), columna (3) de la tabla 5.18. En la columna (4) de la misma tabla, se muestran los gastos máximos del hidrograma de diseño utilizando los datos actualizados conforme al estudio realizado en el 2008 por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM).

Con un procedimiento similar al descrito en el Capítulo 4, se determinaron los gastos individuales y se determinó la forma de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 10 años. En la Fig. 5.24 y tabla 5.18, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 realizados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para construir la porción central del hidrograma de diseño se aplicó el procedimiento antes descrito (Figs. 5.25 y 5.26).

Los resultados de la tabla 5.18 y de la Fig. 5.26, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 10 años tendría un valor de 2,012 (m³/s), que es un valor 3.04% menor a los 2,075 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. Por lo tanto la avenida de diseño para Tr = 10 resultó ser muy aproximada a la del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 665 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo la porción modificada es de 675 (Mm³).

5.3.4.2. Avenida de diseño para un periodo de retorno Tr = 50 años

Se determinaron los gastos individuales y se determinó la forma de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 50 años. En la Fig. 5.29 y tabla 5.19, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM).

Los resultados de la tabla 5.19 y de la Fig. 5.29, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 50 años tendría un valor de 4,215 (m³/s), que es un valor 3.77% menor a los 4,380 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 1,025 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo la porción modificada es de 1,021 (Mm³). Por lo tanto la avenida de diseño para $Tr = 50$ resultó ser muy aproximada a la del 2006.

5.3.4.3. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 100$ años

En las Figs. 5.30 y 5.32 además de la tabla 5.20, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.20 y de la Fig. 5.32, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 100 años tendría un valor de 5,006 (m³/s), que es un valor 3.73% menor a los 5,200 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 1,168 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo la porción modificada es de 1,160 (Mm³). Por lo tanto la avenida de diseño para $Tr = 100$ resultó ser muy aproximada a la del 2006.

5.3.4.4. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 500$ años

En las Figs. 5.33 y 5.35 además de la tabla 5.21, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.21 y de la Fig. 5.35, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 500 años tendría un valor de 6,770 (m³/s), que es un valor 4.18% menor a los 7,065 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 1,497 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo la porción modificada es de 1,484 (Mm³). Por lo tanto la avenida de diseño para $Tr = 500$ resultó ser muy aproximada a la del 2006.

5.3.4.5. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 1,000$ años

En las Figs. 5.36 y 5.38 además de la tabla 5.22, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 1,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.22 y de la Fig. 5.38, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 1,000 años tendría un valor de 7,530 (m³/s), que es un valor 3.83% menor a los 7,830 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 1,634 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo la porción modificada es de 1,621 (Mm³). Por lo tanto la avenida de diseño para $Tr = 1,000$ años resultó ser muy aproximada a la del 2006.

5.3.4.6. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 5,000$ años

En las Figs. 5.39 y 5.41 además de la tabla 5.23, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 5,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.23 y de la Fig. 5.41, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 5,000 años tendría un valor de 9,266 (m^3/s), que es un valor 4.31% menor a los 9,683 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 1,992 (Mm^3) y de la avenida a nivel horario incluyendo la porción modificada es de 1,970 (Mm^3). Por lo tanto la avenida de diseño para $Tr = 5,000$ resultó ser muy aproximada a la del 2006.

5.3.4.7. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años

En las Figs. 5.42 y 5.44 además de la tabla 5.24, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 10,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.24 y de la Fig. 5.44, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 10,000 años tendría un valor de 10,047 (m^3/s), que es un valor 3.86% menor a los 10,450 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 2,108 (Mm^3) y de la avenida a nivel horario incluyendo la porción modificada es de 2,078 (Mm^3). Por lo tanto la avenida de diseño para $Tr = 10,000$ resultó ser muy aproximada a la del 2006.

Tabla 5.18. Avenidas de diseño, $Tr = 10$ años. Chicoasén, Chis.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma del pico histórico)							
t (día)	Q (m^3/s)	Q _{individual} (m^3/s)	Estudio 2008 Q (m^3/s)	Estudio 2006 Q (m^3/s)	Estudio 2006 (distribución horaria)				Estudio 2008 (distribución horaria)			
					t (hora)	Q (m^3/s)	t (hora)	Q (m^3/s)	t (hora)	Q (m^3/s)	t (hora)	Q (m^3/s)
1	1741	1741	253	310	147	883	192	1497	147	837	192	1462
2	1418	1096	109	244	150	883	195	1304	150	837	195	1279
3	1224	837	120	76	153	883	198	1112	153	837	198	1096
4	1087	674	353	360	156	883	201	1112	156	837	201	1096
5	975	527	424	393	159	883	204	1112	159	837	204	1096
6	887	447	527	541	162	883	207	1112	162	837	207	1096
7	821	424	837	883	165	1054	210	1112	165	1005	210	1096
8	771	421	1741	1796	168	1224	213	1112	168	1173	213	1096
9	724	353	1096	1112	171	1394	216	1112	171	1341	216	1096
10	692	401	674	656	174	1564	219	656	174	1508	219	674
11	640	120	447	502	177	1735	222	656	177	1676	222	674
12	600	160	421	423	180	1905	225	656	180	1844	225	674
13	562	109	401	410	183	2075	228	656	183	2012	228	674
14	539	232	160	241	186	1882	231	656	186	1829	231	674
15	520	253	232	222	189	1690	234	656	189	1645	234	674

Tabla 5.19. Avenidas de diseño, Tr = 50 años. Chicoasén, Chis.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma del pico histórico)							
t (día)	Q (m³/s)	Q _{Individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	Estudio 2006 (distribución horaria)				Estudio 2008 (distribución horaria)			
					t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)
1	3552	3552	185	502	147	1181	192	3033	147	1135	192	2930
2	2813	2074	126	5	150	1181	195	2583	150	1135	195	2502
3	2253	1135	640	42	153	1181	198	2135	153	1135	198	2074
4	1862	689	560	391	156	1181	201	2135	156	1135	201	2074
5	1609	598	584	544	159	1181	204	2135	159	1135	204	2074
6	1441	597	598	603	162	1181	207	2135	162	1135	207	2074
7	1318	584	1135	1181	165	1638	210	2135	165	1575	210	2074
8	1219	523	3552	3688	168	2095	213	2135	168	2015	213	2074
9	1146	560	2074	2135	171	2552	216	2135	171	2455	216	2074
10	1055	241	689	632	174	3009	219	632	174	2895	219	689
11	1017	640	597	674	177	3466	222	632	177	3335	222	689
12	943	122	523	569	180	3923	225	632	180	3775	225	689
13	880	126	241	387	183	4380	228	632	183	4215	228	689
14	830	180	122	194	186	3931	231	632	186	3787	231	689
15	787	185	180	163	189	3482	234	632	189	3358	234	689

Tabla 5.20. Avenidas de diseño, Tr = 100 años. Chicoasén, Chis.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma del pico histórico)							
t (día)	Q (m³/s)	Q _{Individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	Estudio 2006 (distribución horaria)				Estudio 2008 (distribución horaria)			
					t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)
1	4203	4203	125	563	147	1287	192	3590	147	1243	192	3464
2	3319	2436	113	30	150	1287	195	3053	150	1243	195	2950
3	2627	1243	972	14	153	1287	198	2517	153	1243	198	2436
4	2145	698	691	425	156	1287	201	2517	156	1243	201	2436
5	1842	628	663	623	159	1287	204	2517	159	1243	204	2436
6	1646	671	628	632	162	1287	207	2517	162	1243	207	2436
7	1506	663	1243	1287	165	1846	210	2517	165	1781	210	2436
8	1389	571	4203	4370	168	2405	213	2517	168	2318	213	2436
9	1311	691	2436	2517	171	2964	216	2517	171	2856	216	2436
10	1195	150	698	629	174	3523	219	629	174	3393	219	698
11	1175	972	671	754	177	4082	222	629	177	3931	222	698
12	1085	93	571	633	180	4641	225	629	180	4468	225	698
13	1010	113	150	376	183	5200	228	629	183	5006	228	698
14	950	170	93	190	186	4663	231	629	186	4492	231	698
15	895	125	170	28	189	4126	234	629	189	3978	234	698

Tabla 5.21. Avenidas de diseño, Tr = 500 años. Chicoasén, Chis.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma del pico histórico)							
t (día)	Q (m³/s)	Q _{Individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	Estudio 2006 (distribución horaria)				Estudio 2008 (distribución horaria)			
					t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)
1	5663	5663	95	396	147	1522	192	4854	147	1487	192	4657
2	4456	3249	117	26	150	1522	195	4117	150	1487	195	3953
3	3466	1487	1427	66	153	1522	198	3378	153	1487	198	3249
4	2780	720	994	512	156	1522	201	3378	156	1487	201	3249
5	2363	697	838	804	159	1522	204	3378	159	1487	204	3249
6	2109	837	697	695	162	1522	207	3378	162	1487	207	3249
7	1927	838	1487	1522	165	2314	210	3378	165	2242	210	3249
8	1772	689	5663	5900	168	3106	213	3378	168	2996	213	3249
9	1686	994	3249	3378	171	3897	216	3378	171	3751	216	3249
10	1540	226	720	623	174	4689	219	623	174	4506	219	720
11	1530	1427	837	930	177	5481	222	623	177	5261	222	720
12	1405	35	689	779	180	6273	225	623	180	6015	225	720
13	1306	117	226	355	183	7065	228	623	183	6770	228	720
14	1220	102	35	74	186	6329	231	623	186	6066	231	720
15	1145	95	102	85	189	5592	234	623	189	5362	234	720

Tabla 5.22. Avenidas de diseño, Tr = 1,000 años. Chicoasén, Chis.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma del pico histórico)							
t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	Estudio 2006 (distribución horaria)				Estudio 2008 (distribución horaria)			
					t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)
1	6286	6286	130	385	147	1620	192	5381	147	1596	192	5167
2	4938	3591	86	35	150	1620	195	4565	150	1596	195	4379
3	3824	1596	1626	60	153	1620	198	3748	153	1596	198	3591
4	3050	729	1129	538	156	1620	201	3748	156	1596	201	3591
5	2585	722	914	883	159	1620	204	3748	159	1596	204	3591
6	2306	913	722	728	162	1620	207	3748	162	1596	207	3591
7	2107	914	1596	1620	165	2506	210	3748	165	2444	210	3591
8	1935	727	6286	6551	168	3394	213	3748	168	3291	213	3591
9	1845	1129	3591	3748	171	4281	216	3748	171	4139	216	3591
10	1686	252	729	613	174	5168	219	613	174	4987	219	729
11	1681	1626	913	1011	177	6055	222	613	177	5835	222	729
12	1542	18	727	842	180	6942	225	613	180	6682	225	729
13	1430	86	252	347	183	7830	228	613	183	7530	228	729
14	1330	30	18	55	186	7014	231	613	186	6742	231	729
15	1250	130	30	50	189	6197	234	613	189	5954	234	729

Tabla 5.23. Avenidas de diseño, Tr = 5,000 años. Chicoasén, Chis.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma del pico histórico)							
t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	Estudio 2006 (distribución horaria)				Estudio 2008 (distribución horaria)			
					t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)
1	7722	7722	50	262	147	1845	192	6620	147	1871	192	6340
2	6055	4389	305	27	150	1845	195	5599	150	1871	195	5364
3	4661	1871	2168	16	153	1845	198	4578	153	1871	198	4389
4	3675	717	1411	656	156	1845	201	4578	156	1871	201	4389
5	3098	791	1053	1084	159	1845	204	4578	159	1871	204	4389
6	2764	1097	791	810	162	1845	207	4578	162	1871	207	4389
7	2520	1053	1871	1845	165	2966	210	4578	165	2928	210	4389
8	2315	879	7722	8069	168	4086	213	4578	168	3984	213	4389
9	2214	1411	4389	4578	171	5205	216	4578	171	5040	216	4389
10	2020	270	717	616	174	6325	219	616	174	6097	219	717
11	2033	2168	1097	1171	177	7445	222	616	177	7153	222	717
12	1865	12	879	935	180	8564	225	616	180	8210	225	717
13	1745	305	270	328	183	9683	228	616	183	9266	228	717
14	1625	65	12	41	186	8662	231	616	186	8291	231	717
15	1520	50	65	54	189	7641	234	616	189	7315	234	717

Tabla 5.24. Avenidas de diseño, Tr = 10,000 años. Chicoasén, Chis.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma del pico histórico)							
t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	Estudio 2006 (distribución horaria)				Estudio 2008 (distribución horaria)			
					t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)	t (hora)	Q (m³/s)
1	8373	8373	8	112	147	1945	192	7143	147	1975	192	6834
2	6532	4691	37	132	150	1945	195	6040	150	1975	195	5762
3	5013	1975	2455	97	153	1945	198	4938	153	1975	198	4691
4	3949	759	1628	779	156	1945	201	4938	156	1975	201	4691
5	3317	787	1206	1086	159	1945	204	4938	159	1975	204	4691
6	2959	1167	787	837	162	1945	207	4938	162	1975	207	4691
7	2708	1206	1975	1945	165	3160	210	4938	165	3128	210	4691
8	2476	850	8373	8710	168	4375	213	4938	168	4281	213	4691
9	2382	1628	4691	4938	171	5590	216	4938	171	5434	216	4691
10	2145	15	759	614	174	6805	219	614	174	6588	219	759
11	2173	2455	1167	1322	177	8020	222	614	177	7741	222	759
12	2001	109	850	997	180	9235	225	614	180	8894	225	759
13	1850	37	15	234	183	10450	228	614	183	10047	228	759
14	1718	2	109	18	186	9347	231	614	186	8976	231	759
15	1604	8	2	60	189	8245	234	614	189	7905	234	759

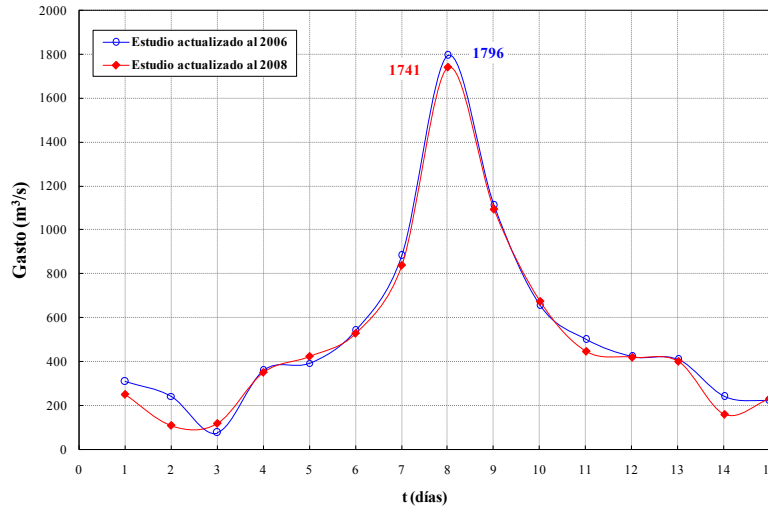


Figura 5.24. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=10$ años. Presa Chicoasén, Chis.

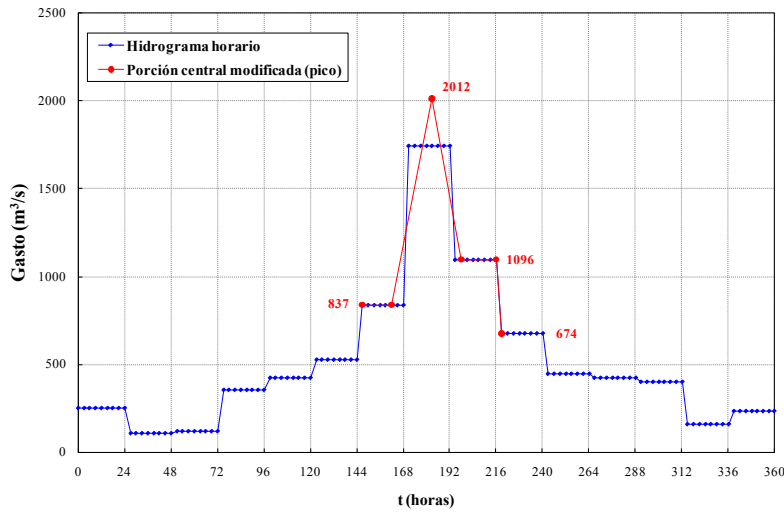


Figura 5.25. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=10$ años. Presa Chicoasén, Chis.

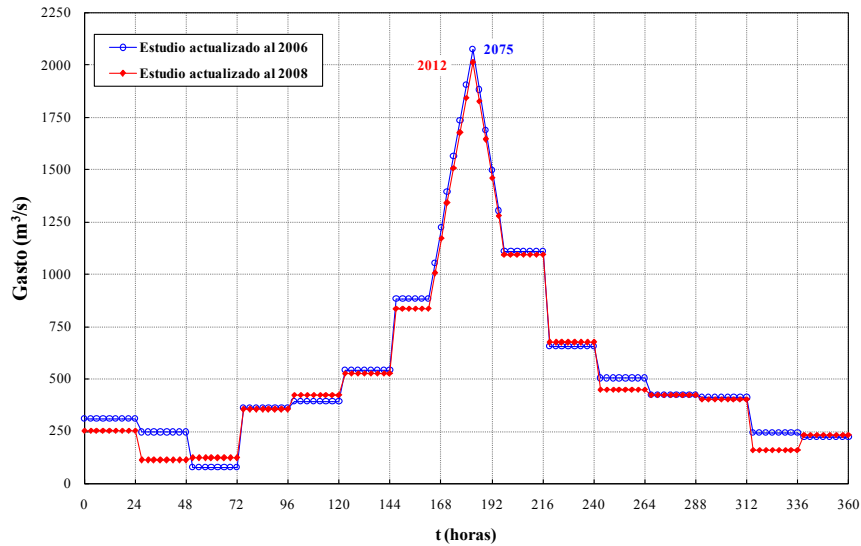


Figura 5.26. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=10$ años. Presa Chicoasén, Chis.

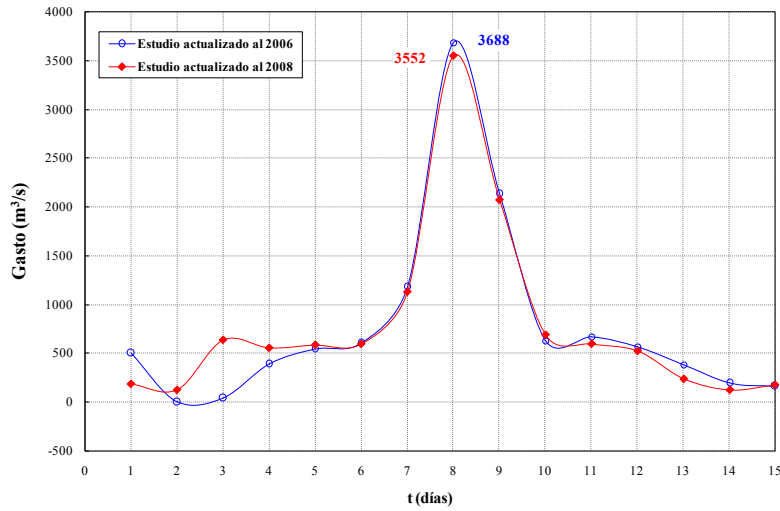


Figura 5.27. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=50$ años. Presa Chicoasén, Chis.

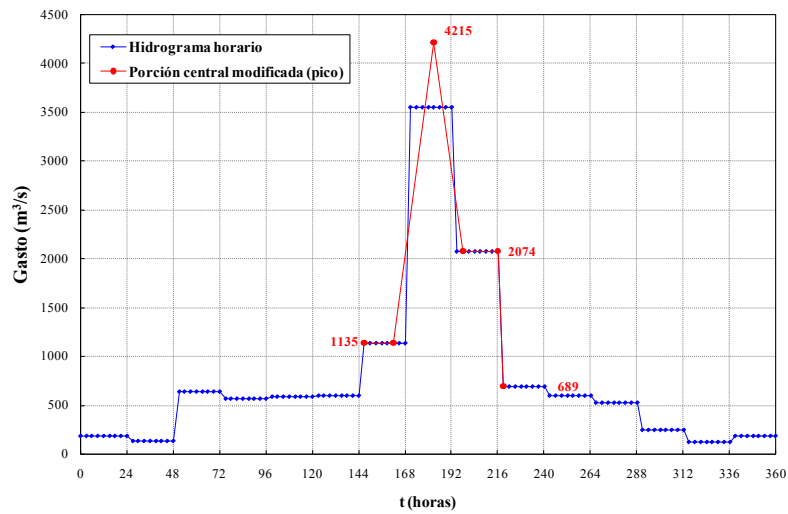


Figura 5.28. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=50$ años. Presa Chicoasén, Chis.

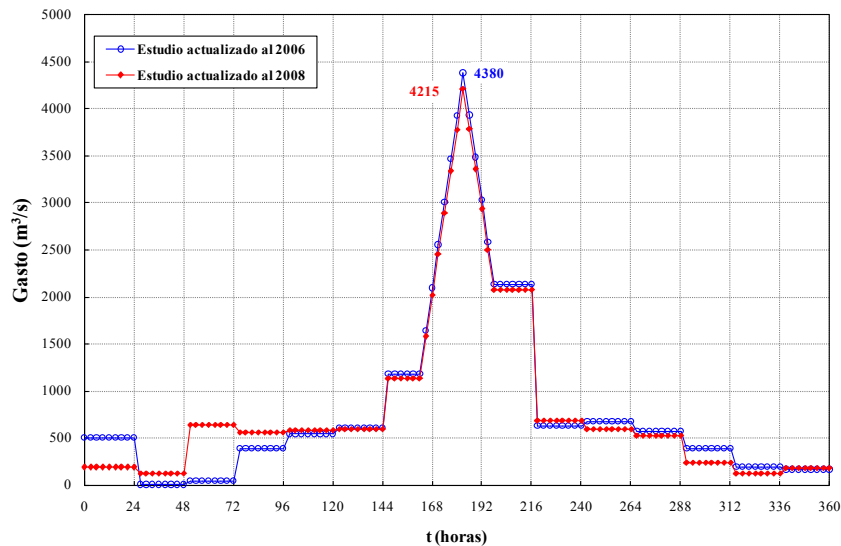


Figura 5.29. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=50$ años. Presa Chicoasén, Chis.

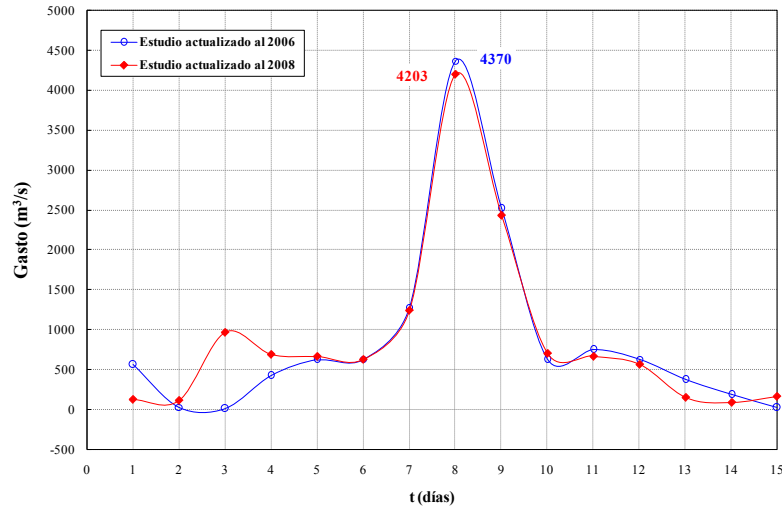


Figura 5.30. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=100$ años. Presa Chicoasén, Chis.

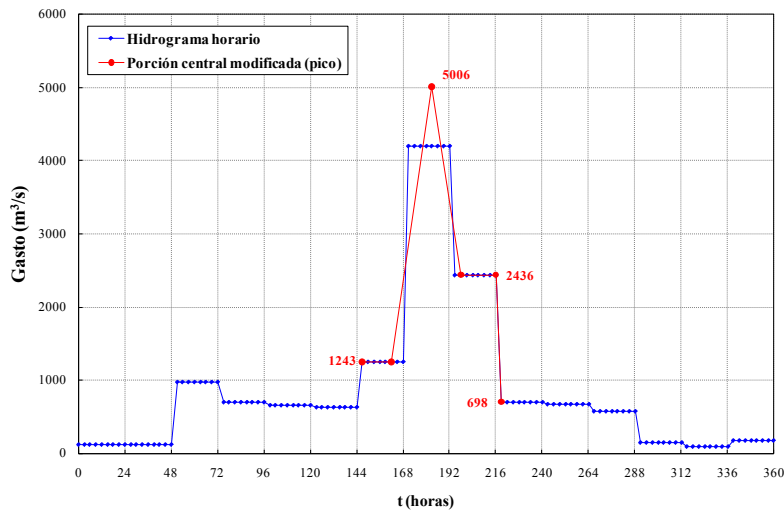


Figura 5.31. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=100$ años. Presa Chicoasén, Chis.

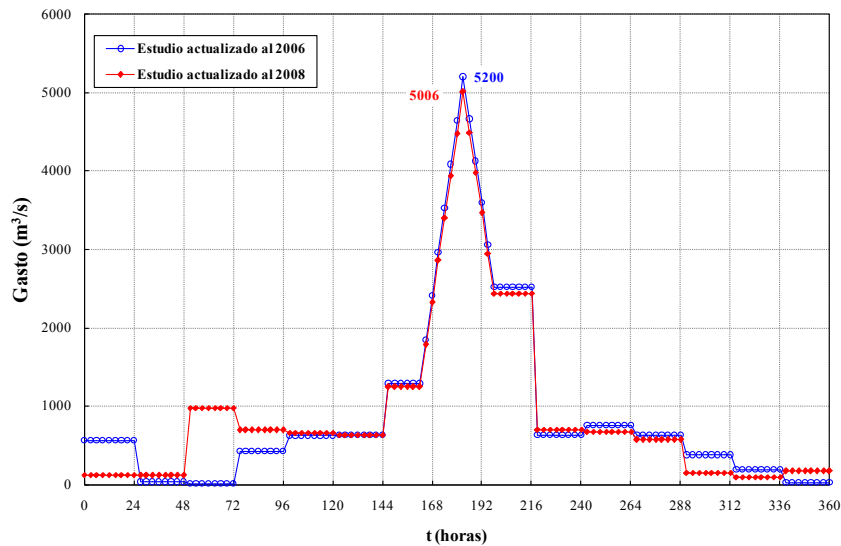


Figura 5.32. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=100$ años. Presa Chicoasén, Chis.

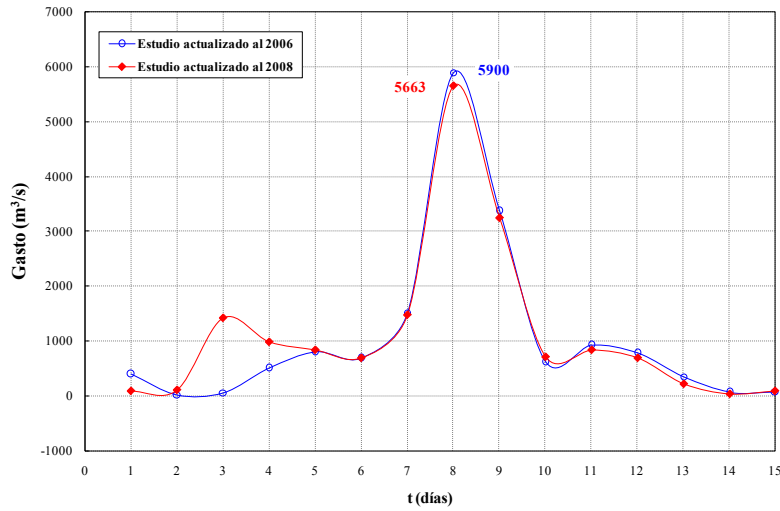


Figura 5.33. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=500$ años. Presa Chicoasén, Chis.

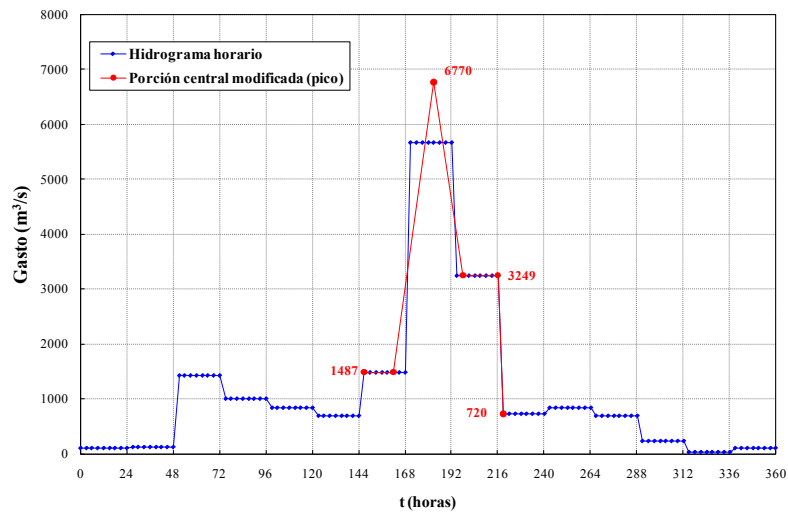


Figura 5.34. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=500$ años. Presa Chicoasén, Chis.

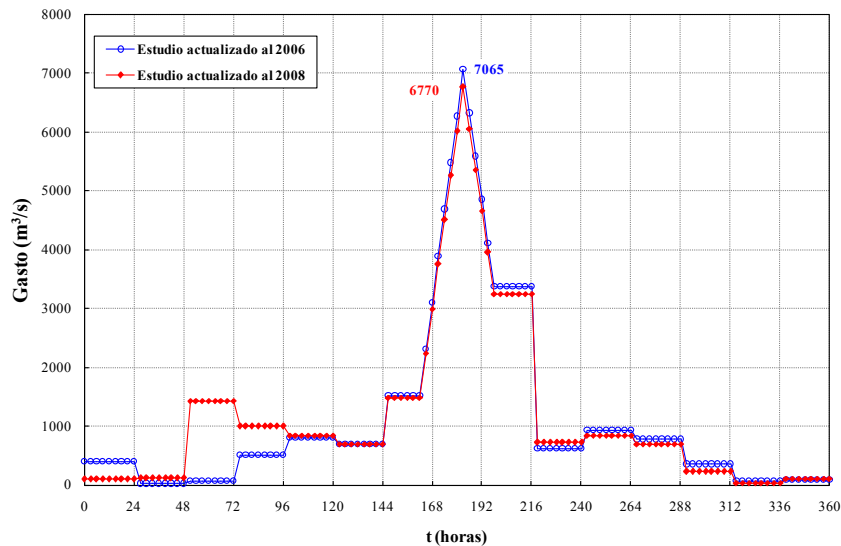


Figura 5.35. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=500$ años. Presa Chicoasén, Chis.

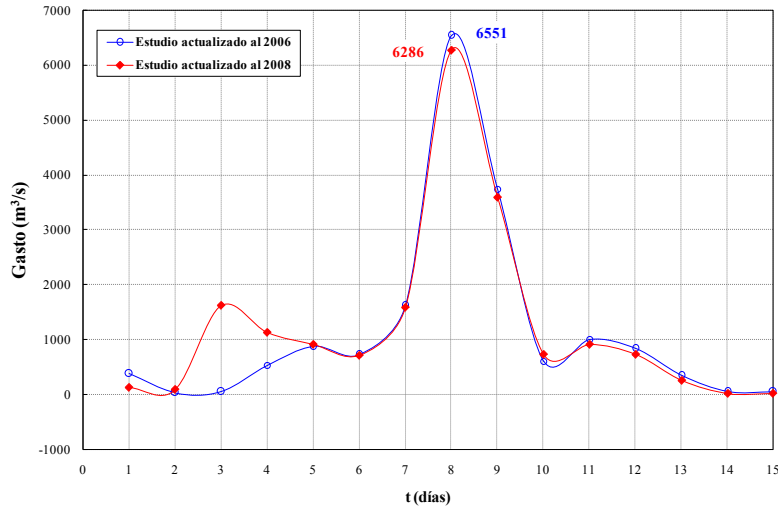


Figura 5.36. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=1,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

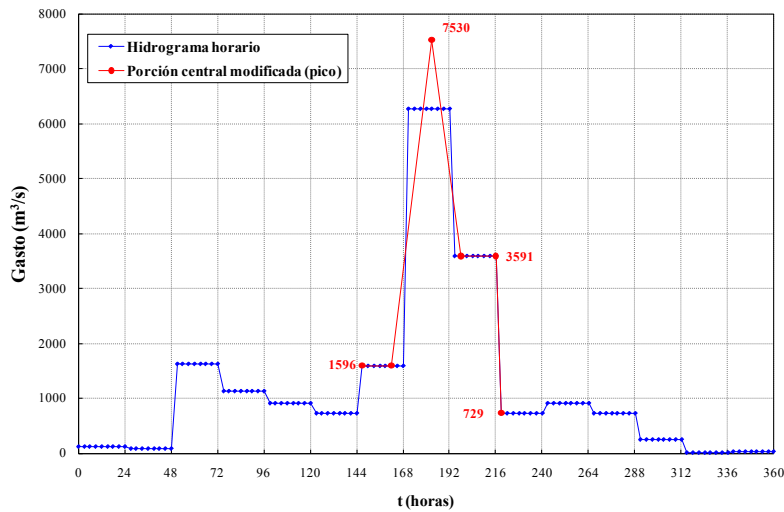


Figura 5.37. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=1000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

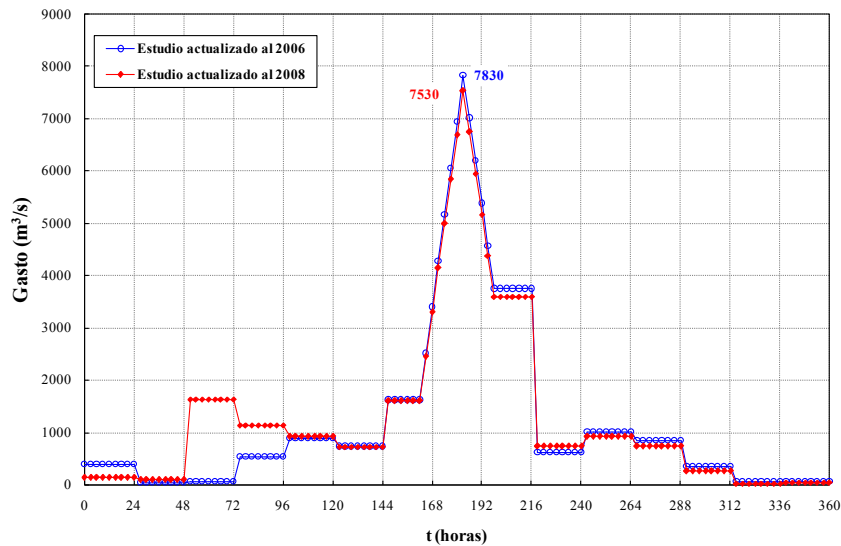


Figura 5.38. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=1,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

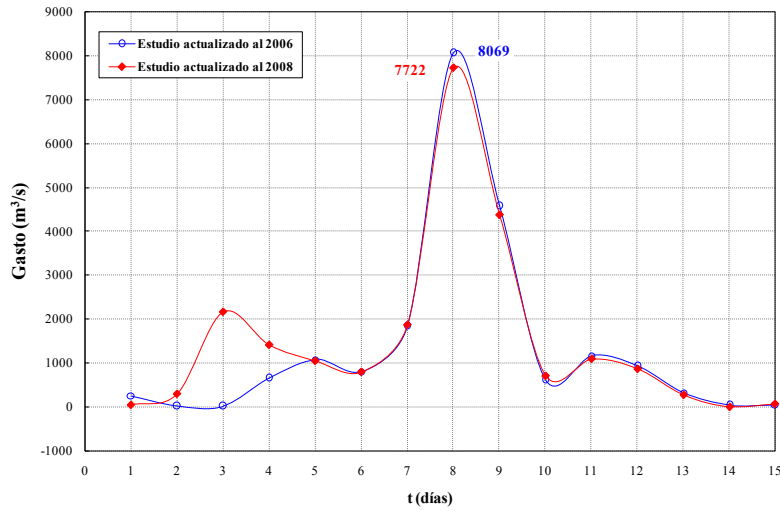


Figura 5.39. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=5,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

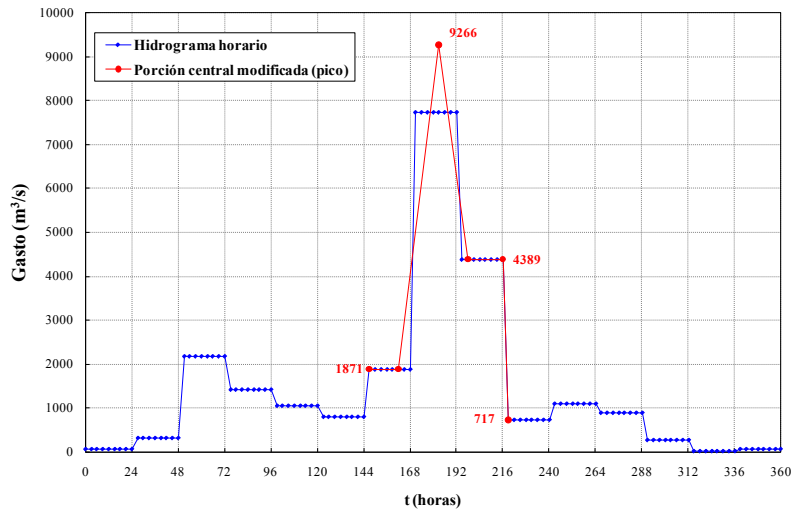


Figura 5.40. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=5000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

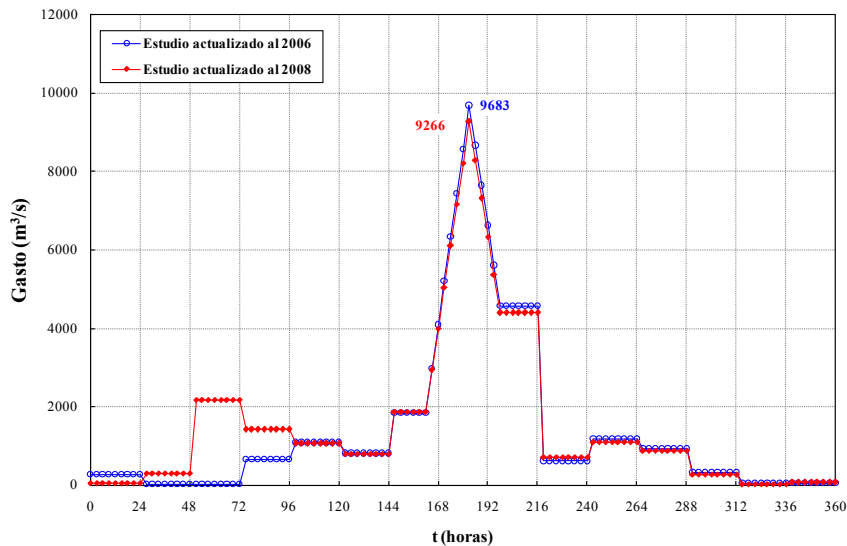


Figura 5.41. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=5,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

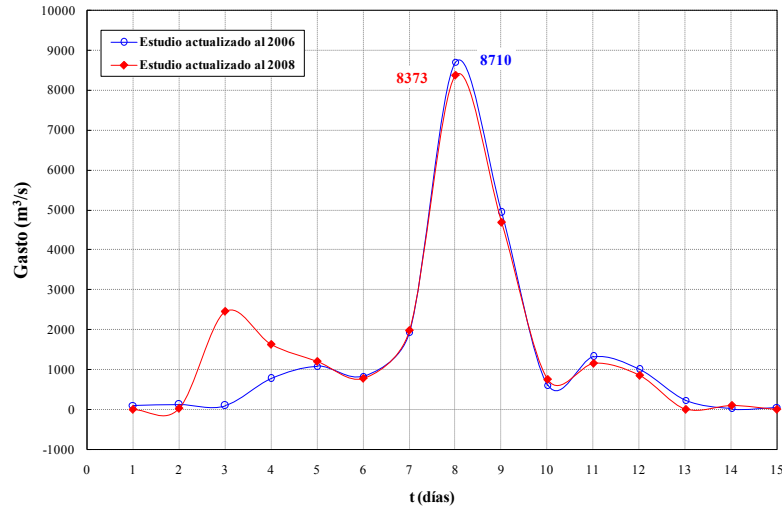


Figura 5.42. Avenida de diseño (a nivel diario) $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

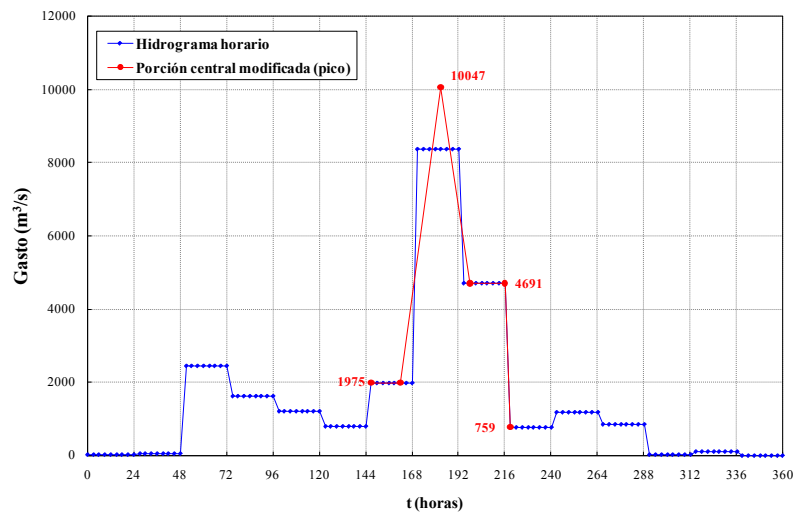


Figura 5.43. Construcción del pico de la avenida de diseño $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

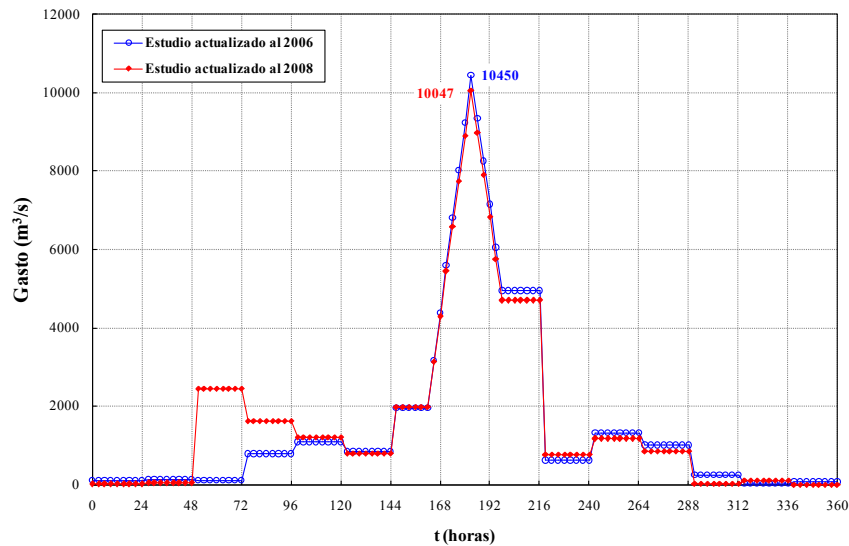


Figura 5.44. Avenida de diseño (a nivel horario) $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis.

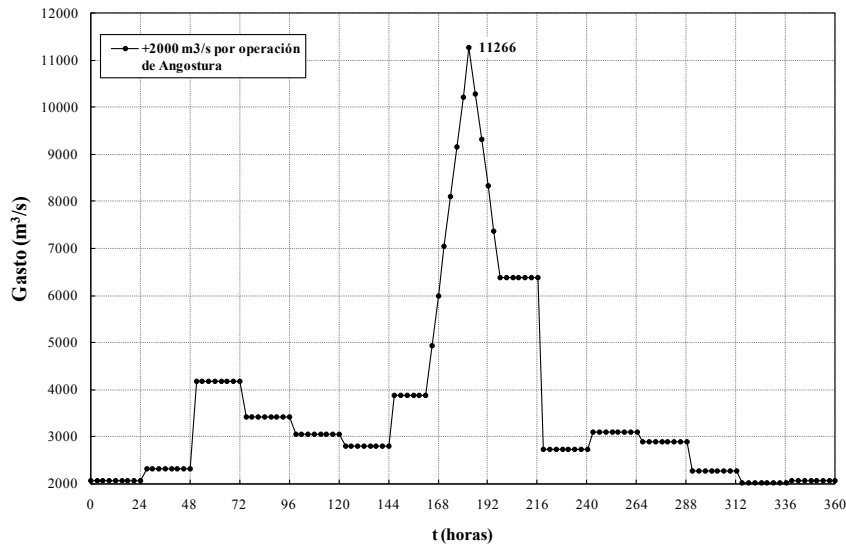


Figura 5.45. Avenida de diseño para un $Tr=5,000$ años. Presa Chicoasén, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000 \text{ (m}^3/\text{s)}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008.

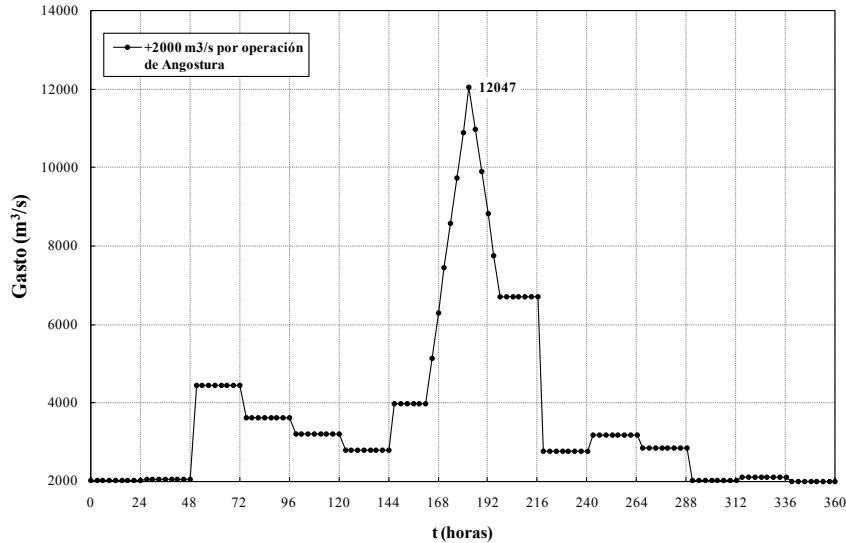


Figura 5.46. Avenida de diseño para un $Tr=10,000$ años. Presa Chicoasén, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000 \text{ (m}^3/\text{s)}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008.

5.3.5. Cálculo del tránsito de avenidas

Las avenidas que se transitaron en este trabajo corresponden a los estudios realizados en los años 2006 y 2008, analizando los periodos de retorno de 100, 5000 y 10000 años respectivamente.

Las avenidas que se transitaron corresponden a los hidrogramas de diseño que incluyen la porción central modificada para periodos de retorno de 100, 5000 y 10000 años, en los hidrogramas que se transitaron se maneja un intervalo de tiempo $\Delta t = 3 \text{ (h)}$. Se tomó en cuenta como elevación inicial la del NAMO, $E = 388 \text{ (msnm)}$, se consideró el gasto de salida por la obra de toma igual a cero y el gasto de salida por la obra de excedencias de $1000 \text{ (m}^3/\text{s)}$. Se utilizó la curva elevaciones-capacidades (tabla. 5.25) proporcionada por la

Comisión Federal de Electricidad, a la curva se le extrapoló un valor que corresponde al volumen en la elevación 396 (msnm).

Para ambos estudios (2006 y 2008), se utilizó la curva elevaciones-descargas por la obra de excedencias utilizando la ley de descarga mostrada en la tabla 5.25, de igual forma proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad.

Los cálculos para efectuar el tránsito de la avenida se obtuvieron mediante el programa TRATE.bas, elaborado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El factor para definir el intervalo de tiempo de cálculo que se manejó en el algoritmo es $ifdt = 4$. No se consideró algún tipo de restricción en el Gasto de Salida.

Mediante un análisis de regresión lineal múltiple se obtuvo una ecuación de segundo grado, por medio de la ecuación cuadrática se extrapoló un valor del volumen para la elevación 396 (msnm).

$$E = -4.9985 \times 10^{-05} V^2 + 0.0690582 V + 379.8910996$$

**Tabla 5.25. Curva elevaciones-capacidades.
Presa Chicoasén, Chis. (CFE)**

E (msnm)	V (Mm³)	Qs (m³/s)
380	0.00	0.00
381	15.82	0.00
382	31.64	0.00
383	47.45	0.00
384	63.27	0.00
385	79.09	0.00
386	96.12	0.00
387	113.15	0.00
388	130.17	1000.00
389	147.20	1500.00
390	164.23	2000.00
391	184.13	2750.00
392	204.02	3500.00
393	227.31	4200.00
394	250.61	6300.00
395	273.90	12000.00
396	297.20	17700.00

5.3.5.1. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 100$ años

Se utilizó el hidrograma de diseño dando forma al pico de la avenida considerando el estudio del 2006. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 393 (msnm). Tomando en cuenta que la elevación del NAME de la presa Chicoasén es de 395 (msnm), por lo tanto la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 227 (Mm³). En la Fig. 5.47 se bosqueja el hidrograma de salida.

Si se trabaja con los datos del hidrograma de diseño incluyendo su porción central modificada correspondiente al estudio del 2008, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 392.79 (msnm), se observa que ante la nueva avenida

presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 100 años, la elevación máxima no rebasa el NAME. El volumen total almacenado fue de 223 (Mm³). En la Fig. 5.48 se bosqueja el hidrograma de salida.

5.3.5.2. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 5000$ años

Utilizando los datos del hidrograma de diseño incluyendo su porción central modificada correspondiente al estudio del 2006, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 394.53 (msnm), por lo tanto la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 263.27 (Mm³). En la Fig. 5.49 se bosqueja el hidrograma de salida.

Al utilizar el hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida correspondiente al estudio del 2008, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 394.47 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 5000 años, la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 260.14 (Mm³). En la Fig. 5.50 se bosqueja el hidrograma de salida.

5.3.5.3. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años

Utilizando los datos del hidrograma de diseño incluyendo su porción central modificada correspondiente al estudio del 2006, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 394.67 (msnm), por lo tanto la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 266.33 (Mm³). En la Fig. 5.51 se bosqueja el hidrograma de salida.

Al utilizar el hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida correspondiente al estudio del 2008, después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 394.61 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 10000 años, la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 263.42 (Mm³). En la Fig. 5.52 se bosqueja el hidrograma de salida.

Conforme a los resultados obtenidos se deduce que el volumen de superalmacenamiento reportado en el estudio del 2006 es aproximadamente similar que el estimado en el estudio del 2008, el gasto pico obtenido en el estudio del 2006 es de 10,450 (m³/s). Esta situación se deriva por el evento máximo ocurrido el 6 de octubre del 2005.

Al considerar un criterio conservador de que durante la avenida se descargue continuamente un gasto de 2000 (m³/s) provenientes de la presa La Angostura. Los resultados del tránsito de avenidas para periodos de retorno de 5000 y 10000 años se muestran en las Figs. 5.53 y 5.54.

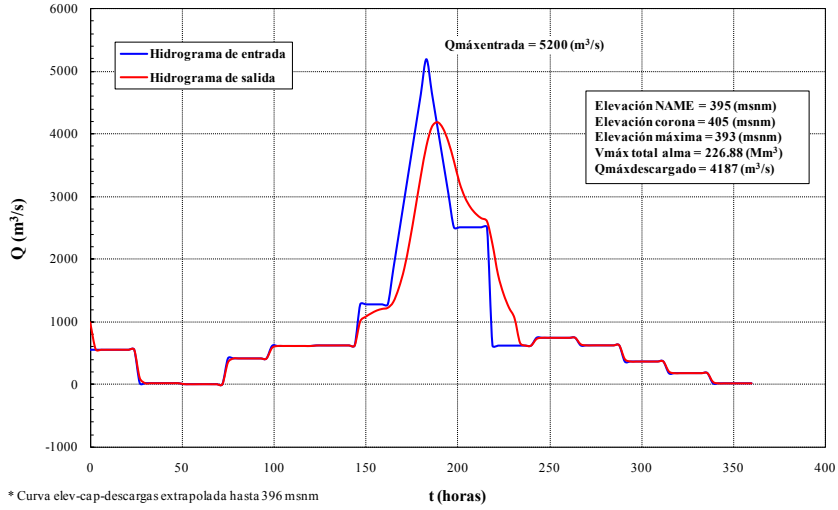


Figura 5.47. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 100$ años.
Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2006.

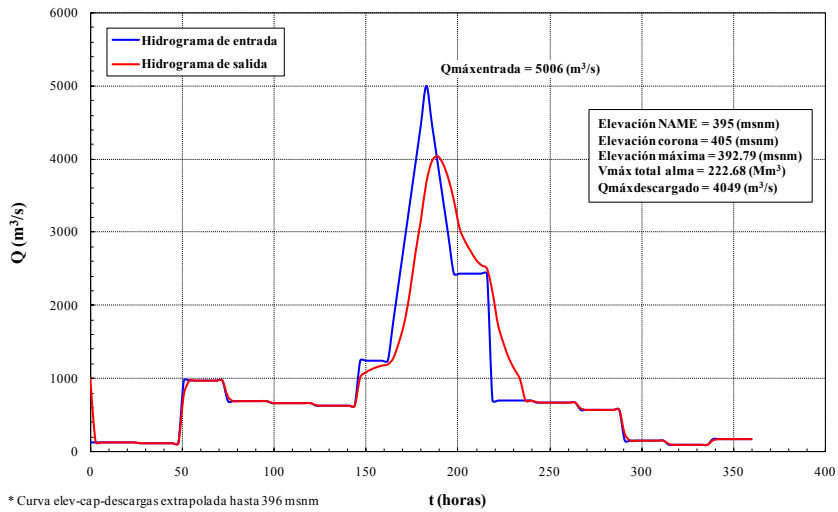


Figura 5.48. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 100$ años.
Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.

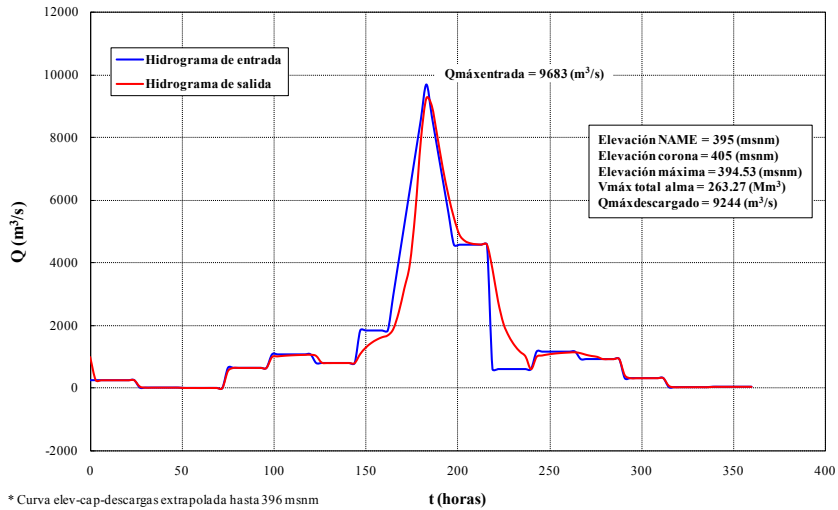


Figura 5.49. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 5000$ años.
Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2006.

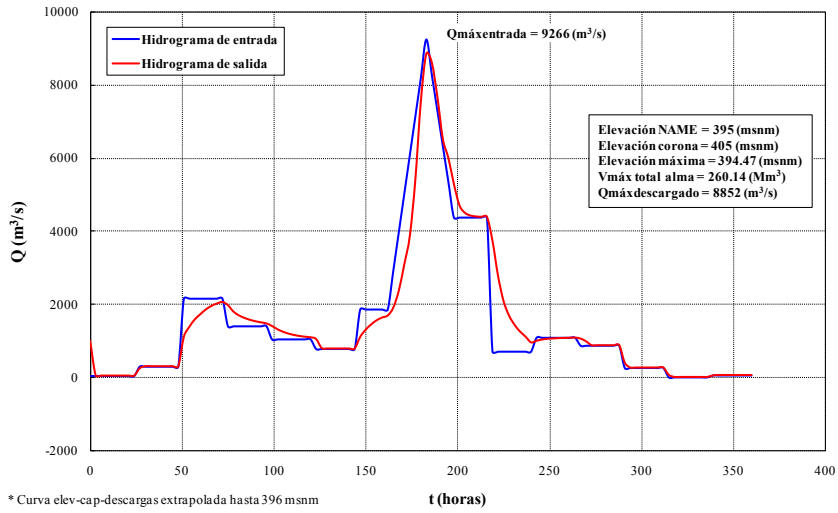


Figura 5.50. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 5000$ años.
Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.

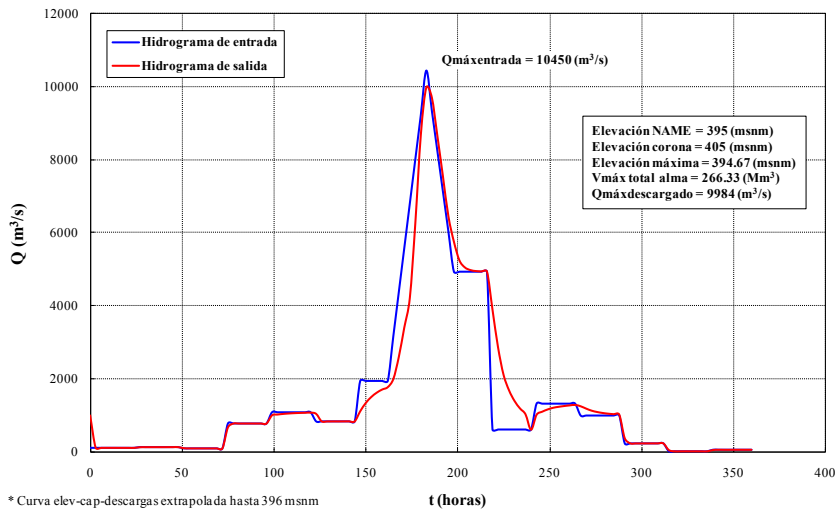


Figura 5.51. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 10000$ años.
Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2006.

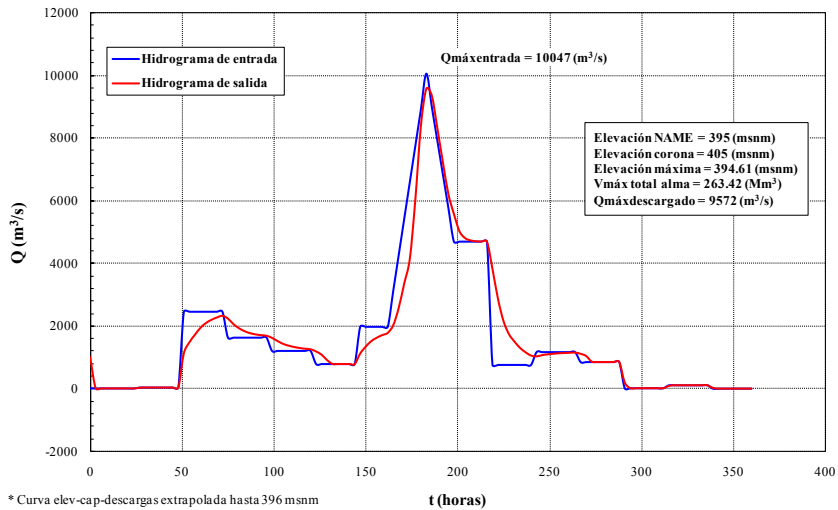


Figura 5.52. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, $Tr = 10000$ años.
Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.

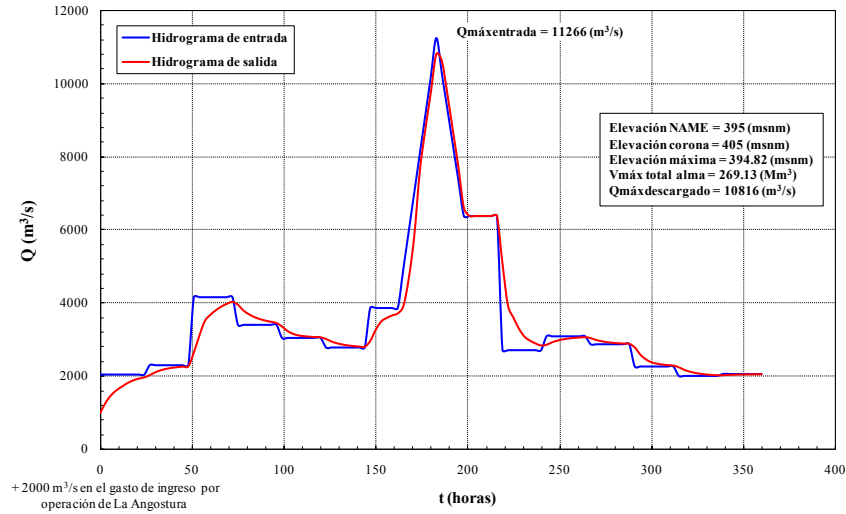


Figura 5.53. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, considerando operación de La Angostura durante la avenida. $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.

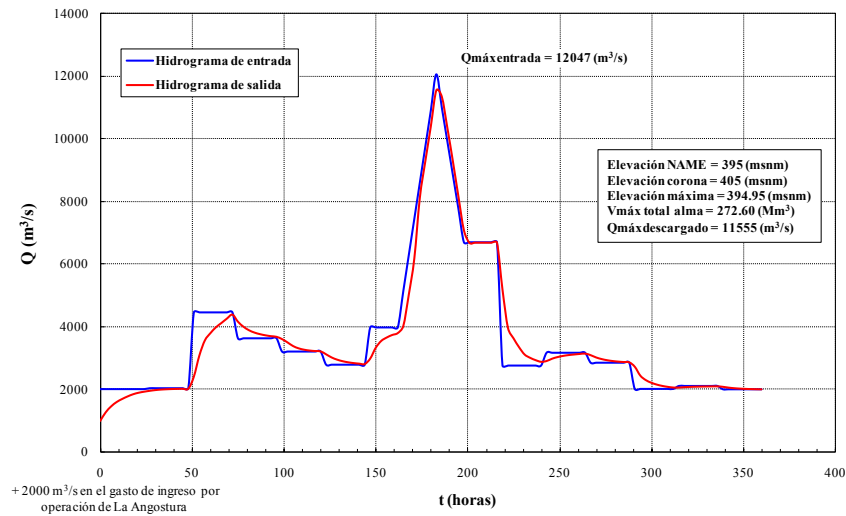


Figura 5.54. Tránsito de la Avenida en la presa Chicoasén, considerando operación de La Angostura durante la avenida. $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 388$ (msnm). Estudio 2008.

5.3.6. Resumen de resultados y conclusiones

Realizando un balance de las avenidas de diseño respecto a los estudios analizados en el 2006 y 2008, se llega a la conclusión de que los parámetros (gasto pico y volumen de avenida) que se obtuvieron en el estudio del 2008 son 6.35% mayores en volumen que los estimados en 2006, los gastos pico que se estimaron en el estudio del 2008 fueron 3.81% menores a los reportados en el estudio del 2006, debido a la avenida máxima histórica registrada en octubre del 2005.

Para el análisis en donde no se consideró la operación de La Angostura, las elevaciones máximas que se estimaron mediante los tránsitos de avenidas no superan al NAME de la presa Chicoasén. Al considerar la descarga continua de 2000 (m³/s) provenientes de La Angostura durante el instante en que se presentaron las avenidas, el tránsito de la avenida para un periodo de retorno de 5,000 años correspondiente al estudio 2008, la elevación

máxima todavía no supera al NAME; de modo que el nivel quedaría 18 (cm) por debajo del NAME. Para un periodo de 10,000 la elevación máxima que se alcanzó el agua es de 394.95 (msnm), es decir 5 (cm) por debajo del NAME. En todos los casos analizados no se observó el riesgo de que la elevación máxima alcanzara la corona de la presa Chicoasén.

En la tabla 5.26 se indican los gastos pico y volúmenes de las avenidas de diseño, para los periodos de retorno analizados en los estudios 2006 y 2008 realizados en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En la tabla 5.27 se indican los tránsitos de avenidas de diseño, para periodos de retorno de 100, 5000 y 10,000 años, correspondientes a los estudios del 2006, 2008.

Tabla 5.26. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa Chicoasén, Chis.

Tr (años)	Estudio 2006		Estudio 2008		2008 vs 2006	
	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)
10	2075	707	2012	675	-3.04%	-4.53%
50	4380	1014	4215	1021	-3.77%	+0.69%
100	5200	1132	5006	1160	-3.73%	+2.47%
500	7065	1397	6770	1484	-4.18%	+6.23%
1000	7830	1509	7530	1621	-3.83%	+7.42%
5000	9683	1770	9266	1970	-4.31%	+11.30%
10000	10450	1889	10047	2078	-3.86%	+10.01%

Tabla 5.26. Continuación

Incluye +2000 (m ³ /s) por operación de La Angostura.						
Tr (años)	Estudio 2006		Estudio 2008		2008 vs 2006	
	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)
5000	11683	4362	11266	4562	-3.57%	+4.59%
10000	12450	4481	12047	4670	-3.23%	+4.22%

Tabla 5.27. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa Chicoasén, Chis.

Elevación inicial (msnm)	Variable	Estudio 2006					Estudio 2008				
		Tr (años)					Tr (años)				
		100	5000	10000	*5000	*10000	100	5000	10000	*5000	*10000
388	Q _{máx} ingreso (m ³ /s)	5200	9683	10450	11683	12450	5006	9266	10047	11266	12047
388	Q _{máx} salida (m ³ /s)	4187	9244	9984	11259	11990	4049	8852	9572	10816	11555
388	V _{máx} total alm. (Mm ³)	227	263	266	271	275	223	260	263	269	273
388	E _{máx} (msnm)	393.00	394.53	394.67	394.89	395.02	392.79	394.47	394.61	394.82	394.95

*Con la condición conservadora de que al presentarse la avenida de la presa La Angostura esté operando en todo momento con una extracción de 2000 m³/s.

5.4. Avenidas de diseño para la presa Netzahualcóyotl “Malpaso” (cuenca propia de Malpaso, desde Angostura hasta Malpaso)

5.4.1. Avenida máxima histórica

La recopilación de registros históricos para la presa Malpaso se tomaron de la siguiente manera: los *gastos medios diarios*, por cuenca propia, fueron recopilados del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) (CNA 2000) y de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) entre los periodos de 1959 a 1973 y de 1977 a 1998. Para el periodo comprendido del año 1999 al 2008 se consideraron las aportaciones por cuenca propia en millones de m^3 de los reportes de operación horaria, proporcionados por la CFE (funcionamiento de vaso de 1999 al 2008); dichos volúmenes fueron transformados a gastos medios diarios (Domínguez et al., 2006). El registro histórico con periodos de 1959 a 1973 y de 1977 a 2008 se localiza en la tabla 5.28.

Con forme a la tabla 5.28 se observa que los escurrimientos ocurridos en el año de 1980, generaron la mayor avenida presentada en el periodo de registro histórico mencionado. El gasto medio diario máximo fue de **7,505 (m^3/s)**, ocurrido el 25 de septiembre de 1980. En la Fig. 5.55 se aprecia un lapso del hidrograma correspondiente a la *avenida histórica* del primero de septiembre al 31 de octubre del mismo año.

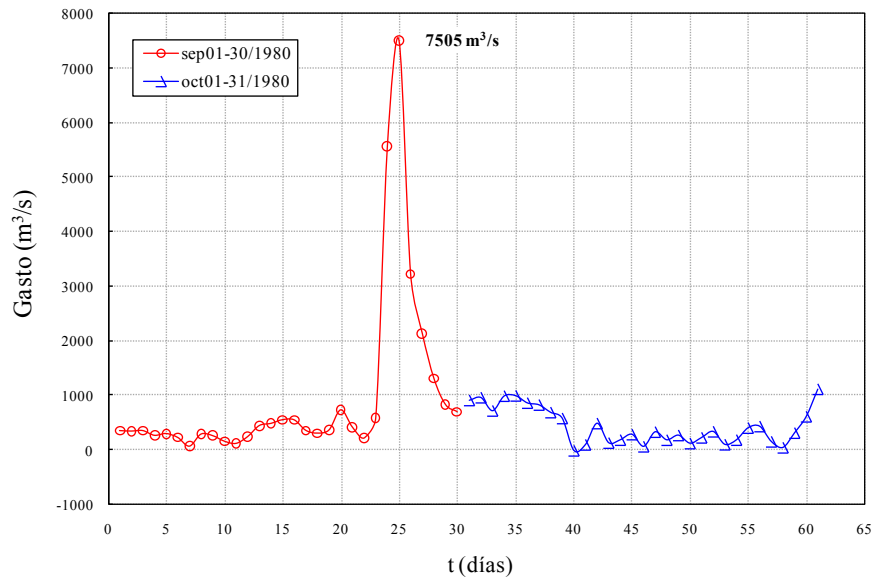


Figura 5.55. Avenida máxima histórica registrada del primero de septiembre al 31 de octubre de 1980. Presa Malpaso, Chis.

5.4.2. Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales

Para obtener los gastos medios máximos anuales, se consideró, para las duraciones de 1 a 60 días, utilizando el registro histórico con periodo de 1959 a 1973 y de 1977 a 2008, los datos se procesaron con ayuda del programa GAS1.bas para obtener los gastos medios diarios máximos. Estos valores se consignan en la tabla 5.29: de acuerdo a la tabla, se observa que el gasto medio máximo anual ocurrió el 25 de septiembre de 1980, seguido por el presentado en septiembre 24 de 1963, que fue de 6,435 (m^3/s).

Tabla 5.28. Gastos medios diarios por cuenca propia en (m³/s). Presa Malpaso, Chis.

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1959	1	-149	-148	-147	-145	-146	-144	-139	-139	-137	-134	-135	-134	-134	-132	-131	-129	-128	-126	-124	-122	-121	-120	-119	-119	-119	-117	-116	-117	-114	-114	-112
1959	2	-112	-109	-108	-108	-106	-104	-102	-102	-102	-101	-99	-98	-98	-96	-95	-93	-92	-92	-90	-90	-91	-90	-90	-90	-89	-88	-87	-86			
1959	3	161	173	153	141	134	130	144	144	140	139	132	126	162	191	165	147	134	139	150	148	146	233	290	219	182	163	146	133	161	134	125
1959	4	119	145	166	144	130	123	115	109	108	96	97	115	366	537	452	328	256	203	172	155	132	196	216	267	281	224	186	162	145	134	
1959	5	106	106	104	98	105	98	88	99	99	91	85	82	57	60	95	98	73	78	92	99	85	80	90	79	87	85	50	57	85	73	59
1959	6	85	102	89	78	107	132	117	89	91	119	248	246	227	302	204	174	223	740	508	424	324	641	534	397	490	356	297	123	270	294	
1959	7	232	209	164	148	177	167	199	188	167	128	125	113	58	34	13	235	167	99	145	-56	200	197	177	98	248	174	175	113	110	178	164
1959	8	279	164	98	315	277	194	238	156	235	128	209	304	233	266	202	120	147	263	559	351	290	248	228	500	399	419	331	362	328	203	318
1959	9	240	200	211	252	348	376	289	352	245	209	264	244	241	200	136	319	280	99	518	477	369	338	311	284	275	370	279	232	181	184	
1959	10	205	157	189	92	185	209	153	152	80	364	535	263	1427	790	521	397	1509	2689	2033	1415	857	658	846	777	528	676	525	467	461	444	267
1959	11	333	350	304	256	226	220	652	826	750	728	546	400	327	280	319	348	329	884	1236	708	490	385	306	252	212	189	172	526	716	509	
1959	12	361	272	224	196	177	164	208	232	195	174	158	146	143	137	130	125	122	162	269	253	215	184	173	155	148	152	147	133	134	180	180
1960	1	158	155	147	148	158	154	197	236	215	194	174	161	152	145	139	135	129	128	194	334	292	247	197	167	148	142	139	136	136	186	189
1960	2	165	144	138	134	130	127	123	120	118	118	115	113	113	118	119	115	115	114	124	140	126	120	118	116	113	111	108	108	107		
1960	3	108	109	110	127	181	167	150	131	123	116	112	112	110	107	108	107	99	91	92	88	97	102	99	95	90	88	87	88	86	84	84
1960	4	84	84	82	82	84	84	83	83	85	87	92	93	90	82	63	96	99	84	143	182	144	117	102	90	81	98	96	91	88	87	
1960	5	85	81	68	64	81	81	80	84	69	76	79	70	81	82	81	78	67	34	55	75	79	84	70	42	41	60	87	81	35	41	49
1960	6	18	-33	-29	-109	83	42	36	75	64	-50	-171	183	226	-76	105	76	210	120	64	-113	-334	933	509	188	271	9	244	317	360	347	
1960	7	-12	424	555	318	217	154	131	143	173	118	104	196	-24	129	344	784	489	590	264	623	543	293	301	230	147	285	257	294	79	173	228
1960	8	94	37	381	269	159	157	-15	179	190	144	121	-55	258	338	314	1118	1774	1253	703	386	453	457	597	282	308	470	387	331	355	603	924
1960	9	767	488	467	279	538	435	877	724	518	262	618	983	529	564	603	468	288	262	876	622	800	591	399	160	550	-408	1098	786	478	477	
1960	10	304	209	26	275	272	135	-158	228	-43	237	305	185	-266	204	392	279	167	164	120	148	214	304	378	277	179	454	352	342	568	335	262
1960	11	1541	1167	648	389	376	330	290	260	241	239	342	334	348	303	286	279	288	266	232	213	201	196	189	185	182	177	178	183	181	329	
1960	12	713	510	385	291	241	215	199	190	179	174	167	166	170	177	170	167	212	212	180	170	164	193	205	189	175	169	172	180	170	167	156
1961	1	221	190	201	268	287	255	221	205	339	574	500	445	352	311	266	240	239	232	214	200	209	209	211	198	181	176	177	175	182	286	335
1961	2	278	230	195	169	154	144	135	148	166	165	165	179	156	158	143	135	137	131	126	122	119	122	112	107	150	216	166	145			
1961	3	137	225	267	210	168	143	126	117	148	308	257	188	154	129	118	111	104	102	99	97	94	93	92	103	94	105	103	97	95	91	85
1961	4	85	83	65	63	59	88	125	129	114	98	94	91	77	96	114	110	123	123	114	113	108	104	88	79	80	75	73	79	71	63	
1961	5	69	68	60	48	47	13	5	83	77	543	380	217	137	95	59	70	88	84	78	77	74	72	69	55	25	45	83	70	65	72	67
1961	6	75	64	56	26	87	58	21	43	98	20	30	106	-114	-170	157	384	544	506	274	271	164	107	300	203	151	145	51	218	188	168	
1961	7	142	100	106	153	135	76	145	180	207	54	144	199	323	477	426	372	256	192	93	18	196	251	333	231	295	238	269	354	266	164	16
1961	8	1104	485	368	332	317	265	229	204	185	167	176	187	215	194	198	180	119	181	201	113	217	207	255	249	313	125	184	345	481	295	726
1961	9	545	312	767	443	255	248	238	212	158	-63	160	541	504	396	277	266	255	182	120	194	97	250	174	40	188	245	156	197	142	153	
1961	10	72	197	428	1004	941	699	516	425	367	339	446	411	404	448	517	1523	1538	1125	762	520	323	273	238	218	201	171	206	199	187	177	236
1961	11	952	238	785	1396	823	951	1521	1228	818	669	524	384	394	361	308	306	360	487	367	273	228	200	184	179	174	163	159	154	150	143	
1961	12	141	134	128	131	130	129	128	128	127	137	136	135	131	129	132	136	136	134	134	132	142	146	144	144	156	172	154	147	148	157	153
1962	1	149	282	238	184	156	142	164	154	133	136	267	301	251	201	173	163	185	204	194	170	145	134	122	117	116	110	111	139	155	176	183
1962	2	154	132	121	117	113	105	103	99	95	94	93	90	88	85	87	86	84	82	81	80	80	74	80	81	83	85	93				
1962	3	107	109	109	97	93	118	180	164	154	144	139	139	142	149	147	131	128	142	140	121	119	115	98	98	98	98	89	97	108	106	108
1962	4	108	118	246	252	207	164	144	126	124	123	134	140	166	255	246	210	193	185	176	160	146	131	145	145	136	126	113	105	97	87	
1962	5	88	103	103	102	110	112	112	96	90	86	81	75	69	77	90	94	78	22	111	134	121	102	91	82	78	72	73	93	99	85	67
1962	6	78	91	75	35	64	69	93	133	98	57	87	72	-451	127	353	172	198	195	101	95	116	115	684	518	469	439	371	276	198	-61	
1962	7	623	442	-247	827	1305	628	725	540	618	471	357	310	249	375	365	330	348	435	342	275	240	158	115	155	261	189	211	190	138	160	157
1962	8	147	-13	155	204	156	113	139	102	102	-161	-346	436	281	232	183	144	64	267	142	-419	-50	905	424	177	258	367	331	81	798	1031	1352
1962	9	1033	653	457	241	523	657	846	619	313	409	438	524	550	547	296	817	1149	1517	1373	598	1370	1136	950	1155	833	642	372	1303	1849	1904	
1962	10	1523	1148	1019	814	367	1007	1077	857	676	571	483	481	410	423	463	454	450	355	420	334	315	205	109	360	290	311	544	402	377	418	504
1962	11																															

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1963	1	159	144	126	116	111	110	106	103	108	123	110	104	102	109	118	122	146	137	121	111	115	199	189	203	318	237	180	155	145	135	129	
1963	2	127	125	145	556	397	227	171	138	119	112	103	99	97	104	103	101	97	91	87	85	82	81	78	76	76	80	217	252				
1963	3	155	122	99	94	89	94	137	128	117	109	102	93	85	81	77	73	72	70	69	69	110	160	161	163	131	103	90	84	77	73	73	
1963	4	70	68	66	66	64	63	65	65	62	63	62	56	55	85	57	61	62	60	58	59	58	55	56	56	56	54	55	50	53	56		
1963	5	52	50	48	27	27	54	70	53	60	83	83	69	51	52	56	52	49	46	49	56	50	44	53	63	59	67	71	71	57	49	49	
1963	6	48	27	11	25	50	81	94	71	59	66	54	13	124	213	182	116	80	57	34	106	119	140	35	145	141	95	65	38	-27	47		
1963	7	337	-75	367	-135	504	204	475	71	399	366	230	259	510	411	317	259	183	314	222	868	1006	721	590	695	784	1263	1062	954	649	465	338	
1963	8	282	283	243	175	202	202	154	-144	533	530	280	535	318	305	202	166	142	190	-69	155	96	-99	882	518	506	399	324	244	243	213	190	
1963	9	163	218	218	190	175	182	312	336	218	285	383	388	431	318	229	217	366	112	260	496	128	-167	1076	6436	4407	2993	3139	3088	2898	1955		
1963	10	1390	1393	1091	893	665	1198	940	1092	722	868	815	748	618	515	433	395	405	365	353	339	307	283	262	241	222	213	208	203	192	183	198	
1963	11	196	234	234	198	211	199	187	180	155	-211	672	661	420	328	295	267	238	220	210	197	190	181	182	616	383	260	255	227	396	656		
1963	12	567	403	317	266	240	217	203	190	180	181	171	161	158	154	166	176	177	200	183	173	163	151	146	223	278	232	191	159	154	149	165	
1964	1	316	259	215	201	191	212	207	190	182	367	455	317	275	337	303	247	217	208	194	174	163	154	150	143	136	141	143	138	177	230	197	
1964	2	177	170	178	154	140	137	129	126	119	135	131	132	145	135	126	118	116	117	115	117	112	113	124	138	130	114	109	107	113			
1964	3	125	113	108	103	100	97	95	93	92	89	88	90	91	90	87	84	83	82	80	79	83	96	107	94	85	81	79	75	74	125	243	
1964	4	227	155	122	101	87	83	78	77	87	135	129	110	94	88	81	87	83	78	72	71	71	70	68	65	61	60	58	58	63	66		
1964	5	62	61	59	57	56	54	51	51	62	58	67	69	68	47	64	94	63	27	74	108	166	138	103	84	72	70	69	87	90	86	80	
1964	6	76	50	53	77	78	-14	131	124	185	153	51	48	75	555	636	532	353	466	524	390	407	282	201	218	283	239	-84	510	309	799		
1964	7	580	298	368	134	443	315	192	289	293	11	698	751	814	407	347	772	1085	942	941	871	591	514	104	832	264	1149	857	550	790	472	450	
1964	8	195	383	329	378	372	322	236	590	540	291	353	222	324	284	246	232	402	246	380	322	519	328	418	207	303	338	222	307	268	211	204	
1964	9	366	303	1062	1302	857	874	749	549	451	403	327	665	469	455	499	436	488	254	707	434	510	425	531	248	205	457	309	1114	933	633		
1964	10	557	412	135	560	794	1723	1180	1003	684	570	520	490	442	382	330	289	243	191	123	289	430	472	297	222	186	171	156	126	104	96	105	
1964	11	111	109	106	108	101	114	109	113	125	127	116	101	92	87	114	117	115	108	104	103	86	146	389	315	240	224	185	157	138	147		
1964	12	154	160	140	126	139	1036	1037	596	386	300	249	221	207	564	619	480	314	259	245	240	251	248	261	227	187	165	146	138	131	129	130	
1965	1	139	134	128	135	125	126	125	119	118	168	165	144	132	129	135	327	452	323	229	191	161	145	136	129	126	156	461	461	306	224		
1965	2	194	162	161	149	181	178	159	142	132	122	120	113	108	118	121	116	109	241	511	450	302	212	172	148	134	133	123	114				
1965	3	111	110	106	101	106	116	114	113	109	105	104	101	97	94	93	91	91	88	86	93	180	261	198	150	125	109	101	95	91	91	90	
1965	4	85	86	87	85	81	80	78	77	77	75	76	73	71	72	70	70	68	67	67	72	68	67	67	67	66	65	65	63	85	243		
1965	5	178	155	127	101	89	82	80	79	77	80	75	57	84	87	83	87	79	60	77	87	76	66	67	82	77	36	95	110	91	92	85	
1965	6	76	71	58	19	63	62	89	92	109	25	116	99	283	221	159	120	88	76	115	257	230	164	40	27	587	666	673	532	260	805		
1965	7	682	164	459	849	560	109	260	763	415	324	264	248	250	234	179	6	327	238	185	113	50	150	170	173	114	110	40	247	178	73	173	
1965	8	172	-90	240	341	346	394	129	314	450	254	496	412	-8	326	449	451	295	554	429	343	299	254	217	180	-44	336	317	327	1078	671	580	
1965	9	427	323	265	269	273	313	262	351	305	41	396	326	246	217	454	439	251	265	324	179	45	-191	671	429	204	430	289	168	528	1354		
1965	10	1215	865	543	1712	2119	1602	758	1181	832	636	580	478	358	512	130	550	1199	1441	1053	712	1175	1575	2192	1726	975	707	572	515	459	447	437	
1965	11	445	640	737	647	561	513	423	380	346	310	291	276	260	471	430	341	305	282	254	231	220	204	192	178	170	162	159	153	156	150		
1965	12	145	142	140	159	265	349	403	554	381	302	245	219	194	183	172	163	160	154	153	162	188	174	164	152	213	612	594	437	337	279	243	
1966	1	235	233	228	224	219	217	212	202	215	223	222	217	211	208	205	199	193	188	185	183	181	182	179	178	175	174	170	167	169	170	166	
1966	2	167	168	209	209	207	206	208	206	204	201	199	194	190	188	188	186	180	179	176	176	175	178	177	174	171	171	171	171				
1966	3	168	162	163	161	159	157	153	158	161	159	156	157	159	166	162	165	161	157	155	153	149	150	151	148	147	146	147	148	150	145	133	
1966	4	135	162	165	195	195	168	170	172	157	155	167	171	163	175	179	169	166	164	176	174	177	185	199	218	201	185	172	164	178	166		
1966	5	159	170	171	168	161	173	166	175	145	191	240	203	178	180	180	162	164	151	162	144	127	185	157	179	208	185	164	168	210	205	222	
1966	6	108	121	179	126	86	123	90	133	104	92	98	149	169	117	121	87	111	220	175	175	238	285	156	571	447	204	678	964	1603	1060		
1966	7	566	257	453	536	377	404	333	402	342	315	334	773	1052	1493	966	674	421	335	391	273	385	164	405	364	368	322	309	268	284	261	376	
1966	8	339	391	361	377	347	363	372	224	321	428	349	274	425	399	462	433	409	376	312	232	441	377	402	454	391	370	350	153	538	445	393	
1966	9	326	323	213	374	554	509	838	2007	1754	1360	1576	1226	837	1241	1043	1498	1224	888	928	931	764	579	1346	1789	1891	1994	1526	1599	1497	1583		
1966																																	

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1967	1	237	231	227	222	212	218	215	210	208	205	199	196	201	205	202	196	191	190	189	187	188	186	184	181	181	178	176	169	165	190	187	
1967	2	184	182	181	179	177	171	165	164	160	158	161	160	155	155	155	154	153	151	148	149	145	142	141	138	136	134	135	136				
1967	3	132	129	129	130	130	128	127	124	123	123	124	122	120	120	117	115	112	111	110	110	110	105	109	107	111	115	115	115	111	110	107	
1967	4	106	106	107	109	103	104	103	109	108	108	107	96	131	127	127	114	90	125	200	136	137	124	116	112	114	115	110	107	103	100		
1967	5	99	96	92	93	95	95	92	93	92	89	86	105	92	85	100	105	86	123	109	99	89	89	89	100	92	94	93	95	76	121	115	
1967	6	56	75	76	64	67	60	65	29	140	124	116	100	128	123	89	111	109	170	174	321	197	58	147	349	297	268	219	97	168	149		
1967	7	110	202	172	67	231	197	147	123	136	129	148	134	134	145	112	104	64	0	168	212	250	218	163	174	178	152	143	130	99	51	136	
1967	8	39	138	129	114	111	110	109	79	53	24	158	30	180	264	207	247	233	274	210	248	301	258	199	217	15	193	723	453	722	470	346	
1967	9	257	351	269	188	173	261	391	223	183	180	203	222	172	307	232	287	237	221	339	332	331	289	245	235	200	202	245	266	496	749		
1967	10	793	539	617	778	959	1111	1140	862	706	609	585	557	530	631	544	500	451	479	402	545	502	452	421	386	368	346	376	296	373	292	329	
1967	11	290	301	291	235	293	280	273	267	259	255	252	253	240	240	239	236	239	237	234	230	231	228	226	225	223	219	216	211	207	202		
1967	12	200	199	196	193	191	190	188	186	184	183	180	176	175	173	169	165	166	162	160	158	158	153	149	147	162	166	158	154	152	152	152	
1968	1	181	184	186	185	184	184	183	184	181	179	179	179	174	166	167	191	182	177	172	169	169	167	166	164	164	161	161	162	163	158	157	
1968	2	155	155	153	153	151	151	147	147	147	149	149	148	149	146	145	143	140	138	137	138	134	132	132	129	125	122	125	125	123			
1968	3	124	123	122	122	123	121	119	118	116	114	114	113	111	109	106	108	110	108	107	106	103	103	103	100	107	110	107	104	104	104	100	
1968	4	99	96	94	94	95	95	95	101	99	110	104	111	112	104	97	90	90	92	91	92	89	86	86	86	85	81	85	89	84	85		
1968	5	85	85	85	84	89	85	96	101	114	111	112	117	110	94	113	140	174	134	122	134	152	107	118	124	134	154	143	279	278	234	191	
1968	6	83	64	45	103	92	81	62	84	83	72	51	113	87	125	-45	117	274	393	453	392	540	434	381	322	271	334	236	241	336	274		
1968	7	181	375	181	249	87	705	568	496	382	346	369	335	306	520	447	333	338	529	330	333	322	253	282	239	192	246	197	216	195	188	184	
1968	8	174	169	163	155	138	166	153	138	178	142	135	132	123	119	281	279	205	175	171	103	197	201	188	191	186	148	158	214	164	160	161	
1968	9	11	-3	-23	-41	-26	-47	-20	-45	87	429	1063	639	477	506	522	661	368	358	546	392	622	691	1430	1978	1939	1677	1739	1020	701	516		
1968	10	520	408	499	468	445	484	469	525	409	389	486	375	340	289	151	531	498	418	460	626	634	1145	1202	1105	1120	1276	874	635	509	450	430	
1968	11	424	413	393	375	351	364	357	340	323	313	304	291	283	279	271	265	262	257	234	253	246	237	234	232	237	239	236	235	228	227		
1968	12	217	224	224	192	177	264	228	212	200	200	197	196	192	188	188	187	184	181	179	176	176	175	173	169	159	151	166	164	160	159	159	159
1969	1	203	203	197	201	199	191	202	201	197	195	190	184	184	184	181	179	176	174	170	166	166	166	161	156	155	156	152	149	148	144	141	
1969	2	139	135	135	133	129	129	133	131	128	126	126	126	124	123	123	122	123	121	123	121	121	120	118	119	121	119	118	115				
1969	3	115	115	114	113	111	107	107	109	106	104	101	98	98	99	100	103	102	102	99	98	98	98	95	96	95	93	92	94	96	97	96	
1969	4	95	93	94	93	97	103	82	129	110	115	102	101	94	91	89	84	90	97	89	86	83	85	83	90	94	93	91	96	95	90		
1969	5	87	85	82	84	91	88	83	86	90	80	82	91	90	87	77	93	115	64	170	118	160	177	147	118	92	136	128	112	94	179	140	
1969	6	86	60	54	55	56	-63	46	104	74	58	44	51	69	54	-50	-97	81	29	112	44	154	132	137	118	110	112	74	-23	219	317		
1969	7	154	108	42	94	249	548	640	332	443	323	252	488	404	684	462	343	296	274	253	180	177	164	206	165	156	193	160	164	169	145	140	
1969	8	-28	-26	-21	286	1056	771	732	495	606	698	628	796	645	419	686	681	567	483	617	358	518	683	530	452	362	496	909	635	549	785	682	
1969	9	1506	1182	763	885	724	979	1366	965	853	1111	1475	1840	1130	1318	1603	1112	802	780	841	791	1125	903	1057	1004	1562	1671	1669	1464	1653	2101		
1969	10	1309	889	776	757	827	774	659	596	654	573	547	433	436	352	446	386	332	351	348	148	261	393	286	270	187	217	128	194	96	322	257	
1969	11	259	270	289	297	203	274	283	288	291	293	294	303	301	292	291	287	282	294	295	226	222	292	283	273	273	271	274	262	256	257		
1969	12	219	250	248	249	247	246	244	239	239	244	250	247	240	238	235	236	234	234	231	228	223	220	221	214	214	212	215	218	216	214	212	
1970	1	275	266	264	262	262	260	252	244	249	241	236	229	226	225	224	225	227	225	224	225	223	224	221	221	213	219	211	204	198	195	190	
1970	2	187	199	200	191	187	186	183	180	180	176	174	172	169	168	168	165	164	160	159	157	157	154	151	151	150	149	149	146				
1970	3	144	144	143	142	138	133	132	133	133	131	129	128	135	116	133	137	136	134	131	126	124	125	125	122	122	119	116	113	112	113	110	
1970	4	110	108	103	107	109	106	104	102	103	102	101	100	98	97	97	98	100	99	101	98	96	97	96	98	96	95	94	93	94	91		
1970	5	92	91	89	98	98	95	96	98	97	93	90	80	98	101	110	118	112	160	126	110	101	96	93	84	115	86	99	104	93	93	76	
1970	6	89	56	81	71	64	29	59	69	111	108	52	36	62	103	128	108	88	82	67	67	112	37	118	119	107	138	190	152	146	277		
1970	7	131	165	126	116	-232	29	491	353	201	234	181	73	3	425	295	260	258	245	184	293	274	416	568	428	403	548	474	383	452	644	600	
1970	8	971	809	501	835	801	668	574	502	399	472	421	361	460	406	412	335	151	356	282	175	251	191	234	229	210	154	-209	-16	920	816	881	
1970	9	1229	1782	1455	1199	1064	999	1040	951	1365	1246	1296	2528	1923	1364	1391	1228	1057	1071	1079	1024	1027	924	2192	1753	1311	1611	1571	1743	1372	1084		
1970	10	1189	1250	1299	1063	1022	1347	1205																									

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1971	1	260	259	257	258	251	244	240	239	238	237	235	233	231	232	233	231	230	227	220	216	215	213	213	208	209	208	206	204	203	201	200
1971	2	200	199	196	195	194	193	192	191	190	189	188	187	186	182	180	181	180	179	176	173	171	169	167	164	162	159	155	156			
1971	3	156	153	151	149	146	154	154	152	148	149	152	147	144	142	139	136	132	131	133	132	132	130	131	128	126	122	122	123	122	116	111
1971	4	111	111	108	112	107	102	103	112	112	110	108	106	104	103	101	100	97	98	98	97	97	98	97	95	94	94	94	93	93		
1971	5	92	90	88	88	87	87	87	86	85	85	84	77	59	78	138	124	151	134	119	117	114	153	134	131	115	113	101	112	86	161	116
1971	6	55	105	90	82	98	87	11	34	138	184	134	104	106	146	136	173	122	63	184	138	107	148	134	108	93	166	141	80	108	179	
1971	7	213	158	90	159	119	77	118	110	104	69	74	100	6	94	229	192	103	26	227	305	214	278	232	160	205	143	234	239	260	141	119
1971	8	114	58	725	224	471	646	367	411	385	475	407	232	206	220	241	185	161	154	95	9	46	352	258	199	94	86	58	349	981	1022	778
1971	9	1542	1342	1467	1124	1133	982	841	1727	1280	739	853	637	612	688	531	455	380	319	261	252	185	126	137	67	129	-43	411	428	402	438	
1971	10	547	741	523	1103	1076	901	728	663	570	577	245	922	752	549	940	831	683	538	574	415	407	721	534	475	442	408	396	367	332	364	346
1971	11	339	324	291	304	255	277	295	345	316	235	278	354	281	254	246	249	247	249	249	242	233	217	228	160	226	334	263	232	220	222	
1971	12	222	218	217	216	211	208	208	204	200	194	189	184	178	175	175	171	167	162	159	157	157	160	157	154	152	152	150	150	149	145	141
1972	1	180	178	176	175	173	172	171	173	173	172	173	172	170	169	168	165	161	158	168	168	164	160	156	154	154	152	149	150	148	147	146
1972	2	146	145	143	144	138	141	145	144	142	140	140	142	138	136	136	132	131	130	125	124	125	125	125	122	121	119	120	119			
1972	3	117	115	114	113	111	110	111	108	105	107	105	103	103	104	106	106	104	101	98	106	105	105	102	102	103	101	99	100	99	96	94
1972	4	95	94	89	109	104	100	95	91	88	88	98	94	91	89	88	86	78	94	99	94	92	91	91	76	116	101	100	95	105	90	
1972	5	107	101	97	77	121	119	137	113	88	118	104	56	138	147	120	122	274	176	229	179	159	136	121	112	106	103	85	116	110	104	101
1972	6	40	36	13	73	155	10	-4	249	266	260	184	215	208	199	175	138	-16	125	270	232	283	303	81	256	211	214	278	282	216	183	
1972	7	162	145	135	124	118	106	98	92	101	105	96	-1	151	181	141	119	122	121	109	140	130	176	-72	228	330	407	1031	978	497	294	311
1972	8	271	189	189	592	351	279	238	186	270	187	218	131	203	203	154	184	176	165	129	148	202	164	169	147	-38	287	429	240	262	92	661
1972	9	431	344	243	209	162	17	343	349	254	172	230	214	143	234	146	99	85	130	130	107	132	179	128	39	153	224	157	142	72	416	
1972	10	414	347	339	353	362	261	323	283	326	300	299	274	220	284	257	214	226	185	243	297	269	246	255	233	245	227	213	203	195	185	181
1972	11	177	183	177	174	154	193	172	216	198	180	170	167	160	160	142	144	177	163	155	146	155	157	154	152	152	151	147	154	153	152	
1972	12	151	148	148	149	148	147	143	141	139	137	139	135	134	132	132	127	109	142	157	154	146	144	140	139	139	138	135	133	133	132	131
1973	1	147	144	144	143	139	137	135	135	131	132	132	131	128	125	127	126	124	122	123	122	119	122	120	118	117	115	114	112	112	110	113
1973	2	113	112	110	108	107	106	106	104	102	101	100	101	103	102	99	100	97	98	96	96	94	91	89	89	88	88	88	87			
1973	3	84	84	85	82	83	82	81	79	79	79	78	78	76	76	76	75	76	74	77	81	80	78	76	75	73	71	71	71	70	71	70
1973	4	70	69	70	68	68	65	69	72	80	87	76	82	91	88	84	77	77	81	77	74	72	69	74	70	64	62	63	63	59	72	
1973	5	75	71	70	68	68	71	70	70	67	71	67	70	68	72	71	88	82	74	78	78	95	93	84	86	89	85	80	75	67	37	159
1973	6	69	80	84	82	36	105	111	127	96	116	50	63	159	113	134	95	108	91	71	155	304	263	241	297	244	186	211	177	143	235	
1973	7	311	299	253	157	289	207	169	165	207	173	172	157	95	149	168	148	114	168	117	104	150	175	203	125	0	351	136	216	287	187	245
1973	8	347	325	406	285	426	301	180	471	506	362	793	471	439	237	583	752	715	605	435	442	610	996	782	1035	947	1735	1413	1163	906	1819	1917
1973	9	3071	3358	3750	2134	1537	1663	1648	1439	1128	1032	931	742	720	580	687	568	536	535	451	373	342	381	586	551	513	508	460	410	309	523	
1973	10	821	802	659	494	726	509	525	713	1343	1195	1030	954	1062	1160	1087	869	807	597	825	1064	1035	1048	1144	881	1035	891	927	830	669	644	560
1973	11	443	496	453	433	423	431	431	429	420	415	399	393	364	353	338	332	322	314	300	289	286	275	248	273	261	250	249	241	196	153	
1973	12	314	276	256	244	238	234	217	209	223	230	223	215	209	205	203	196	194	194	192	188	172	181	184	183	180	179	171	172	175	171	169

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1977	1	72	179	100	23	89	67	14	162	50	36	153	36	63	-35	9	-15	130	139	228	159	41	17	200	47	39	89	23	192	79	-985	802
1977	2	52	-167	153	311	177	-75	147	139	252	73	157	314	16	146	194	103	183	157	104	110	49	115	67	56	42	199	8	49			
1977	3	100	285	-157	102	150	42	100	118	177	171	287	75	-14	-14	-6	145	-66	65	67	248	-104	111	28	209	12	39	-91	65	64	98	157
1977	4	106	110	-139	-50	14	169	189	-156	-39	87	45	9	120	155	64	44	-56	-23	38	153	59	231	-32	-39	21	90	10	61	45	106	
1977	5	5	64	22	86	53	30	91	52	49	-2	56	20	64	93	82	-71	14	42	131	32	7	110	16	188	-123	-559	100	90	60	-38	82
1977	6	9	-632	45	123	8	144	75	71	91	72	206	57	38	82	63	142	94	64	156	50	223	148	169	81	183	2	155	104	37	108	
1977	7	65	225	-82	153	146	25	209	6	221	36	-29	152	88	106	102	316	168	141	269	133	153	206	251	17	100	137	61	65	65	79	-72
1977	8	138	131	131	199	279	344	10	392	403	634	1116	602	306	263	287	128	193	176	391	184	14	262	253	255	231	235	296	170	161	105	275
1977	9	147	242	220	44	142	183	83	116	115	212	-170	-128	381	282	109	157	216	13	354	410	249	431	338	543	101	284	441	373	331	384	
1977	10	361	249	220	294	337	260	248	249	-74	144	341	641	419	449	275	-133	-123	74	141	141	-20	390	-93	128	134	148	271	316	377	-213	19
1977	11	492	-14	181	440	346	118	-45	98	884	1308	759	691	-10	208	192	115	297	-10	352	-8	45	205	216	94	147	358	-128	10	-16	125	
1977	12	139	192	514	-302	46	291	170	111	292	428	212	-76	89	134	-79	106	453	84	199	498	848	493	380	257	108	82	63	29	192	73	203
1978	1	29	78	377	503	144	242	317	-22	176	155	130	78	104	307	-73	25	52	105	163	75	286	-208	-60	188	90	94	186	265	-300	103	53
1978	2	15	214	2	631	-24	32	135	168	96	275	301	-297	86	67	127	74	226	331	-196	74	199	28	60	144	72	-135	67	9			
1978	3	103	25	363	93	-163	28	-16	104	-100	289	141	-288	-10	2	-17	369	251	316	105	-46	234	2844	-2603	35	116	-117	22	80	-74	134	122
1978	4	296	-243	-28	30	61	-172	-111	483	-182	-190	162	-8	9	-54	580	-251	-169	-83	75	-2	60	427	-270	-285	19	257	-50	43	500	-153	
1978	5	29	-146	-149	-27	22	16	178	-152	-49	-54	-24	-13	130	219	-212	-82	-19	-51	43	147	209	-271	-98	-12	21	-35	12	440	-109	-20	35
1978	6	164	172	396	344	236	86	-65	331	-150	395	227	-159	-339	-80	228	315	241	211	59	142	-1	167	132	380	267	123	304	105	194	122	
1978	7	343	216	113	215	309	253	221	144	299	243	382	209	343	120	406	326	175	565	1189	311	649	697	814	447	490	632	382	306	807	855	96
1978	8	138	141	183	127	303	311	86	93	60	382	128	225	213	161	110	2	109	74	334	543	365	164	286	28	328	308	222	185	161	225	418
1978	9	370	398	406	292	384	828	528	343	443	295	243	93	98	209	352	241	183	82	453	926	519	468	873	868	451	494	488	591	157	701	
1978	10	541	155	333	249	285	250	280	644	318	419	258	382	436	369	442	1122	786	554	571	438	288	297	169	154	24	131	201	227	321	-142	166
1978	11	374	622	72	149	265	-69	67	660	477	314	269	419	109	211	-35	263	141	212	156	208	-20	-21	28	75	112	385	-169	120	100	35	
1978	12	150	188	273	-167	84	-56	102	141	844	1382	337	541	-93	87	51	245	644	-160	-1	155	25	359	277	263	131	-41	-27	-43	100	198	244
1979	1	110	-39	-56	220	177	230	177	-73	157	387	207	163	218	294	27	281	199	8	172	181	404	-184	43	90	76	271	51	297	-15	-8	75
1979	2	82	167	63	318	68	-58	78	27	-14	157	369	-172	-45	69	177	84	206	120	154	-124	116	117	-10	156	480	-104	124	436			
1979	3	-229	32	258	177	-145	67	-19	-31	65	168	161	-63	12	86	141	-16	175	277	-181	-145	436	-288	-31	310	69	-278	-61	-105	328	-44	57
1979	4	337	-301	47	120	103	38	41	265	-127	-93	235	86	12	-2	45	-230	-57	16	-24	-9	359	216	1	-146	59	21	-115	69	159	323	
1979	5	-255	-59	-86	98	95	34	-49	-44	68	76	-167	123	104	105	68	135	-93	3	58	68	-200	-43	34	367	-27	135	21	-69	-19	-49	28
1979	6	169	273	436	-41	265	-1	-137	296	94	142	3	303	821	541	216	600	196	-13	-148	39	91	34	396	128	-191	-76	30	102	163	138	
1979	7	304	-295	-19	134	104	144	544	689	-87	51	144	132	58	1	586	-336	84	119	46	133	281	404	-127	88	153	69	226	278	404	-307	88
1979	8	142	14	-32	178	594	-204	19	155	3	103	148	412	-377	73	138	73	240	140	404	-164	649	620	672	973	1041	1419	361	799	641	598	733
1979	9	648	889	120	892	557	742	823	1112	987	274	983	715	877	969	2538	3207	851	1007	1071	744	638	725	953	606	1524	749	596	470	502	589	
1979	10	-42	238	278	333	350	370	442	-42	10	583	810	530	378	767	-308	155	242	186	149	153	672	-35	209	356	241	156	228	450	-192	24	332
1979	11	382	581	245	388	-157	248	286	139	263	248	495	-328	144	567	284	252	303	564	-106	427	-315	86	106	269	506	-281	134	181	528	718	
1979	12	1001	334	-124	347	392	446	344	347	1038	215	-15	755	-149	262	206	513	272	691	925	257	185	331	162	316	493	79	-999	213	306	346	183
1980	1	115	-145	61	-29	43	281	-154	59	84	3	89	39	198	-63	-6	-54	206	-1	49	922	-539	492	102	-34	218	149	245	237	-122	15	106
1980	2	574	675	388	106	259	-115	138	112	270	274	-10	110	168	139	157	79	260	43	60	189	88	156	159	31	95	31	52	181	-16		
1980	3	162	584	289	278	174	144	149	235	58	97	53	-47	32	235	74	271	-228	6	68	10	525	125	150	-208	-38	79	91	-6	225	228	-82
1980	4	23	-56	311	167	7	-1	-185	20	60	149	75	280	65	-214	27	-21	76	90	125	176	-211	1	106	8	-56	301	123	20	-105	-76	
1980	5	321	-147	12	64	-57	-43	-240	-87	-67	96	5	-198	-204	-402	-247	-214	15	-7	-132	-109	-67	-169	-162	-131	-65	-354	-257	-161	-117	-208	-71
1980	6	7	-166	-111	20	-402	-465	-201	29	-347	-368	-865	-491	-96	234	328	260	-269	-436	-411	-200	248	20	-198	73	-6	104	25	41	-1	-90	
1980	7	7	-147	-389	-20	5	46	-52	-36	-141	39	-125	-999	67	-139	-300	-204	-80	181	419	89	88	170	147	689	1538	1190	734	256	228	517	464
1980	8	343	280	716	578	235	184	149	337	362	240	125	161	120	54	204	218	227	171	141	229	684	831	603	403	361	230	137	31	211	196	439
1980	9	346	337	346	259	292	220	60	282	253	152	111	235	438	478	546	543	350	360	727	409	209	576	5558	7505	3214	2131	1302	822	694		
1980	10	902	953	711	981	986	854	819	681	573	-17	91	481	124	178	279	57	324	177	263	115	220	331	94	178	398	426	147	38	306	604	1106
1980	11	73	535	508	183	416	604	274	238	403	170	-212	219	244	174	69	347	61	120	399	442											

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1981	1	135	59	10	243	-2	-25	109	95	68	67	402	82	-194	74	39	41	186	300	89	-93	207	-13	-2	98	175	-49	-144	78	152	140	50
1981	2	140	-66	-146	181	93	-43	111	27	-43	2	106	418	405	519	631	297	250	257	294	367	302	199	257	313	258	219	168	127			
1981	3	231	3	60	39	128	128	46	42	104	90	101	112	216	-287	-227	112	46	170	132	-125	269	2	-93	-142	182	31	-82	184	123	6	-60
1981	4	-3	-15	46	17	116	131	273	51	-68	101	36	209	-160	-56	45	104	225	36	74	-28	-301	-1	72	-12	123	172	6	-212	-80	131	
1981	5	225	90	-30	-84	-141	-25	104	34	95	163	244	-14	73	-3	144	103	68	-28	231	64	-144	52	148	241	-1	131	513	332	421	-112	157
1981	6	133	258	140	37	137	148	316	271	76	-56	176	13	-38	166	120	248	440	250	609	630	502	644	682	698	888	597	556	647	714	1038	
1981	7	822	516	685	671	403	550	866	767	709	495	372	330	442	1249	1574	1411	773	740	510	578	712	628	517	674	677	506	406	539	541	545	475
1981	8	135	235	309	170	-138	457	113	263	355	317	241	525	479	380	604	654	598	554	876	1072	980	990	561	1021	1656	1009	1411	1154	840	589	632
1981	9	690	516	356	285	348	338	389	438	458	530	573	560	373	345	387	250	648	939	958	602	693	828	778	1049	797	890	303	575	823	971	
1981	10	640	859	1214	935	779	605	458	667	872	521	501	398	556	476	332	424	273	212	252	24	78	319	444	262	186	319	420	925	563	333	108
1981	11	382	582	416	242	301	356	631	82	215	193	317	249	286	160	134	477	67	-75	118	203	196	108	113	106	96	113	139	340	-29	88	
1981	12	84	110	310	58	-7	96	270	-171	-105	219	219	188	32	-87	6	137	22	264	576	-135	-9	16	209	133	164	124	54	-15	66	-80	194
1982	1	341	-142	-212	122	209	137	110	54	126	9	21	155	109	88	164	19	105	96	-137	-3	51	219	69	87	200	80	153	-67	128	9	-30
1982	2	38	-19	17	-52	326	139	245	272	-56	169	275	113	97	255	81	27	101	72	318	-162	167	93	1	73	196	12	164	212			
1982	3	39	-63	293	16	22	12	256	-45	-8	105	277	-38	-999	156	-5	6	-59	-19	-39	149	108	-106	-169	123	-153	-8	251	-39	178	39	-38
1982	4	-35	24	19	328	-153	16	36	157	199	-133	205	-185	192	2	159	-30	123	155	-133	-43	161	86	266	42	252	122	2	-20	152	141	
1982	5	127	22	91	61	-93	112	100	-130	218	22	-31	-110	190	10	86	-3	-116	418	-170	120	469	178	258	112	138	196	183	307	119	110	199
1982	6	385	348	-5	147	247	104	-84	-76	120	29	81	105	306	-30	583	799	88	503	421	432	17	193	171	219	414	244	684	531	438	353	
1982	7	226	193	166	264	-8	3	72	159	-37	262	347	51	-353	-189	10	115	272	794	111	82	299	57	37	329	331	196	112	234	214	196	325
1982	8	265	263	302	271	168	169	154	145	-156	106	194	203	-15	137	142	-21	-108	174	80	227	433	80	-59	-59	90	96	271	328	209	-74	-303
1982	9	46	274	406	287	220	259	175	207	593	324	233	310	-9	63	289	321	330	314	159	470	972	1450	1178	1009	963	832	586	535	355	564	
1982	10	588	368	909	670	906	807	539	699	765	380	89	94	384	293	767	302	464	402	253	145	309	233	375	286	53	234	227	2	79	152	152
1982	11	203	160	341	1069	963	438	370	333	-15	61	356	205	230	213	170	140	142	234	169	259	213	-104	21	169	97	79	221	78	131	66	
1982	12	7	118	-34	34	123	153	-20	-2	-52	42	244	229	328	14	167	616	441	396	329	262	133	53	119	278	66	373	-323	61	178	361	345
1983	1	243	237	395	372	388	372	178	297	220	284	103	219	130	318	279	58	119	9	64	-80	68	53	111	124	-58	102	-109	130	79	97	30
1983	2	-119	197	119	50	169	116	3	6	98	32	80	115	135	7	117	-53	-34	102	188	96	-3	-134	-140	52	172	204	168	81			
1983	3	-97	95	21	159	131	75	-60	-76	21	47	32	269	168	-100	7	208	-71	51	138	64	12	-32	54	64	-96	354	-29	-112	-71	45	252
1983	4	113	-54	-90	-45	-61	113	9	-28	-37	138	-149	-103	49	126	-7	83	230	25	-373	507	309	-251	87	149	117	-181	27	149	79	102	
1983	5	69	-358	-163	407	-97	19	258	-95	-41	120	-44	-9	-999	301	-21	-240	25	109	51	37	71	-1	251	-234	46	205	89	21	60	150	-154
1983	6	-131	390	-58	148	67	-95	-68	122	35	124	-133	389	-22	174	145	116	149	174	193	-13	-3	147	16	205	144	238	-43	-105	-124	294	
1983	7	185	273	194	110	-53	138	360	486	211	47	100	275	375	302	370	310	384	375	390	304	325	238	149	123	207	120	149	189	160	-140	112
1983	8	-63	105	100	207	97	101	443	131	63	439	306	650	399	403	350	433	380	80	91	190	76	-7	253	105	37	134	252	84	160	213	778
1983	9	890	1006	1141	782	882	900	872	910	1081	1142	979	395	910	738	694	898	868	1106	1219	1102	774	734	703	538	706	800	797	553	365	694	
1983	10	406	394	-188	45	-203	152	223	122	119	209	398	122	373	153	370	300	124	196	72	164	627	185	524	39	458	545	550	274	399	375	213
1983	11	484	539	204	294	138	397	73	159	95	197	133	93	177	123	125	-106	167	63	101	203	76	-64	-208	192	57	412	-83	41	-42	285	
1983	12	2	115	223	-6	63	-10	234	148	-94	284	-21	200	-17	32	152	-10	333	-78	95	-168	208	148	130	297	403	352	120	174	204	543	404
1984	1	137	135	113	127	65	38	351	37	-50	-31	147	141	273	-94	258	84	81	125	52	439	358	375	270	253	64	176	161	147	228	93	186
1984	2	135	152	186	75	122	181	196	116	157	168	112	54	137	164	147	46	79	198	78	-64	-15	221	86	154	79	29	36	15	102		
1984	3	102	112	66	39	59	-63	194	14	123	178	-45	235	-137	110	9	260	-12	51	223	-58	135	260	145	81	100	71	-8	-134	191	-25	262
1984	4	185	-119	-27	-9	163	83	-59	354	-160	-9	82	124	-87	311	81	29	9	373	-236	-1378	1534	-13	-16	139	-53	63	30	247	14	32	
1984	5	122	12	30	9	156	-56	53	183	253	551	-201	163	93	154	130	103	204	16	89	52	69	172	222	191	230	214	304	154	280	406	413
1984	6	227	230	56	222	321	247	253	424	218	38	330	356	600	741	795	689	546	584	726	611	416	132	479	-17	238	-91	394	407	453	237	
1984	7	256	273	365	113	192	259	551	611	681	859	823	693	604	493	391	462	416	412	484	388	259	188	182	126	231	234	450	358	308	476	339
1984	8	524	883	1094	1419	1030	609	700	486	457	303	242	337	316	431	354	400	387	307	376	383	359	274	214	309	322	103	155	285	432	285	323
1984	9	848	1057	1167	1041	524	833	473	603	182	730	889	954	1877	1475	1057	979	1006	1029	1847	1231	1066	946	565	523	473	701	618	561	999	521	
1984	10	631	764	674	390	528	468	490	160	193	182	295	340	133	251	267	130	137	35	31	-53	184	88	67	284	-9	231	242	249	-59	87	286
1984	11	-104	337	295	128	109	96	164	90	196	-67	103	172	5	-104	-137	-119	31	304	49	263	8	8									

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1985	1	60	-137	211	429	171	222	-94	255	209	30	169	17	245	169	-43	117	135	57	115	389	82	238	-9	236	177	154	282	-14	15	134	-1
1985	2	361	108	119	38	251	-118	164	130	229	116	51	476	316	78	328	80	226	-39	22	271	83	-14	54	455	-120	34	163	137			
1985	3	-36	233	222	-3	-31	191	-61	86	179	96	122	3	203	-14	-38	422	-145	262	101	-68	432	177	-96	98	204	9	156	-57	65	161	338
1985	4	-240	56	160	309	228	-87	142	130	-192	75	132	164	193	341	-79	-96	89	65	74	322	104	-95	-65	78	190	-75	213	81	-88	-216	
1985	5	407	148	-102	50	189	16	-116	-14	-6	361	-58	97	-93	-148	231	56	29	104	128	23	95	135	-6	171	209	137	-204	-128	128	53	95
1985	6	183	308	-29	271	126	190	175	138	296	-292	84	426	344	280	266	134	285	384	485	307	110	198	269	2	171	214	206	336	490	185	
1985	7	-22	102	93	116	81	395	300	38	95	142	120	419	648	519	50	429	140	269	137	541	100	-60	227	196	332	317	324	236	328	382	558
1985	8	615	422	332	418	134	374	307	171	313	308	381	-214	79	50	214	448	438	353	131	280	-91	25	892	1142	1271	1110	865	1218	602	638	538
1985	9	541	429	462	255	363	258	241	309	9	109	122	170	265	356	516	720	469	480	383	382	362	476	228	234	618	451	318	535	396	627	
1985	10	743	758	666	938	421	582	503	211	157	28	103	159	267	157	12	104	-2	14	109	275	285	-57	38	19	168	219	159	90	79	-132	2
1985	11	198	338	366	358	74	13	100	17	-122	226	59	116	57	-190	-63	29	21	21	220	-22	96	-65	76	47	215	-157	-15	29	-31	-19	
1985	12	341	32	206	-117	89	299	373	377	222	-25	-38	222	-82	331	411	174	-23	355	509	347	426	253	346	-80	135	148	192	160	59	-21	98
1986	1	198	-149	141	-57	221	104	-176	161	384	278	480	300	441	201	365	115	145	249	198	-79	75	174	238	624	583	494	583	278	167	307	278
1986	2	153	84	-132	-6	90	19	117	54	-12	-110	53	154	301	106	152	148	-25	-285	258	-56	118	333	88	64	3	-46	41	172			
1986	3	73	109	61	-59	66	28	115	-17	8	59	119	46	-127	72	193	119	-112	-16	346	181	380	350	-115	-8	-142	91	30	-137	21	159	154
1986	4	2	-56	36	57	362	51	-194	-97	44	256	164	132	258	-244	-122	138	6	203	-60	321	-78	-196	201	81	31	204	198	-211	-216	219	
1986	5	156	82	135	-1	138	-188	24	213	111	204	-21	-98	60	112	51	-131	318	-51	-189	65	111	94	128	219	149	-37	171	52	352	3101	4233
1986	6	1766	749	442	223	200	339	-286	627	515	10	82	315	164	389	-150	71	74	255	-12	-29	448	109	24	300	227	344	117	216	117	382	
1986	7	316	314	256	278	144	167	862	862	517	531	396	390	212	341	178	302	233	257	450	207	-49	380	-7	8	94	141	267	201	-9	-133	68
1986	8	-93	174	157	-15	274	63	156	81	260	32	133	68	234	744	478	341	233	334	83	280	265	275	65	346	395	535	365	131	103	354	225
1986	9	376	67	25	279	707	956	476	403	326	171	191	266	362	95	274	8	-72	303	88	95	119	274	118	104	528	-123	100	394	304	383	
1986	10	252	146	381	468	412	328	284	39	179	194	200	131	160	215	186	252	362	416	291	-58	142	3	10	94	101	322	29	-216	267	148	5
1986	11	235	130	43	-139	-109	-105	23	78	120	-110	74	287	366	248	402	544	123	139	235	247	41	34	102	1	-1	-111	185	170	168	177	
1986	12	-2	8	1	116	69	275	141	91	-98	20	-6	384	413	431	-25	105	209	59	-102	147	110	-15	80	15	100	80	-91	58	-23	-6	58
1987	1	120	-14	8	30	-19	-3	-179	-17	-8	89	168	97	79	54	-98	53	205	164	-132	-229	44	-7	82	139	233	-63	-113	-25	35	89	-117
1987	2	256	-30	-170	-23	203	-1	90	71	57	-131	23	116	-29	27	139	-138	67	-9	-110	116	183	96	-75	-225	10	-28	-74	216			
1987	3	89	-36	-61	37	161	161	13	174	134	-117	30	31	189	44	89	59	-127	6	75	-145	111	162	-80	34	-102	44	20	113	124	-2	-153
1987	4	45	53	6	142	130	-97	-265	154	54	89	113	-39	75	60	66	76	108	138	31	-31	-309	-156	164	-21	-60	-50	88	-34	125	-116	
1987	5	38	212	78	-105	-28	-54	23	-73	190	60	21	-29	-38	32	98	105	-3	50	-8	-60	65	-90	131	-90	61	-84	-57	44	-19	140	24
1987	6	250	-163	63	238	309	383	94	286	19	229	296	252	250	179	90	126	3	97	244	174	118	130	156	134	191	333	-103	573	313	343	
1987	7	14	163	160	515	253	521	398	300	310	184	247	262	269	274	47	111	76	133	141	168	54	89	108	93	111	271	313	374	-86	573	322
1987	8	311	234	389	280	288	456	156	196	549	212	145	128	204	178	42	321	184	65	197	144	124	-999	291	21	139	116	116	156	52	53	
1987	9	204	116	256	196	214	542	856	903	956	736	859	718	461	558	339	288	213	111	-17	57	106	131	486	1252	560	380	330	294	338	429	
1987	10	703	678	573	781	605	170	205	164	46	334	509	582	402	194	91	126	106	188	32	-22	45	-52	17	82	160	-12	-29	25	140	-84	142
1987	11	220	96	-24	-127	8	-91	196	205	-30	-23	-34	146	157	274	220	-108	-96	-53	124	370	625	535	87	-57	-175	71	-2	325	146	-8	
1987	12	100	154	171	-43	-999	-1	30	-76	69	34	-127	196	141	-61	-1	-74	-34	50	-125	150	27	87	132	189	84	66	122	-191	19	221	213
1988	1	247	54	61	-31	50	154	300	-16	112	138	273	149	336	515	369	267	353	303	56	186	-8	-110	131	97	110	16	72	84	-8	-337	90
1988	2	96	31	29	76	209	64	152	309	106	105	100	225	226	310	97	-67	118	57	117	214	171	102	32	-65	301	103	91	154	126		
1988	3	41	-22	16	76	135	174	96	90	-31	9	100	83	162	-30	28	47	73	54	200	-3	111	14	-21	-51	134	174	-17	41	53	-10	69
1988	4	101	190	175	144	-138	-71	68	60	196	96	-25	58	-59	10	-24	80	79	167	-137	191	29	-141	154	227	307	-311	-104	79	141	54	
1988	5	74	-94	132	-34	119	211	258	-101	67	179	73	39	89	27	-154	269	19	47	-36	28	242	-27	-82	38	-44	-8	418	141	-109	234	-95
1988	6	91	46	141	-51	-20	-74	-178	-132	-43	196	168	110	221	212	-15	44	138	409	465	635	374	435	494	407	308	389	390	332	405	427	
1988	7	360	354	295	542	572	280	573	523	280	227	490	156	309	317	485	377	277	500	453	451	299	373	200	123	362	177	118	199	175	47	394
1988	8	196	333	135	250	-164	73	368	331	487	525	466	240	563	929	1818	584	531	464	685	391	453	531	584	486	543	619	520	552	846	1307	-241
1988	9	1910	478	1801	2137	2304	1410	1113	898	764	436	341	2191	-976	606	362	203	363	222	414	229	274	169	182	438	368	417	728	586	275	378	
1988	10	1566	1059	1264	1780	1532	1563	1485	1270	1037	916	472	340	505	392	337	424	176	292	-78	525	291	237	446	541	20	-82	-108	162	434	434	334
1988	11	248	256	122	89	166	272	130	-9	10	75	462	248	281	109	-51	24	110	59	222	122	279	153									

Tabla 5.28. Continuación

		MALPASO																														
		Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																														
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1989	1	237	58	58	-56	177	83	177	154	6	-16	-123	7	125	204	119	17	111	24	23	116	425	448	179	61	-35	182	149	102	127	52	119
1989	2	-2	10	153	150	182	22	46	5	337	634	271	361	156	32	93	37	69	315	286	38	52	52	-86	115	269	59	79	-75			
1989	3	-42	74	83	75	146	71	88	-102	-34	-29	362	307	80	-119	-119	-112	45	340	112	-83	185	163	19	188	229	91	42	-191	-115	-84	167
1989	4	80	251	-116	148	-57	307	206	190	83	35	108	-37	-16	199	127	100	36	45	38	-109	12	79	-66	262	65	-109	-7	54	311	5	
1989	5	242	-72	-38	14	-42	228	354	95	95	-57	93	90	84	-96	76	137	145	-161	-178	395	171	20	-71	-9	-191	340	304	60	32	-54	49
1989	6	7	294	287	161	-59	32	-175	-10	200	200	208	-132	-51	338	37	193	196	279	137	29	-58	132	444	273	222	-59	238	80	179	-64	
1989	7	228	200	127	142	277	247	270	293	267	124	-79	140	78	241	198	226	-61	-15	-60	-140	220	258	316	205	196	208	184	265	368	208	131
1989	8	-32	95	274	410	480	104	-310	206	157	310	163	429	425	119	271	16	124	422	459	295	222	168	381	274	148	396	370	439	472	848	795
1989	9	609	470	464	166	525	468	421	441	442	231	370	266	263	350	368	1420	1322	1220	924	2491	3262	2845	3297	2841	1677	1429	1058	1091	1146	1334	
1989	10	1069	848	450	985	653	623	669	660	801	1363	980	920	654	613	602	480	219	429	1214	1285	758	480	469	400	231	315	226	411	417	267	205
1989	11	201	174	162	66	340	31	146	117	38	-7	302	510	174	28	72	57	155	323	163	624	83	13	296	303	166	287	144	103	295	365	
1989	12	436	130	369	330	299	215	206	347	412	375	145	212	142	-68	179	256	378	66	-6	186	212	442	455	654	368	377	192	44	155	203	141
1990	1	106	253	119	-113	127	149	395	113	105	128	130	61	176	179	134	184	-25	-218	369	197	332	51	47	61	59	251	115	493	39	-61	7
1990	2	36	196	-12	284	324	86	-38	6	138	159	209	47	94	134	29	12	95	257	27	23	95	241	156	98	68	237	64	-119			
1990	3	31	128	291	122	120	157	42	79	-3	150	144	-34	-12	8	292	-93	378	96	118	231	105	131	2	5	231	19	31	63	81	131	93
1990	4	281	-3	-41	128	190	170	61	122	162	-7	487	98	169	22	93	-74	-9	37	7	35	193	197	-86	-145	139	104	196	-29	78	43	
1990	5	184	-43	112	111	179	258	43	122	148	100	20	27	155	-54	9	-57	38	154	-17	247	-15	-78	237	278	172	14	161	-116	-216	163	277
1990	6	240	248	243	61	145	211	75	108	288	126	-5	118	163	192	177	171	218	-37	251	25	-240	394	630	639	425	241	175	291	479	348	
1990	7	348	209	230	539	559	348	300	300	303	284	528	444	304	106	438	218	241	296	192	263	281	510	248	135	21	156	253	262	490	149	-25
1990	8	206	197	182	296	351	137	78	45	196	157	185	216	109	120	226	116	79	331	209	24	86	32	172	168	304	263	91	-15	340	152	560
1990	9	76	330	700	450	400	414	481	429	321	395	259	163	378	304	285	309	155	250	231	152	185	259	275	225	375	510	563	294	385	31	
1990	10	192	204	368	204	481	367	440	528	293	227	316	226	95	215	110	75	50	75	450	123	118	138	403	227	46	863	236	218	260	237	280
1990	11	405	170	137	169	282	-45	112	37	171	442	465	249	207	270	609	598	670	546	238	303	161	-183	499	138	101	213	117	118	240	435	
1990	12	1247	516	413	1315	1248	623	514	385	421	385	226	319	175	35	247	199	81	90	113	196	242	117	46	259	395	164	38	225	163	277	194
1991	1	198	17	-7	399	199	211	89	58	36	142	128	130	97	172	95	86	127	38	52	194	-25	-999	162	22	-51	183	132	103	123	23	317
1991	2	440	256	310	144	141	116	431	862	618	264	176	238	646	-159	90	79	145	-63	155	81	3	167	213	297	-12	222	-44	170			
1991	3	9	81	120	-7	-22	78	66	-93	295	78	-32	79	82	308	-313	174	44	-15	-36	119	93	-3	139	75	127	-12	2	-15	66	49	115
1991	4	-13	37	139	34	-20	115	126	-39	15	-57	89	98	178	29	-35	-106	108	149	-78	154	15	34	65	111	-49	51	-44	-52	142	10	
1991	5	-15	-14	45	-27	94	36	-17	59	96	46	260	-12	79	-57	199	44	192	-199	87	16	29	67	-15	46	113	171	50	-160	56	67	189
1991	6	117	-116	87	37	72	-999	101	32	74	7	108	147	176	234	19	64	223	44	188	69	368	403	330	488	808	492	449	311	363	341	
1991	7	299	513	234	291	267	398	208	200	149	332	138	122	125	14	238	87	7	171	118	78	54	110	131	160	75	-82	326	95	86	52	102
1991	8	-84	146	127	123	72	87	163	157	162	149	83	56	-56	7	91	132	113	67	206	144	127	225	105	461	5	204	132	132	-42	38	184
1991	9	286	145	95	162	237	303	285	170	69	255	-12	112	139	253	115	170	172	104	93	153	289	216	365	279	419	396	387	361	436	237	
1991	10	128	552	319	573	519	574	595	471	1750	792	837	603	61	561	237	192	311	307	207	113	25	206	301	182	264	324	198	16	179	103	142
1991	11	233	471	131	389	331	228	152	141	328	405	160	269	79	37	116	175	74	117	41	219	362	137	286	705	740	330	204	301	250	260	
1991	12	106	90	42	150	309	356	295	186	133	101	171	196	153	137	79	405	218	132	167	311	183	258	190	126	112	153	93	403	503	229	299
1992	1	328	204	251	300	213	219	160	155	126	131	88	75	135	-30	79	120	171	128	277	399	288	284	326	96	164	120	265	119	225	212	269
1992	2	294	190	167	115	126	110	29	126	81	1	141	131	32	126	28	65	145	6	65	108	90	30	183	81	150	256	3	168	100		
1992	3	211	27	12	-36	76	178	109	175	113	12	-16	41	59	138	46	7	98	42	-16	146	117	39	64	42	-32	71	215	72	58	2	13
1992	4	31	117	220	54	53	29	-76	49	-13	152	50	81	30	68	38	23	36	146	123	-12	20	-44	-63	-15	102	153	-7	-64	-46	83	
1992	5	148	109	97	148	-289	123	-97	90	53	-44	-47	-3	-56	-23	260	296	-63	-19	45	5	-42	-53	168	-1	57	-135	58	222	117	311	-63
1992	6	220	142	231	149	-204	110	375	347	52	7	90	37	50	541	160	310	669	948	432	536	302	132	315	270	275	280	521	615	215	278	
1992	7	249	355	464	541	403	250	409	341	260	350	184	163	220	565	679	645	541	465	211	358	156	-60	395	135	242	271	532	303	157	190	157
1992	8	150	133	185	-16	119	343	235	78	178	291	428	626	403	376	756	649	611	497	422	351	272	347	307	289	152	155	146	233	122	116	267
1992	9	188	31	111	97	167	477	248	318	185	418	352	384	325	594	641	358	524	521	389	200	354	365	414	450	459	293	463	411	1424	1345	
1992	10	1010	786	446	440	411	427	351	427	340	396	322	337	286	219	265	213	336	247	-5	139	171	243	273	310	252	317	127	240	229	14	137
1992	11	170	181	58	235	222	120	97	159	150	138	27	98	184	106	316	228	266	190	215												

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1993	1	159	-27	29	76	42	46	35	90	25	73	-2	-89	88	59	37	137	80	93	-79	118	-22	-20	15	236	72	131	485	240	214	222	175
1993	2	-53	71	-28	186	146	168	-21	157	-46	159	157	17	17	-5	122	-5	106	108	120	265	133	52	74	-15	60	117	76	221			
1993	3	-122	-72	162	29	29	89	54	-15	35	96	-82	328	215	-100	227	20	-80	131	154	80	63	46	-74	115	174	1	135	12	-3	-1	127
1993	4	-36	178	66	27	108	-113	200	-103	89	122	44	-140	27	30	-2	218	56	-87	174	-109	-28	-69	93	248	-54	-7	76	133	31	315	
1993	5	-190	134	-34	-20	60	116	-35	87	91	-999	138	43	108	-5	96	37	87	-34	-88	6	86	91	93	-32	54	64	-14	-15	106	164	-61
1993	6	-79	69	35	82	83	53	-16	12	154	343	103	184	105	477	465	675	596	747	237	222	242	42	105	80	395	588	866	668	731	708	
1993	7	711	712	596	399	740	661	556	422	376	404	235	428	262	382	328	66	44	156	176	135	60	78	177	259	167	252	101	-5	47	281	269
1993	8	47	117	164	-7	142	-41	146	95	344	315	117	130	792	-117	553	1242	1086	1082	978	1155	1179	935	963	343	352	563	804	741	506	633	459
1993	9	433	410	535	624	519	650	525	508	663	836	981	650	331	198	284	333	332	269	712	407	466	549	611	436	383	330	271	557	753	685	
1993	10	549	397	297	692	503	616	791	538	458	435	350	291	131	589	605	306	-2	521	-29	157	412	785	983	807	497	213	174	237	79	409	1149
1993	11	914	343	189	285	178	414	688	275	141	112	390	231	259	243	126	27	16	469	228	168	29	-44	375	181	-999	-21205	178	332	174	162	
1993	12	227	130	152	186	32	116	59	35	61	156	279	194	218	90	-56	46	177	106	148	103	52	-15	110	110	302	291	126	54	100	153	153
1994	1	171	64	59	141	122	41	527	495	7	141	333	138	161	137	310	149	72	260	307	241	257	394	162	183	144	181	-36	201	89	131	39
1994	2	54	65	90	242	-262	574	-201	167	-36	250	-27	243	126	111	138	172	227	304	223	389	39	45	89	326	150	27	219	93			
1994	3	-19	139	116	30	102	91	125	36	47	119	216	134	58	184	116	135	36	-999	360	43	128	38	-96	147	38	241	-43	94	-5601	-999	60
1994	4	230	133	-51	79	-9	228	250	53	244	193	29	2	69	13	135	214	152	111	156	-75	-7	127	91	111	-5	38	56	79	164	96	
1994	5	-5	-2	61	-8	96	56	-9	110	-179	514	-123	30	139	97	221	132	32	45	-37	141	-115	256	-10	-100	60	34	67	186	291	61	-9120
1994	6	30	72	102	65	157	130	44	-45	-34	429	266	285	52	47	105	44	64	38	226	153	-125	240	178	183	167	170	233	21	-44	36	
1994	7	-3	170	71	203	451	295	231	481	400	111	193	148	135	124	-17	120	-999	36	76	123	407	-97	102	128	194	65	199	66	57	132	485
1994	8	172	78	137	193	132	98	79	112	123	38	81	78	98	176	400	353	279	375	257	209	350	442	274	242	201	193	140	221	172	156	41
1994	9	157	198	179	139	183	226	175	76	188	167	34	90	190	170	115	41	141	59	537	365	225	176	264	134	307	273	325	188	164	32	
1994	10	156	101	43	396	178	197	144	63	153	757	755	484	319	216	238	103	78	47	128	199	81	83	103	127	116	159	292	135	110	106	82
1994	11	148	138	76	-19	65	68	36	52	35	47	80	171	95	78	120	159	-32	75	37	90	81	-89	-54	-6	31	126	108	36	-5	164	
1994	12	135	102	104	109	2	9	37	-51	73	-21	156	71	-12	54	9	97	-78	96	209	25	-73	90	54	128	-169	319	-32	39	101	79	41
1995	1	64	108	133	120	315	282	179	299	117	34	137	13	108	84	168	89	29	58	39	42	100	56	20	112	97	23	20	86	75	50	-50
1995	2	116	126	81	257	370	194	166	14	-10	84	110	10	30	14	29	174	74	35	54	468	263	105	220	69	137	128	-43	56			
1995	3	108	79	66	2	71	46	-53	204	60	-23	66	164	101	-83	74	83	50	42	95	-5	65	-34	-124	76	170	174	-29	-91	65	58	-131
1995	4	29	65	68	2	-67	152	-15	36	80	97	-103	16	82	164	42	10	7	-89	24	9	-127	170	164	128	32	90	20	67	-24	207	
1995	5	-9	78	-67	57	133	282	-34	-269	17	37	164	-157	189	111	49	15	-75	44	38	5	138	-999	-7	16	21	149	183	91	72	22	63
1995	6	22	24	22	73	56	-134	9	6	106	236	212	-49	91	184	86	-51	462	1043	510	550	372	368	343	212	466	352	384	478	492	247	
1995	7	331	238	289	76	271	98	333	234	340	485	304	141	828	549	247	212	148	204	192	211	242	500	-69	259	714	756	591	520	490	428	211
1995	8	619	424	670	917	628	527	774	939	726	219	272	561	319	537	641	640	694	788	947	1023	828	572	515	478	428	556	457	898	578	1139	972
1995	9	1723	1253	1000	1043	912	821	1345	1112	583	818	439	343	576	855	296	337	350	359	375	306	273	507	556	1184	722	622	619	956	666	759	
1995	10	894	568	565	763	628	925	1118	817	660	481	516	1060	755	620	833	804	476	215	183	203	499	362	132	329	219	352	319	191	301	164	228
1995	11	88	264	255	172	153	247	93	144	280	179	16	600	289	149	252	175	122	175	258	331	-46	167	108	69	282	140	237	109	37	125	
1995	12	44	76	240	53	-47	175	161	31	186	382	825	428	196	139	166	350	134	150	82	63	57	172	113	159	43	272	186	69	179	234	150
1996	1	75	218	88	-12	109	206	199	640	341	196	241	150	184	219	68	39	118	181	140	219	354	-292	418	56	46	105	196	316	111	-2	314
1996	2	-102	198	122	287	44	51	122	207	-19	28	149	122	395	53	162	25	116	86	134	-37	84	228	-68	-264	494	29	-2	38	-6		
1996	3	101	-10	233	13	28	21	105	38	219	154	152	218	153	-36	80	170	21	-16	-30	-47	174	27	83	88	-5	84	-10	28	-58	176	96
1996	4	59	22	255	137	170	-5	-5	78	-86	206	7	-7	108	130	119	116	20	203	-13	177	128	35	-10	218	6	244	172	113	-120	1468	
1996	5	403	102	105	192	367	98	-30	-9	9	253	309	74	183	-999	341	82	233	269	13	131	67	22	119	359	32	122	-78	87	88	241	235
1996	6	161	186	294	291	63	421	260	126	366	8	295	-32	779	343	157	218	450	277	313	558	175	561	331	384	904	556	406	269	608	807	
1996	7	395	363	456	728	659	662	789	440	463	573	247	100	524	316	134	333	331	645	617	344	318	534	284	213	281	83	135	131	275	418	568
1996	8	541	392	389	259	365	98	68	322	294	557	1059	788	563	597	564	257	347	295	330	273	389	850	611	473	727	900	767	407	372	532	391
1996	9	281	177	212	88	183	499	359	553	806	920	602	664	394	573	553	307	356	243	277	207	350	310	376	105	609	360	337	421	714	1343	
1996	10	840	617	626	595	670	816	951	623	443	450	559	440	469	367	563	370	358	231	402	168	207	204	468	98	228	141	45	155	225	191	145
1996	11	72	351	102	235	214	153	139	442	972	593	234	207	281	166	186	245	166	406	478	380	216	208	89	159	395	263	287	226	249	23	
1996	12																															

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1997	1	63	106	14	135	-14	44	164	12	94	75	104	103	153	-118	163	52	454	431	90	132	-160	-225	-51	233	-17	58	10	79	252	325	149	
1997	2	-84	-162	-999	166	82	317	-133	178	-47	-28	135	-999	139	141	163	297	440	304	244	245	82	245	310	167	145	177	-87	249				
1997	3	161	87	59	66	79	238	35	-24	119	110	1	59	113	130	-53	199	-3	91	-8	110	146	22	142	117	-8	-31137	-17	-999	120	39	2	
1997	4	-39	123	183	-5	-7	182	23	53	79	19	147	133	155	61	-75	71	209	134	50	116	146	46	-17	-119	-999	-13	52	135	-75	38		
1997	5	126	152	196	43	238	-22	194	-82	10	196	84	-28	19	128	189	137	-63	398	-29	-13	95	-82	204	124	32	53	66	176	98	-96	194	
1997	6	240	142	122	214	79	78	-5	30	137	38	372	251	66	147	390	113	65	137	82	57	164	396	230	405	60	212	228	1	170	223		
1997	7	547	802	623	491	222	229	289	109	177	138	189	237	287	236	215	267	91	134	95	138	192	194	-50	127	108	183	-13	122	82	-31	163	
1997	8	42	37	73	185	160	106	133	120	51	117	155	97	125	3	32	66	137	112	53	172	41	119	157	84	46	259	242	186	190	229	160	
1997	9	159	146	233	296	49	241	295	278	144	127	316	434	382	470	273	302	340	134	84	163	166	205	368	356	367	207	235	285	100	277		
1997	10	1067	832	727	709	339	472	1100	971	407	356	284	302	314	618	1014	1150	848	683	424	287	329	226	160	289	74	76	483	381	182	279	141	
1997	11	225	275	220	64	53	128	145	175	193	530	316	520	198	231	156	301	370	93	149	517	156	188	267	212	199	494	373	235	337	510		
1997	12	252	176	264	192	213	275	205	324	154	44	157	211	214	168	108	128	42	178	-43	171	228	-39	329	-35	47	25	79	71	215	35	110	
1998	1	131	-12	106	177	-5	130	-42	88	215	86	49	12	-32	-34	27	174	74	88	134	154	59	-49	156	47	45	266	-37	29	15	154	230	
1998	2	110	-28	42	178	105	45	-39	190	-51	10	149	2	83	41	191	34	-93	112	125	-13	106	115	-46	-37	94	-7	69	57				
1998	3	68	13	-3	65	68	-45	117	169	6	-84	-29	162	16	36	67	52	-95	68	51	41	148	-10	21	-69	49	-21	2	10	236	-74	-101	
1998	4	126	52	-25	142	144	44	-68	101	30	132	71	-102	-41	-19	-9	-111	95	142	161	-91	-95	64	27	59	49	98	-172	25	50	296		
1998	5	216	-13	-69	-6	-118	160	-19	17	-131	245	-12	-115	-9	17	42	24	135	54	-105	-24	37	-35	19	182	-7	-148	83	-53	38	27	206	
1998	6	38	-53	-137	-13	138	157	49	-36	5	-66	157	27	-58	208	32	-80	47	45	135	138	251	94	218	-113	-46	230	198	161	-41	41		
1998	7	433	453	168	319	29	103	-105	19	154	343	447	171	30	185	340	300	366	410	380	13	38	175	166	5	281	541	528	124	428	383	434	
1998	8	245	416	148	348	427	564	354	264	253	233	190	236	130	223	317	203	-14	183	233	336	160	480	237	284	65	265	649	440	317	189	185	
1998	9	207	66	197	922	736	528	905	971	1956	4117	2318	1737	1355	844	508	429	416	425	396	207	291	131	315	432	760	473	602	1295	991	640		
1998	10	373	402	358	304	535	418	468	551	1007	366	671	509	591	539	679	700	623	602	669	360	500	457	1251	826	582	598	696	939	898	690	350	
1998	11	692	1571	1675	1227	1285	938	895	553	554	469	449	435	350	347	213	334	292	188	179	208	289	273	367	81	230	198	148	212	140	204		
1998	12	72	86	138	119	76	262	-24	25	233	105	17	248	274	274	279	197	226	201	161	153	191	42	-43	207	221	139	72	91	80	102	140	
1999	1	127	177	14	57	248	141	83	193	43	382	337	192	169	212	226	41	148	12	60	104	81	102	179	71	123	-98	32	83	43	178	277	
1999	2	16	66	35	162	161	139	108	15	-100	16	110	243	328	676	179	157	249	69	153	152	273	269	216	175	212	56	218	82				
1999	3	39	-81	183	34	46	97	247	84	-119	-76	203	122	54	123	28	-67	-32	64	94	73	373	115	-76	9	-50	299	12	100	60	-1	190	
1999	4	86	101	86	-10	104	-44	-35	75	52	269	8	-27	35	69	126	56	388	273	146	91	167	150	89	-39	308	46	-79	97	153	27		
1999	5	59	183	-65	68	75	-71	288	47	118	124	6	-27	-27	130	52	159	64	36	-999	250	29	235	22	-50	91	76	74	199	87	190	57	
1999	6	-65	47	73	214	83	166	27	27	3	146	74	297	203	61	127	410	464	552	466	95	381	463	712	385	116	223	281	149	226	222		
1999	7	398	877	560	679	390	476	419	385	146	587	620	1313	1094	777	465	406	551	449	468	147	483	-27	219	302	213	200	37	113	228	237	221	
1999	8	369	144	-29	262	221	229	238	293	212	-25	314	678	36	377	251	310	550	792	554	325	384	333	425	248	407	523	169	322	576	441	472	
1999	9	547	611	1396	925	845	309	554	424	544	1116	1021	666	1309	1510	1017	1081	1448	1028	1083	633	530	791	354	479	578	613	334	443	483	998		
1999	10	2473	2345	1749	1076	1385	1396	1258	1065	757	370	1007	1424	1123	896	801	532	535	425	454	1288	1125	1152	612	492	653	580	451	251	418	392	550	
1999	11	524	416	424	354	328	247	110	699	635	499	406	647	174	-49	306	230	309	497	428	20	-21	243	260	49	340	288	166	262	156	-101		
1999	12	-50	69	171	305	271	136	-152	298	119	107	-167	-14	113	72	61	107	221	273	163	194	136	-999	402	259	427	677	147	88	239	206	308	
2000	1	233	14	86	647	881	836	233	366	185	228	48	89	119	192	383	86	61	-9	106	216	63	162	118	108	74	26	210	-2	-4	340	54	
2000	2	-59	127	36	271	377	180	94	-33	147	198	53	91	247	96	-47	4	24	91	224	159	-86	97	-31	-50	251	39	243	-61	-69			
2000	3	-15	9	127	125	100	145	19	-59	-56	47	233	325	-18	-47	72	0	154	100	-102	3	300	-5	-126	-37	260	224	-7	-129	-158	114	82	
2000	4	229	-33	-182	322	-61	157	-16	178	238	-40	-63	-23	-93	273	132	115	-3	-37	-20	120	134	143	-105	-32	-34	-37	162	1	-51	560		
2000	5	-215	-47	26	16	-38	9	246	-37	-73	88	61	-35	498	262	35	77	104	26	135	85	558	276	208	101	214	88	153	252	76	230	598	
2000	6	430	339	246	266	165	213	256	554	334	541	462	615	673	347	495	793	382	344	186	367	474	564	172	177	194	446	221	7	269	88		
2000	7	382	236	-59	114	209	71	-2	283	256	50	283	232	51	131	203	268	127	33	102	81	124	267	255	-105	91	216	221	236	414	111	258	
2000	8	259	428	702	690	654	273	5	325	579	726	510	689	272	208	293	330	188	165	210	254	82	-50	162	197	-28	211	554	329	881	592	601	
2000	9	482	866	542	381	454	450	422	421	473	408	319	295	811	583	513	960	1417	1197	1404	918	727	586	826	472	354	350	529	1028	1264			
2000	10	1174	532	494	524	581	449	848	367	1280	739	620	1075	824	648	538	556	335	349	274	384	207	229	168	267	219	152	184	189	138	47	154	
2000	11	129	162	133	69	223	191	30	53	115	144	29	202	56	128	285	101	45	118	227	362	161	206	188	53	188	110	174					

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2001	1	207	182	128	244	220	193	200	75	134	148	93	118	94	41	76	156	27	88	112	25	50	61	118	44	91	71	49	80	0	102	29
2001	2	34	126	90	120	250	439	326	216	157	119	167	146	144	38	90	35	118	350	734	411	310	164	170	131	183	86	161	52			
2001	3	68	111	14	19	76	54	29	38	21	66	51	32	60	14	68	53	-19	36	57	168	9	32	35	69	34	0	66	20	83	-100	59
2001	4	13	28	109	51	32	35	5	110	16	93	10	27	3	65	56	19	37	95	-20	94	47	0	86	-1	51	74	181	98	10	27	
2001	5	108	15	83	28	60	54	6	87	51	59	23	35	64	250	35	119	13	21	100	56	37	57	10	34	35	186	43	116	141	80	97
2001	6	127	255	106	240	50	119	54	2	91	93	68	196	56	30	6	125	16	73	75	2	153	-60	101	-25	122	1	102	6	88	25	
2001	7	-326	56	15	127	110	-9	20	81	7	134	113	120	41	236	115	233	89	137	198	128	94	130	137	90	130	61	60	66	105	59	60
2001	8	129	218	48	33	84	96	108	183	86	234	7	179	182	209	26	35	258	24	128	106	21	52	82	508	669	448	480	396	220	150	208
2001	9	68	91	221	263	182	81	280	650	424	556	249	486	307	163	570	456	589	387	167	531	369	168	188	597	313	478	490	1841	1994	63	
2001	10	864	764	376	242	324	227	407	491	804	407	144	76	57	217	394	490	1010	979	500	409	267	180	155	117	263	342	326	308	386	85	223
2001	11	333	383	207	900	904	526	630	356	272	482	200	50	71	210	113	256	66	116	166	181	-71	152	57	141	228	37	-135	162	37	173	
2001	12	118	266	66	64	72	88	98	57	221	120	-52	178	-55	17	307	-15	43	202	184	729	567	306	396	114	188	299	43	252	137	186	186
2002	1	23	17	235	242	182	156	-7	72	51	249	151	135	7	84	-1	101	73	-11	209	46	28	111	-44	-53	243	292	-98	84	21	149	33
2002	2	136	124	174	20	132	137	162	460	275	149	538	280	398	176	320	314	377	290	211	45	192	232	193	50	177	47	230	168			
2002	3	21	314	28	206	294	310	86	87	90	130	62	98	-13	80	125	46	47	156	117	78	177	112	132	106	421	-46	129	281	163	118	135
2002	4	25	73	4	107	59	75	31	30	76	11	45	-38	-18	50	116	-20	14	27	111	-22	58	-15	-68	32	-4	109	31	121	-19	29	
2002	5	59	6	31	8	17	-90	89	-39	110	69	46	58	-31	207	-26	30	6	73	239	86	-8	-48	-17	90	14	84	-31	-71	6	19	117
2002	6	60	60	2	75	21	-31	295	114	89	221	294	242	177	180	249	136	41	84	26	2	203	307	645	337	245	263	615	520	354	191	
2002	7	79	132	-5	270	286	200	209	150	119	65	165	118	193	184	262	224	134	21	226	58	118	174	248	-44	56	163	98	173	25	35	249
2002	8	182	119	70	107	58	19	-31	138	39	109	112	159	70	-44	-124	-153	64	-75	171	140	170	26	21	82	9	163	150	20	113	204	64
2002	9	307	464	625	326	1073	517	411	388	322	409	239	278	214	321	336	244	309	421	71	202	807	411	539	253	268	803	833	832	1050	915	
2002	10	471	660	751	770	620	431	342	322	248	520	219	277	154	174	211	144	177	184	89	142	196	55	104	118	101	6	-10	50	40	110	92
2002	11	237	62	144	59	193	440	521	320	175	175	198	30	686	501	264	321	496	468	138	155	212	161	140	100	133	37	152	190	180	126	
2002	12	119	124	41	39	-57	443	545	436	132	203	163	95	228	381	139	230	105	52	91	178	41	177	53	68	89	110	182	102	52	72	119
2003	1	70	125	254	371	247	146	58	88	14	166	126	40	148	189	44	146	78	160	249	42	-33	124	73	165	78	185	26	99	122	7	-28
2003	2	81	66	49	83	103	38	73	85	100	62	-23	122	50	18	140	108	37	-108	24	31	134	38	-3	68	92	-27	66	4			
2003	3	91	38	-43	43	105	-4	-57	71	96	5	55	16	-13	15	124	-37	97	-42	-41	59	62	94	22	-107	-168	16	65	135	87	107	135
2003	4	24	73	70	52	-13	34	-125	-36	490	35	106	90	37	-12	-4	130	9	-6	16	69	66	36	-108	-53	-34	-135	158	-119	10	88	
2003	5	212	25	-54	108	-50	-208	137	-7	193	99	-108	-18	-72	86	59	75	-63	161	240	83	72	52	120	14	43	21	74	190	170	162	106
2003	6	67	76	35	29	33	-16	33	49	262	361	282	137	150	82	195	192	325	351	424	868	418	337	379	341	362	675	565	275	236	271	
2003	7	218	227	272	282	159	164	379	370	152	190	227	194	89	224	214	151	145	167	221	178	232	280	353	197	182	53	182	176	167	144	157
2003	8	122	99	125	37	138	72	88	114	99	60	213	251	201	189	204	136	142	351	286	285	233	233	140	242	170	214	281	219	332	372	562
2003	9	498	513	384	376	347	245	237	410	348	339	322	243	507	498	752	1022	1244	1268	980	672	700	1093	957	660	438	818	573	497	419	643	
2003	10	837	416	416	360	816	3602	2498	1992	2417	1663	973	860	615	512	472	423	438	442	471	471	449	377	311	291	320	176	233	166	149	232	111
2003	11	163	137	121	85	90	143	143	322	628	816	628	518	568	250	282	201	285	286	725	691	359	296	230	173	173	-86	-70	1196	1044	639	
2003	12	463	275	244	247	303	222	184	245	174	154	104	104	228	180	7	48	210	367	222	197	137	271	235	101	97	148	75	172	109	152	153
2004	1	226	119	136	118	-28	122	346	306	568	969	987	579	329	324	230	276	115	166	144	134	178	116	98	142	100	165	116	43	135	68	64
2004	2	116	113	128	88	80	90	91	151	96	188	88	168	429	230	208	150	216	119	160	116	92	88	134	43	48	43	102	70			
2004	3	121	36	72	117	76	126	10	118	51	35	36	74	23	41	101	99	98	97	-1	-16	39	1	108	-53	-59	204	3	149	60	79	2
2004	4	299	143	114	59	-50	-81	-204	95	139	114	64	-6	65	87	64	-17	-66	29	27	29	25	-43	-8	115	44	33	105	334	-130	-201	
2004	5	286	60	299	76	169	55	112	97	52	436	-103	42	-92	199	284	171	15	-79	85	507	1	187	187	28	17	456	-75	-50	-109	150	-46
2004	6	126	267	387	306	123	128	195	142	228	432	439	535	320	174	165	138	124	151	49	34	234	122	-19	532	230	249	144	12	1	-63	
2004	7	405	61	7	52	76	132	-62	-51	235	272	23	232	-190	177	152	311	214	228	246	178	11	342	348	292	211	439	380	231	132	275	440
2004	8	259	369	322	322	140	140	80	227	63	-71	114	75	192	136	149	158	30	477	329	-96	-103	234	12	-75	-13	323	238	87	205	170	105
2004	9	68	171	128	97	130	372	100	322	508	325	313	462	302	-7	329	412	223	263	307	263	343	488	290	590	465	325	490	504	802	521	
2004	10	223	296	389	347	304	344	389	434	309	290	369	211	474	272	408	449	278	321	297	103	122	43	18	149	213	71	67	-98	147	128	183
2004	11	173	170	237	-25	902	902	470	190	120	239	76	238	56	158	189	-32	142	100	87	1	127	70	-92	-74	158	331	28	106	-36	17	
2004	12	-15	42	28																												

Tabla 5.28. Continuación

MALPASO																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2005	1	85	40	-26	153	17	-80	79	-73	99	-16	92	-12	89	51	70	99	66	37	-16	69	32	26	90	45	4	142	18	63	77	74	-44
2005	2	-82	69	-18	-55	102	141	142	-55	45	-7	122	18	74	51	31	3	-11	29	60	70	-24	67	-122	82	73	180	-101	41			
2005	3	62	-47	-3	66	24	85	28	-54	-1	56	26	-16	142	52	34	-43	-1	115	3	13	27	61	-2	17	-9	20	8	-26	-48	58	16
2005	4	-47	-8	25	-44	-2	-251	90	-13	214	47	-15	-50	-97	47	-36	130	46	15	-86	-13	17	-68	140	78	24	-103	-65	-125	-26	208	
2005	5	131	-50	-142	76	175	-51	112	6	81	-56	-66	-55	48	3	66	29	19	19	-44	-63	47	170	-21	-65	-113	-22	-63	203	202	141	18
2005	6	-85	112	147	-62	-22	3	271	25	-57	49	108	-19	91	150	70	106	207	105	133	326	296	251	353	272	197	230	511	673	672	367	
2005	7	373	539	211	552	341	131	98	271	224	252	245	279	418	443	423	699	839	492	619	992	912	451	269	587	530	113	397	192	218	265	240
2005	8	408	73	167	41	561	59	368	85	-108	327	174	271	391	325	326	278	294	304	462	815	1588	1263	1194	864	405	771	569	428	315	237	353
2005	9	363	-10	584	552	475	256	327	641	295	170	158	386	274	395	197	31	433	145	271	-47	-45	258	100	188	290	503	80	199	490	754	
2005	10	294	276	904	1792	2404	183	130	2336	1264	708	591	465	610	448	467	448	402	272	162	351	296	297	468	275	136	362	331	115	-117	-70	26
2005	11	182	459	172	181	-18	275	105	-115	210	97	111	148	77	216	-16	75	303	235	225	399	398	317	178	159	114	273	183	473	75	54	
2005	12	4	-72	-63	156	33	607	153	262	199	391	305	395	312	198	142	137	177	255	572	505	250	291	228	245	152	119	58	74	52	82	207
2006	1	-141	-46	129	42	402	104	383	-295	186	143	149	51	335	459	10	200	141	86	163	178	174	-136	51	532	703	876	565	452	143	7	-115
2006	2	121	137	-20	284	101	182	7	58	90	203	170	392	188	154	297	22	138	77	193	146	21	35	38	129	211	252	366	210			
2006	3	31	292	18	-36	167	48	-102	152	-57	229	216	104	19	114	34	-2	104	241	-108	145	-15	32	152	65	301	166	-49	-44	186	14	76
2006	4	15	208	81	-49	39	233	151	128	146	-77	84	-410	744	74	191	35	-126	-29	3	163	-36	306	146	-31	-82	54	84	29	172	161	
2006	5	88	-92	-39	-1	56	184	325	8	155	-293	176	-23	434	-3	13	44	-4	41	70	102	175	44	-18	184	-70	319	-10	264	37	219	134
2006	6	31	673	257	327	157	359	813	518	426	374	161	247	69	352	104	232	536	264	207	238	112	138	112	289	647	618	714	486	260	190	
2006	7	355	270	259	-30	9	191	89	312	306	100	170	125	173	254	499	285	291	370	383	794	1103	785	448	471	227	323	273	139	388	237	179
2006	8	600	544	212	493	707	335	-31	418	461	276	118	372	155	231	11	240	6	-55	220	127	162	-91	329	80	435	-145	89	301	206	289	537
2006	9	363	874	205	746	604	301	365	161	461	433	136	436	705	678	236	487	377	308	354	619	362	338	369	247	492	140	423	115	-83	671	
2006	10	301	-78	683	272	499	337	571	396	427	222	429	352	675	494	489	90	255	312	157	253	147	212	285	167	216	42	300	1088	662	204	113
2006	11	198	284	557	412	381	322	148	103	118	171	209	259	115	4	226	574	70	216	286	244	27	249	4	40	88	52	-1	-81	73	182	
2006	12	299	211	190	351	698	272	311	243	225	238	108	376	136	261	116	38	197	90	51	145	558	325	77	118	63	21	204	84	-14	61	132
2007	1	330	397	163	-31	164	78	336	690	922	813	521	282	243	279	380	195	197	9	211	126	161	100	106	103	218	241	62	137	196	191	59
2007	2	119	78	170	150	171	195	383	139	165	214	185	27	122	157	50	55	124	122	89	179	-14	94	100	133	79	71	-9	165			
2007	3	83	43	79	160	-8	194	117	120	82	6	207	43	89	48	62	21	73	99	118	155	70	-137	107	100	99	87	1	-27	81	132	298
2007	4	-186	48	9	-6	139	78	103	56	-76	51	75	-139	239	-8	-35	144	60	11	7	203	56	47	-59	-158	218	126	150	57	184	29	
2007	5	26	-87	-51	1	249	297	4	-30	-107	74	-73	-3	75	72	-9	-17	39	-192	159	169	103	-18	56	51	46	89	24	51	146	-59	170
2007	6	327	258	80	-314	-106	-7	-306	147	195	93	-79	163	-78	-47	-62	123	203	104	95	126	68	123	180	176	123	173	73	43	154	99	
2007	7	143	126	163	-86	98	-24	76	252	183	112	57	3	119	57	252	117	235	251	293	168	225	233	167	289	73	159	90	396	171	190	-17
2007	8	301	207	151	116	332	456	590	515	540	465	322	218	540	148	165	329	357	265	-33	192	306	760	185	524	290	442	253	386	668	329	493
2007	9	534	338	850	600	232	111	293	480	877	776	741	631	580	659	263	546	504	-106	213	288	304	284	249	144	196	258	159	260	457	217	
2007	10	344	-94	133	60	142	118	125	255	137	959	2154	1448	719	431	302	413	490	511	505	518	761	799	1674	1351	959	735	416	1810	3385	2560	1972
2007	11	1730	1106	935	626	558	424	459	351	286	247	252	218	251	281	277	252	183	214	241	214	247	250	249	215	251	388	212	215	176	184	
2007	12	148	250	75	183	140	181	148	148	247	144	145	111	52	101	121	-18	-110	39	17	-78	44	-36	-37	-14	25	149	-44	-71	61	151	167
2008	1	278	632	436	264	164	64	100	112	27	39	-35	26	176	60	46	18	14	101	94	311	168	153	167	136	8	117	70	25	371	-228	67
2008	2	3	91	-10	22	57	67	38	16	83	149	30	147	216	98	116	54	34	92	65	30	56	-29	47	46	49	74	102	123	77		
2008	3	25	86	76	73	36	42	88	46	52	62	126	-118	180	145	-13	185	18	-195	61	59	60	99	100	181	38	78	111	-27	49	-373	48
2008	4	77	159	20	-185	32	19	146	173	-17	-222	39	-39	266	559	-44	246	10	16	100	-128	93	156	-75	29	69	16	-66	127	319	-45	
2008	5	98	-4	-81	-25	36	351	235	-349	87	240	-91	135	76	-40	-100	2	-98	494	-119	-159	308	-22	-35	37	-235	455	342	68	-30	99	776
2008	6	370	-270	-62	86	-361	-378	-197	184	-112	-323	-31	164	415	272	421	56	423	207	-82	827	760	787	658	732	516	1260	510	543	973	393	
2008	7	393	383	540	425	705	1231	479	704	777	959	409	1164	841	512	586	594	284	554	397	648	373	620	635	713	632	498	181	396	224	129	267
2008	8	379	566	183	436	150	327	481	451	-9	764	510	369	308	629	699	448	678	139	-45	355	321	321	156	344	243	285	144	125	87	498	306
2008	9	131	575	17	301	415	610	304	833	521	438	426	550	290	-11	248	577	733	595	594	285	659	663	992	760	1052	883	1341	1309	945	1177	
2008	10	852	436	969	571	396	385	362	765	560	546	594	590	302	450	456	241	438	515	751	364	184	360	360	583	331	478	257	268	37	161	228
2008	11	174	149	89	165	170	283	-118	533	180	192	-54	98	183	97	267	583	214	295	119	148	43	319									

Tabla 5.29. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m³/s). Presa Malpaso, Chis.

Año	Gastos medios diarios máximos anuales, en (m ³ /s)											
	Duración											
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días	11 días	12 días
1959	2689	2361	2077	1912	1701	1527	1430	1348	1293	1230	1195	1160
1960	1774	1513	1381	1212	1047	948	878	842	784	739	709	682
1961	1538	1530	1395	1237	1184	1123	1075	1024	968	938	901	858
1962	1904	1876	1759	1645	1545	1458	1366	1241	1215	1201	1185	1182
1963	6436	5421	4612	4244	4013	3827	3559	3288	3078	2879	2715	2563
1964	1723	1451	1302	1175	1077	992	930	879	836	804	822	811
1965	2192	1959	1831	1667	1529	1406	1411	1384	1339	1276	1212	1156
1966	2130	2069	1952	1826	1760	1716	1699	1677	1713	1730	1736	1712
1967	1140	1126	1070	1018	970	926	882	850	839	825	806	787
1968	1978	1959	1865	1833	1753	1631	1498	1397	1311	1231	1167	1104
1969	2101	1877	1739	1722	1712	1687	1633	1554	1499	1439	1411	1367
1970	2528	2226	1938	1802	1700	1697	1650	1580	1536	1508	1489	1453
1971	1727	1504	1450	1369	1322	1265	1231	1270	1271	1222	1203	1185
1972	1031	1005	835	728	649	590	550	515	484	476	465	453
1973	3750	3554	3393	3078	2846	2675	2512	2406	2322	2234	2133	2041
1977	1308	1096	984	911	748	640	576	520	511	478	436	438
1978	2844	1539	1011	784	732	704	667	654	644	618	611	632
1979	3207	2873	2238	1901	1735	1607	1503	1408	1358	1296	1260	1236
1980	7505	6532	5426	4602	3942	3422	3032	2766	2565	2379	2252	2147
1981	1656	1493	1411	1308	1250	1182	1115	1098	1095	1073	1052	1013
1982	1450	1314	1212	1152	1114	1067	999	941	888	844	821	792
1983	1219	1163	1142	1074	1039	995	967	964	968	970	962	947
1984	1877	1676	1470	1347	1279	1237	1324	1313	1285	1252	1224	1196
1985	1271	1207	1174	1116	1121	1083	1014	967	920	882	841	809
1986	4233	3667	3033	2462	2058	1774	1552	1383	1267	1146	1083	1022
1987	1252	930	905	864	862	838	796	756	732	693	656	619
1988	2304	2221	2081	1913	1753	1673	1593	1506	1424	1347	1269	1315
1989	3297	3071	3135	3061	2947	2736	2549	2363	2221	2131	2066	1982
1990	1315	1282	1062	925	948	894	839	789	744	712	682	645
1991	1750	1271	1126	996	891	841	803	768	746	703	690	643
1992	1424	1385	1260	1141	1002	909	841	791	748	716	684	662
1993	1242	1167	1137	1099	1109	1120	1094	1078	1019	952	898	890
1994	757	756	665	579	506	462	417	378	348	345	333	325
1995	1723	1488	1325	1272	1217	1188	1157	1151	1134	1132	1082	1066
1996	1468	1092	966	879	828	789	787	807	797	780	749	724
1997	1150	1082	1004	924	863	790	749	777	736	698	669	671
1998	4117	3218	2797	2532	2297	2076	1908	1775	1637	1555	1490	1408
1999	2473	2409	2189	1911	1806	1737	1669	1593	1527	1450	1362	1359
2000	1418	1307	1339	1244	1179	1104	1030	1004	950	913	904	868
2001	1994	1917	1442	1201	1105	1003	928	859	823	778	729	700
2002	1073	982	932	907	886	817	795	789	787	770	740	706
2003	3602	3050	2697	2627	2434	2191	2001	1853	1715	1595	1493	1404
2004	987	978	845	776	686	626	583	551	515	491	462	449
2005	2404	2098	1700	1344	1369	1352	1288	1215	1146	1078	1035	986
2006	1103	948	894	782	720	664	622	581	551	543	498	498
2007	3385	2972	2639	2431	2291	2094	1928	1765	1657	1659	1553	1553
2008	1341	1325	1198	1193	1131	1118	1080	1057	1035	997	948	948

Tabla 5.29. Continuación

Año	Gastos medios diarios máximos anuales, en (m ³ /s)										
	Duración										
	13 días	14 días	15 días	20 días	25 días	30 días	35 días	40 días	45 días	50 días	60 días
1959	1111	1080	1043	891	777	749	696	695	659	629	568
1960	655	634	632	622	620	615	598	592	578	554	487
1961	822	789	757	657	664	639	609	619	589	564	499
1962	1169	1180	1178	1101	1041	947	892	882	851	810	735
1963	2427	2330	2238	1890	1607	1394	1227	1110	1019	941	842
1964	792	773	754	687	623	597	620	624	595	563	524
1965	1107	1061	1020	1041	1060	993	927	878	819	772	695
1966	1683	1648	1599	1435	1385	1395	1288	1202	1136	1081	977
1967	770	753	744	682	638	591	552	517	489	465	440
1968	1059	1015	979	892	807	750	776	751	721	712	658
1969	1323	1289	1255	1295	1260	1208	1166	1109	1058	1003	934
1970	1428	1419	1432	1436	1396	1363	1338	1306	1246	1172	1039
1971	1151	1129	1097	956	819	711	672	696	685	692	658
1972	440	426	412	359	324	297	283	293	282	278	255
1973	2009	1968	1912	1674	1485	1334	1226	1133	1060	1048	1031
1977	406	390	377	331	321	301	273	260	265	274	271
1978	626	594	576	505	476	498	474	441	439	432	404
1979	1208	1176	1161	1068	984	932	927	882	815	762	693
1980	2047	1959	1874	1530	1308	1139	1006	924	843	813	720
1981	984	963	936	839	756	721	704	709	718	721	698
1982	793	784	792	758	668	620	572	534	502	494	455
1983	926	922	921	926	882	842	775	694	630	605	552
1984	1160	1118	1078	1001	935	893	850	794	732	691	673
1985	766	738	706	577	536	516	500	503	522	489	445
1986	947	892	845	670	564	500	467	464	461	440	397
1987	588	563	540	506	482	508	465	451	420	389	338
1988	1196	1204	1180	1021	922	913	848	862	833	805	786
1989	1914	1859	1824	1568	1419	1308	1225	1134	1043	983	903
1990	619	592	564	474	459	437	411	376	370	359	330
1991	631	603	583	530	478	438	403	373	362	351	323
1992	643	627	610	572	540	511	484	459	432	411	411
1993	879	855	837	751	716	708	652	635	611	603	584
1994	308	292	280	262	269	250	231	221	216	209	226
1995	1029	1014	977	883	859	811	775	757	746	746	732
1996	711	692	677	612	567	552	543	532	511	517	516
1997	655	639	641	645	567	522	479	460	434	417	382
1998	1333	1267	1211	975	926	861	805	781	764	753	792
1999	1341	1316	1288	1118	1070	1034	1024	984	962	943	876
2000	828	851	872	824	794	785	753	709	690	679	615
2001	684	669	651	576	562	527	514	493	484	462	452
2002	677	669	665	592	524	504	502	483	452	423	371
2003	1346	1293	1241	1104	1080	1024	944	881	820	776	703
2004	441	434	428	408	399	383	372	366	352	329	315
2005	946	911	880	762	673	605	551	499	491	526	528
2006	481	465	467	451	430	408	390	397	401	389	379
2007	1495	1442	1388	1170	1146	1035	923	838	772	720	674
2008	926	901	867	789	737	693	660	625	608	584	545

5.4.3. Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales

Para determinar la magnitud de los gastos máximos para diferentes periodos de retorno, se realizó el análisis estadístico a la muestra de gastos máximos para duraciones de 1 a 60 días. Las funciones de distribución que presentaron los mejores ajustes fueron Gumbel de dos poblaciones, para duraciones de 1 a 15 días, considerando una probabilidad de ocurrencia de eventos no ciclónicos $P = 0.85$ y una función Gumbel, para las duraciones de 16 a 60 días. El análisis estadístico se realizó mediante el programa AX.exe.

Para definir el comportamiento de la distribución Gumbel dos poblaciones, se realizaron ajustes de un día y 15 días de duración con los datos históricos respecto los ajustados (Figs. 5.56 y 5.57). En la serie analizada, para la duración de un día se observaron dos poblaciones (Fig. 5.56) y conforme se incrementó la duración prácticamente se tenía una sola población. En la Fig. 5.57, se muestra el ajuste para 15 días con la distribución Gumbel dos poblaciones, en donde se observa que es prácticamente una recta, de donde se deduce que para duraciones posteriores, el mejor ajuste será con la distribución Gumbel.

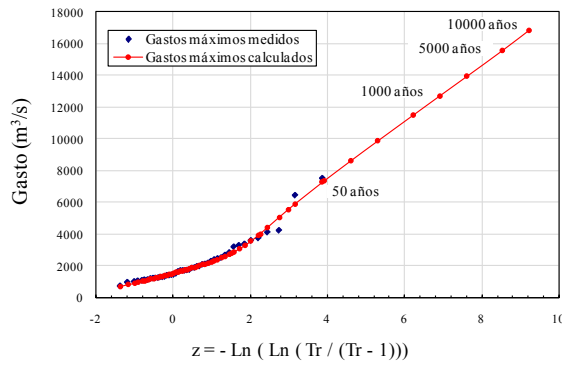


Figura 5.56. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=1$ día, $P=0.85$. Presa Malpaso.

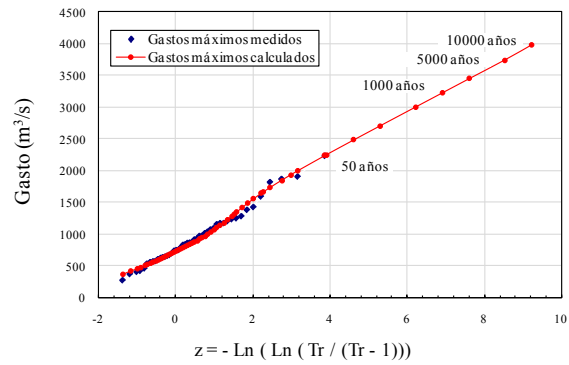


Figura 5.57. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, $d=15$ días, $P=0.85$. Presa Malpaso.

En la tabla 5.30, se presenta la relación de Gastos-duración-periodo de retorno para distintos periodos de retorno y en la Fig. 5.58 se muestran las curvas de dicha relación.

Tabla 5.30. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. Malpaso.

Tr	Gastos de diseño, en (m³/s). (Distribución Doble Gumbel. $P = 0.85$)														
	Duración														
Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	1810.64	1614.37	1448.04	1322.52	1230.16	1171.71	1116.17	1070.24	1028.66	981.33	945.82	920.14	888.21	864.94	843.23
5	2820.74	2476.20	2219.22	2038.98	1900.74	1791.93	1702.13	1620.23	1552.61	1497.83	1447.13	1414.25	1370.69	1341.23	1311.19
10	4056.55	3503.08	3157.27	2874.96	2663.14	2446.08	2278.80	2135.37	2025.18	1945.62	1870.30	1810.00	1750.89	1705.52	1660.59
20	5567.93	4785.08	4162.89	3697.63	3375.91	3094.98	2852.23	2646.67	2487.31	2356.54	2245.58	2149.22	2064.91	1998.97	1933.60
50	7373.11	6340.81	5331.57	4647.18	4194.85	3863.66	3544.96	3272.32	3054.97	2852.49	2694.84	2553.42	2435.32	2343.62	2252.38
100	8651.27	7444.35	6158.88	5320.74	4776.19	4413.26	4042.99	3724.84	3466.81	3211.67	3019.98	2845.92	2702.59	2592.00	2481.52
200	9897.08	8521.47	6966.74	5978.13	5343.83	4949.64	4530.83	4168.91	3871.51	3564.77	3339.92	3133.72	2965.30	2836.02	2706.76
500	11520.51	9925.79	8019.47	6835.16	6083.48	5650.89	5170.16	4750.30	4401.32	4027.01	3759.14	3511.53	3310.02	3156.35	3002.00
1000	12743.96	10974.46	8812.83	7479.49	6642.52	6176.07	5648.27	5186.34	4802.92	4375.72	4075.40	3795.17	3571.21	3397.54	3224.62
2000	13958.01	12031.25	9606.20	8116.35	7192.96	6705.32	6126.38	5625.76	5198.35	4727.13	4394.11	4083.25	3830.38	3636.85	3447.24
5000	15576.73	13445.73	10631.46	8972.14	7932.61	7413.69	6756.44	6193.63	5729.71	5192.07	4805.98	4455.52	4178.64	3953.41	3739.44
10000	16856.66	14486.27	11461.44	9589.10	8483.05	7934.80	7230.84	6653.34	6125.14	5538.07	5139.39	4739.17	4437.81	4209.68	3975.98

Tabla 5.30. Continuación

Tr	Gastos de diseño, en (m ³ /s). (Distribución Gumbel)																
	Duración																
Años	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	30	35	40	45	50	55	60
2	865.25	845.56	828.09	813.46	798.79	783.29	770.64	758.93	751.79	739.57	697.40	658.93	635.24	608.01	586.44	566.18	546.86
5	1234.43	1201.84	1172.71	1149.79	1127.97	1107.56	1089.68	1071.77	1054.29	1040.10	978.05	923.69	885.19	841.18	809.07	778.01	750.54
10	1478.86	1437.72	1400.88	1372.46	1345.91	1322.25	1300.91	1278.89	1254.57	1239.07	1163.86	1098.99	1050.69	995.56	956.48	918.25	885.40
20	1713.32	1663.99	1619.74	1586.06	1554.96	1528.18	1503.53	1477.57	1446.68	1429.93	1342.10	1267.13	1209.43	1143.64	1097.87	1052.78	1014.75
50	2016.81	1956.87	1903.04	1862.54	1825.57	1794.74	1765.79	1734.74	1695.36	1676.98	1572.81	1484.78	1414.91	1335.32	1280.89	1226.91	1182.19
100	2244.23	2176.34	2115.33	2069.72	2028.34	1994.50	1962.33	1927.45	1881.70	1862.11	1745.70	1647.88	1568.89	1478.96	1418.04	1357.40	1307.66
200	2470.82	2395.01	2326.85	2276.15	2230.38	2193.52	2158.14	2119.46	2067.36	2046.57	1917.95	1810.38	1722.31	1622.07	1554.69	1487.42	1432.67
500	2769.76	2683.50	2605.90	2548.49	2496.93	2456.09	2416.48	2372.78	2312.31	2289.92	2145.21	2024.77	1924.71	1810.89	1734.97	1658.94	1597.60
1000	2995.69	2901.54	2816.81	2754.32	2698.38	2654.54	2611.73	2564.23	2497.44	2473.84	2316.96	2186.80	2077.68	1953.58	1871.22	1788.58	1722.25
2000	3221.55	3119.49	3027.64	2960.07	2899.76	2852.91	2806.91	2755.61	2682.50	2657.69	2488.66	2348.77	2230.60	2096.23	2007.42	1918.17	1846.85
5000	3520.05	3407.56	3306.28	3232.01	3165.92	3115.10	3064.87	3008.56	2927.09	2900.68	2715.58	2562.84	2432.70	2284.76	2187.44	2089.44	2011.54
10000	3745.84	3625.46	3517.05	3437.70	3367.24	3313.41	3259.99	3199.88	3112.09	3084.48	2887.22	2724.77	2585.57	2427.37	2323.60	2218.99	2136.11

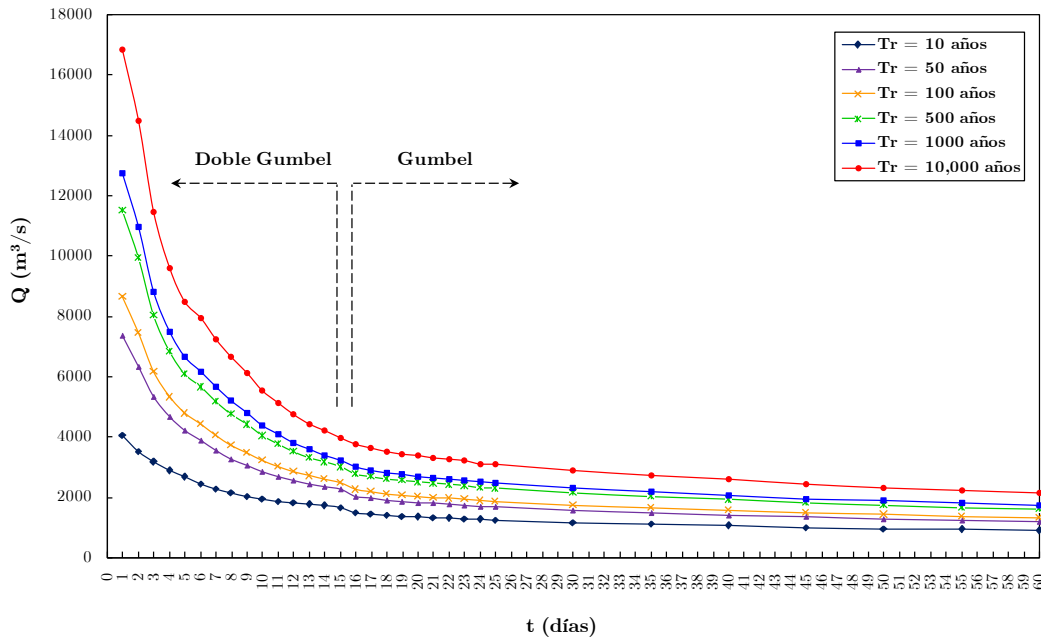


Figura 5.58. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. Malpaso

5.4.4. Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)

Con base a los resultados obtenidos en la tabla 5.30, se estimaron las avenidas de diseño correspondientes a periodos de retorno de 10, 50, 100, 500, 1000, 5000 y 10000 años. Para construir las avenidas de diseño correspondientes a la presa Malpaso, se utilizó el método de alternar bloques (Capítulo 4). Se construyeron avenidas de diseño para periodos de retorno de 1000, 5000 y 10,000 años; a dichas avenidas se les sumó un gasto constante de **2000 (m³/s)** para considerar el caso de una extracción constante de la presa La Angostura (Figs. 5.66, 5.67 y 5.68).

5.4.4.1. Avenida de diseño para un periodo de retorno Tr = 10 años

De la tabla 5.30 se seleccionaron los gastos medios diarios máximos anuales para las duraciones de 1 a 60 días y Tr = 10 años, con ésta información se calcularon los gastos que

se presentarían en cada día (gastos individuales), columna (3) y (8) de la tabla 5.31. En las columnas (4) y (9) de la misma tabla, se muestran los gastos máximos del hidrograma de diseño utilizando los datos actualizados con forme al estudio realizado en el 2008 por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM).

Con un procedimiento similar al descrito en el Capítulo 4, se determinaron los gastos individuales y se determinó la forma de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 10 años. En la Fig. 5.59 y tabla 5.31, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 realizados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Los resultados de la tabla 5.31 y de la Fig. 5.59, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 10 años tendría un valor de 4,057 (m^3/s), que es un valor 1.39% menor a los 4,114 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 4,546 (Mm^3).

5.4.4.2. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 50$ años

Se determinaron los gastos individuales y se determinó la forma de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 50 años. En la Fig. 5.60 y tabla 5.32, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM).

Los resultados de la tabla 5.32 y de la Fig. 5.60, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 50 años tendría un valor de 7,373 (m^3/s), que es un valor 0.87% menor a los 7,438 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 6,071 (Mm^3).

5.4.4.3. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 100$ años

En la Fig. 5.61 y tabla 5.33, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.33 y de la Fig. 5.61, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 100 años tendría un valor de 8,651 (m^3/s), que es un valor 0.49% menor a los 8,694 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 6,716 (Mm^3).

5.4.4.4. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 500$ años

En la Fig. 5.62 y tabla 5.34, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 500 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.34 y de la Fig. 5.62, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 500 años tendría un valor de 11,521 (m^3/s), que es un valor similar a los 11,520 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 8,205 (Mm^3).

5.4.4.5. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 1,000$ años

En la Fig. 5.63 y tabla 5.35, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 1,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.35 y de la Fig. 5.63, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 1,000 años tendría un valor de 12,744 (m^3/s), que es un valor 0.24% mayor a los 12,713 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 8,846 (Mm^3).

5.4.4.6. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 5,000$ años

En la Fig. 5.64 y tabla 5.36, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 5,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.36 y de la Fig. 5.64, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 5,000 años tendría un valor de 15,577 (m^3/s), que es un valor 0.45% mayor a los 15,507 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 10,332 (Mm^3).

5.4.4.7. Avenida de diseño para un periodo de retorno $Tr = 10,000$ años

En la Fig. 5.65 y tabla 5.37, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 10,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.37 y de la Fig. 5.65, indican que con la actualización de datos al 2008, el gasto máximo de la avenida de diseño con periodo de retorno de 10,000 años tendría un valor de 16,857 (m^3/s), que es un valor 0.99% mayor a los 16,691 (m^3/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida es de 10,972 (Mm^3).

Tabla 5.31. Avenidas de diseño, Tr = 10 años. Malpaso, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	4057	4057	511	508	31	1151	762	2950	2996
2	3503	2950	537	536	32	1138	736	2028	2047
3	3157	2466	505	522	33	1125	710	1361	1345
4	2875	2028	536	551	34	1112	684	1131	1139
5	2663	1816	567	581	35	1099	658	1230	1145
6	2446	1361	589	609	36	1089	751	1147	1154
7	2279	1275	620	639	37	1080	732	1116	1060
8	2135	1131	510	554	38	1070	713	131	84
9	2025	1144	555	597	39	1060	693	56	130
10	1946	1230	599	639	40	1051	674	841	862
11	1870	1117	693	689	41	1040	599	853	837
12	1810	1147	732	728	42	1029	577	695	747
13	1751	1042	658	683	43	1018	555	848	862
14	1706	1116	710	732	44	1007	532	788	804
15	1661	1032	762	782	45	996	510	728	746
16	1565	131	758	775	46	988	636	736	757
17	1480	120	818	833	47	980	620	684	707
18	1401	56	867	702	48	972	605	751	748
19	1372	861	794	792	49	964	589	713	709
20	1346	841	849	882	50	956	573	674	669
21	1322	849	861	878	51	949	567	577	617
22	1301	853	120	125	52	941	551	532	576
23	1279	794	1032	1069	53	934	536	636	654
24	1255	695	1042	1041	54	926	521	605	624
25	1239	867	1117	1152	55	918	505	573	595
26	1224	848	1144	1188	56	912	550	551	566
27	1209	818	1275	1278	57	905	537	521	536
28	1194	788	1816	1819	58	899	524	550	551
29	1179	758	2466	2489	59	892	511	524	522
30	1164	728	4057	4114	60	885	498	498	492

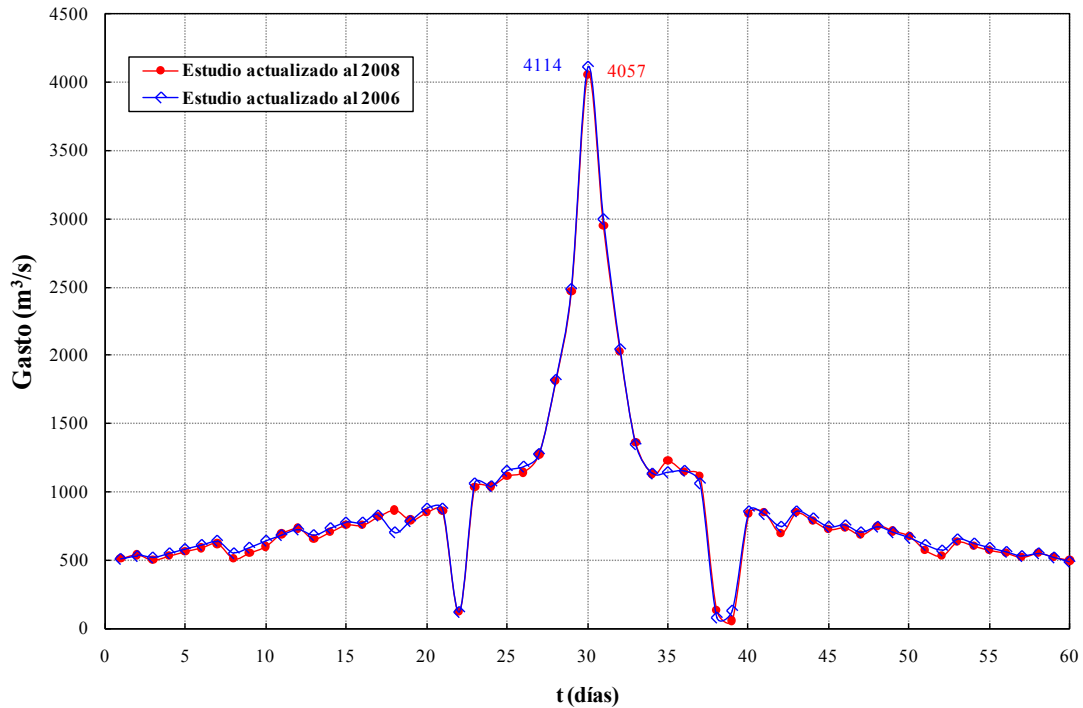


Figura 5.59. Hidrograma de diseño, Tr = 10 años. Presa Malpaso, Chis.

Tabla 5.32. Avenidas de diseño, Tr = 50 años. Malpaso, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	7373	7373	672	674	31	1555	1027	5309	5465
2	6341	5309	708	711	32	1538	992	2594	2636
3	5332	3313	644	665	33	1520	957	2208	2226
4	4647	2594	687	709	34	1502	921	1364	1255
5	4195	2386	730	752	35	1485	886	1030	1033
6	3864	2208	769	799	36	1471	982	998	957
7	3545	1633	813	842	37	1457	954	1152	921
8	3272	1364	635	692	38	1443	926	54	73
9	3055	1316	699	751	39	1429	898	340	681
10	2852	1030	762	811	40	1415	870	1123	1153
11	2695	1118	898	914	41	1399	762	1158	1113
12	2553	998	954	969	42	1383	730	790	987
13	2435	1018	886	925	43	1367	699	1135	1158
14	2344	1152	957	992	44	1351	667	1052	1076
15	2252	975	1027	1059	45	1335	635	969	994
16	2115	54	1010	1036	46	1324	835	992	1026
17	1995	75	1094	1117	47	1314	813	921	958
18	1903	340	1236	922	48	1303	791	982	997
19	1863	1134	1052	1050	49	1292	769	926	942
20	1826	1123	1178	1177	50	1281	747	870	886
21	1795	1178	1134	1161	51	1270	730	730	781
22	1766	1158	75	70	52	1259	709	667	721
23	1735	1052	975	1039	53	1249	687	835	864
24	1695	790	1018	970	54	1238	666	791	821
25	1677	1236	1118	1190	55	1227	644	747	778
26	1656	1135	1316	1319	56	1218	726	709	730
27	1635	1094	1633	1586	57	1209	708	666	687
28	1614	1052	2386	2408	58	1200	690	726	732
29	1594	1010	3313	3245	59	1191	672	690	693
30	1573	969	7373	7438	60	1182	654	654	654

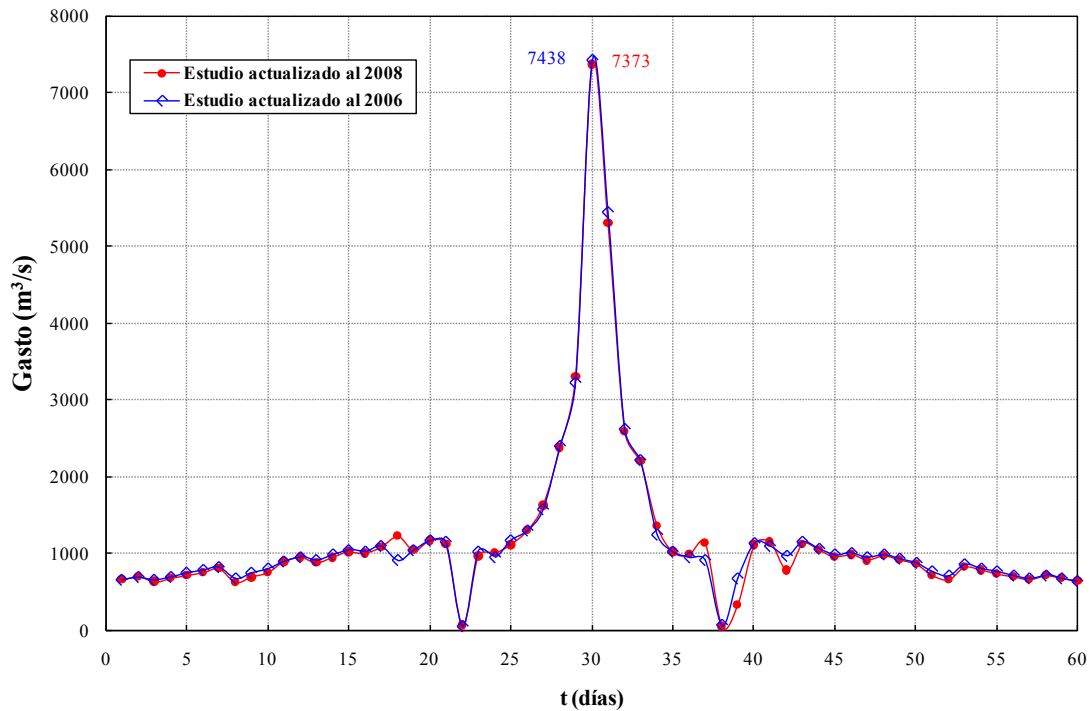


Figura 5.60. Hidrograma de diseño, Tr = 50 años. Presa Malpaso, Chis.

Tabla 5.33. Avenidas de diseño, $Tr = 100$ años. Malpaso, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	8651	8651	741	744	31	1726	1139	6237	6418
2	7444	6237	780	785	32	1707	1100	2806	2853
3	6159	3588	702	725	33	1687	1061	2599	2615
4	5321	2806	751	775	34	1667	1022	1498	1328
5	4776	2598	800	825	35	1648	983	915	974
6	4413	2599	845	880	36	1632	1079	931	876
7	4043	1821	894	928	37	1616	1048	1154	872
8	3725	1498	688	747	38	1600	1016	57	114
9	3467	1403	760	817	39	1585	984	676	1104
10	3212	915	831	886	40	1569	953	1242	1276
11	3020	1103	984	1009	41	1551	831	1287	1230
12	2846	931	1048	1071	42	1533	795	829	1088
13	2703	983	983	1028	43	1515	760	1257	1283
14	2592	1154	1061	1102	44	1497	724	1164	1191
15	2482	935	1139	1175	45	1479	688	1071	1100
16	2330	57	1117	1146	46	1467	918	1100	1139
17	2200	120	1210	1237	47	1455	894	1022	1064
18	2115	676	1392	1017	48	1442	870	1079	1104
19	2070	1249	1160	1159	49	1430	845	1016	1040
20	2028	1242	1318	1301	50	1418	821	953	976
21	1995	1318	1249	1281	51	1406	800	795	851
22	1962	1287	120	149	52	1394	775	724	782
23	1927	1160	935	1004	53	1382	751	918	953
24	1882	829	983	907	54	1370	727	870	904
25	1862	1392	1103	1198	55	1357	702	821	855
26	1839	1257	1403	1393	56	1347	800	775	799
27	1816	1210	1821	1759	57	1338	780	727	751
28	1792	1164	2598	2624	58	1328	761	800	809
29	1769	1117	3588	3491	59	1318	741	761	765
30	1746	1071	8651	8694	60	1308	721	721	721

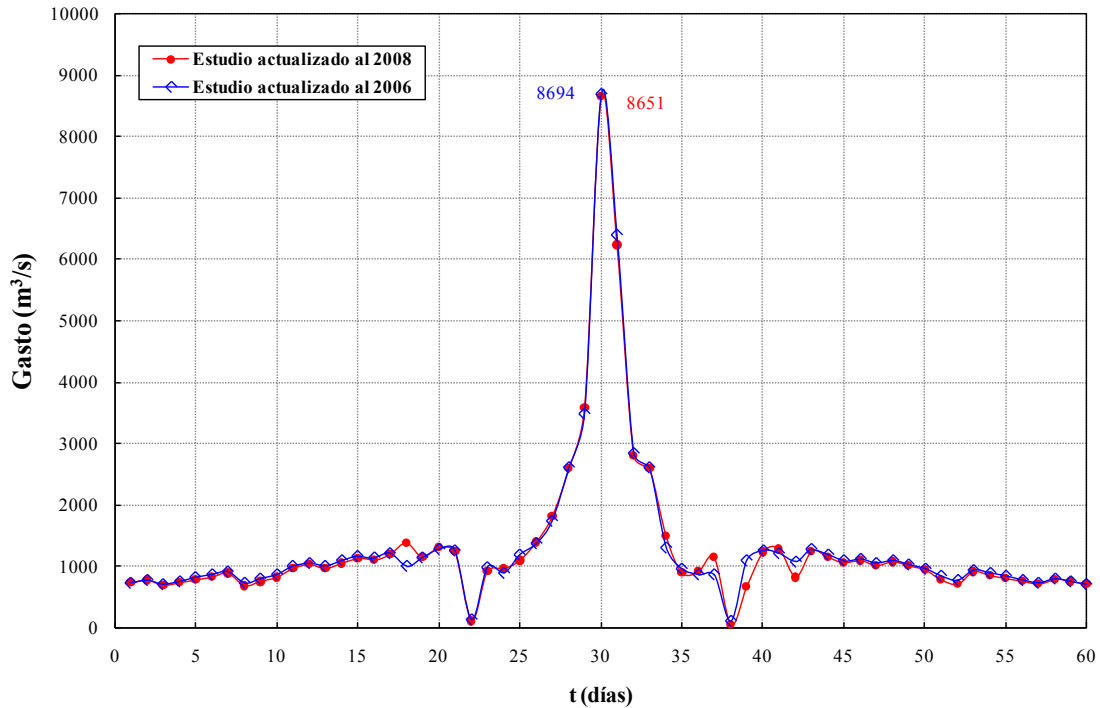


Figura 5.61. Hidrograma de diseño, $Tr = 100$ años. Presa Malpaso, Chis.

Tabla 5.34. Avenidas de diseño, Tr = 500 años. Malpaso, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	11521	11521	898	907	31	2121	1398	8331	8553
2	9926	8331	947	957	32	2097	1350	3282	3338
3	8019	4207	838	868	33	2073	1302	3488	3507
4	6835	3282	899	929	34	2049	1254	1811	1507
5	6083	3077	959	990	35	2025	1206	658	838
6	5651	3488	1021	1066	36	2005	1304	788	698
7	5170	2286	1082	1125	37	1985	1264	1159	763
8	4750	1811	809	880	38	1965	1224	330	74
9	4401	1609	900	967	39	1945	1184	1287	1320
10	4027	658	991	1055	40	1925	1144	1517	1561
11	3759	1080	1184	1229	41	1902	991	1585	1499
12	3512	788	1264	1307	42	1879	946	922	1322
13	3310	892	1206	1262	43	1856	900	1537	1571
14	3156	1159	1302	1355	44	1834	855	1422	1458
15	3002	841	1398	1449	45	1811	809	1306	1345
16	2835	330	1364	1402	46	1796	1112	1350	1401
17	2684	260	1480	1514	47	1781	1082	1254	1310
18	2606	1287	1753	1234	48	1765	1052	1304	1345
19	2548	1515	1411	1411	49	1750	1021	1224	1268
20	2497	1517	1639	1588	50	1735	991	1144	1190
21	2456	1639	1515	1558	51	1720	959	946	1011
22	2416	1585	260	1359	52	1705	929	855	924
23	2373	1411	841	928	53	1689	899	1112	1156
24	2312	922	892	755	54	1674	868	1052	1096
25	2290	1753	1080	1228	55	1659	838	991	1036
26	2261	1537	1609	1587	56	1647	972	929	959
27	2232	1480	2286	2166	57	1634	947	868	898
28	2203	1422	3077	3111	58	1622	923	972	984
29	2174	1364	4207	4045	59	1610	898	923	932
30	2145	1306	11521	11520	60	1598	874	874	880

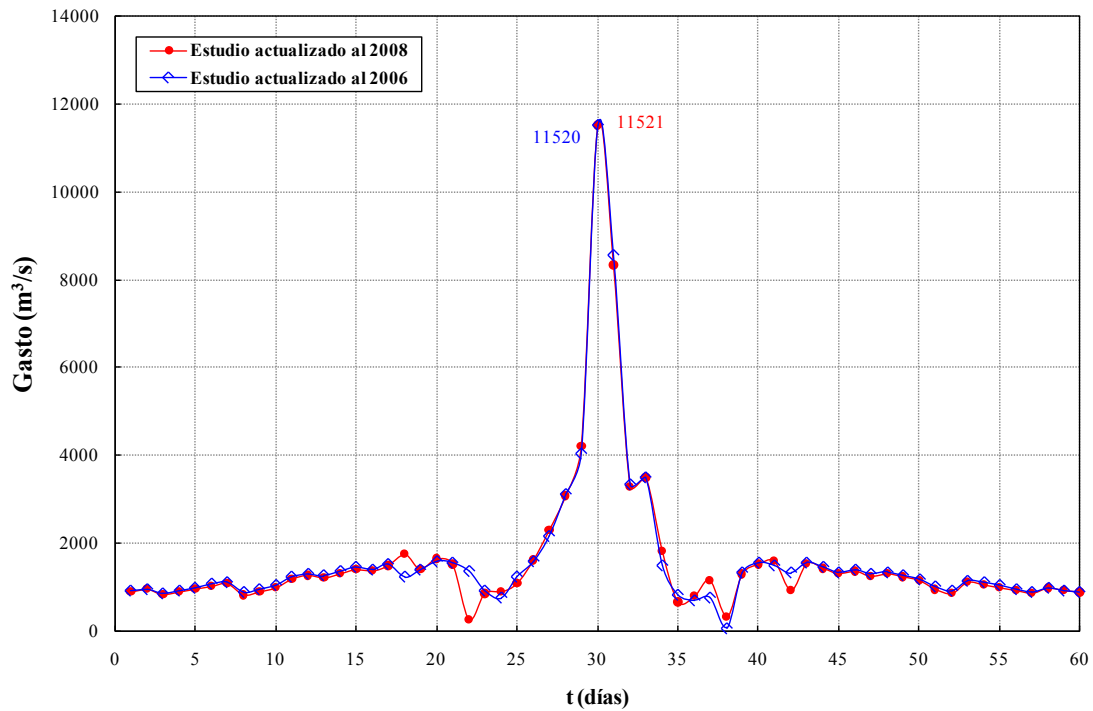


Figura 5.62. Hidrograma de diseño, Tr = 500 años. Presa Malpaso, Chis.

Tabla 5.35. Avenidas de diseño, Tr = 1000 años. Malpaso, Chis.

t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)	t (día)	Q (m³/s)	Q _{individual} (m³/s)	Estudio 2008 Q (m³/s)	Estudio 2006 Q (m³/s)
1	12744	12744	966	976	31	2291	1510	9205	9466
2	10974	9205	1019	1031	32	2265	1458	3479	3557
3	8813	4490	896	926	33	2239	1406	3844	3886
4	7479	3479	962	995	34	2213	1354	1953	1589
5	6643	3295	1028	1063	35	2187	1302	531	789
6	6176	3844	1097	1146	36	2165	1401	713	633
7	5648	2481	1163	1211	37	2143	1357	1140	731
8	5186	1953	862	935	38	2121	1314	399	503
9	4803	1736	961	1032	39	2100	1270	1376	1413
10	4376	531	1060	1129	40	2078	1227	1636	1683
11	4075	1072	1270	1324	41	2053	1060	1713	1615
12	3795	713	1357	1408	42	2028	1010	961	1422
13	3571	884	1302	1365	43	2003	961	1658	1694
14	3398	1140	1406	1464	44	1978	911	1533	1572
15	3225	804	1510	1564	45	1954	862	1407	1450
16	3048	399	1470	1511	46	1937	1196	1458	1514
17	2902	558	1595	1633	47	1921	1163	1354	1415
18	2817	1376	1907	1326	48	1904	1130	1401	1451
19	2754	1630	1519	1519	49	1888	1097	1314	1366
20	2698	1636	1778	1712	50	1871	1064	1227	1280
21	2655	1778	1630	1677	51	1855	1028	1010	1080
22	2612	1713	558	1457	52	1838	995	911	985
23	2564	1519	804	891	53	1822	962	1196	1245
24	2497	961	884	664	54	1805	929	1130	1178
25	2474	1907	1072	1250	55	1789	896	1064	1111
26	2442	1658	1736	1646	56	1775	1046	995	1028
27	2411	1595	2481	2342	57	1762	1019	929	962
28	2380	1533	3295	3321	58	1749	993	1046	1060
29	2348	1470	4490	4284	59	1736	966	993	1004
30	2317	1407	12744	12713	60	1722	940	940	947

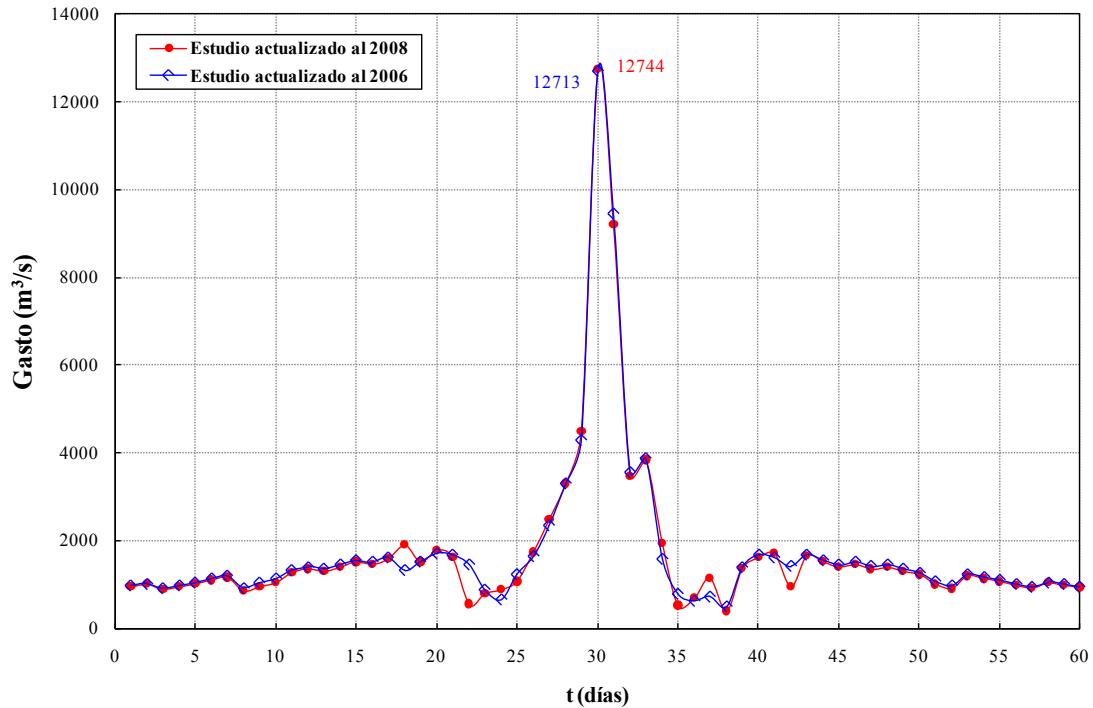


Figura 5.63. Hidrograma de diseño, Tr = 1000 años. Presa Malpaso, Chis.

Tabla 5.36. Avenidas de diseño, $T_r = 5000$ años. Malpaso, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	15577	15577	1123	1138	31	2685	1769	11315	11518
2	13446	11315	1186	1202	32	2654	1707	3994	3986
3	10631	5003	1031	1067	33	2624	1646	4819	4845
4	8972	3994	1109	1148	34	2593	1585	2254	1724
5	7933	3774	1188	1229	35	2563	1524	353	674
6	7414	4819	1273	1332	36	2537	1626	600	482
7	6756	2813	1350	1408	37	2511	1574	1025	657
8	6194	2254	983	1069	38	2485	1522	229	1499
9	5730	2018	1101	1183	39	2459	1470	1585	1629
10	5192	353	1220	1297	40	2433	1418	1910	1967
11	4806	945	1470	1543	41	2403	1220	2010	1884
12	4456	600	1574	1642	42	2374	1160	1053	1656
13	4179	856	1524	1603	43	2344	1101	1938	1980
14	3953	1025	1646	1717	44	2314	1042	1790	1837
15	3739	744	1769	1832	45	2285	983	1642	1695
16	3520	229	1716	1766	46	2265	1389	1707	1776
17	3408	1608	1864	1909	47	2246	1350	1585	1659
18	3306	1585	2267	1541	48	2226	1312	1626	1690
19	3232	1895	1770	1770	49	2207	1273	1522	1593
20	3166	1910	2099	1999	50	2187	1234	1418	1495
21	3115	2099	1895	1953	51	2168	1188	1160	1240
22	3065	2010	1608	1687	52	2148	1149	1042	1126
23	3009	1770	744	781	53	2129	1109	1389	1448
24	2927	1053	856	461	54	2109	1070	1312	1370
25	2901	2267	945	1220	55	2089	1031	1234	1291
26	2864	1938	2018	2030	56	2074	1217	1149	1187
27	2827	1864	2813	2695	57	2058	1186	1070	1109
28	2790	1790	3774	3739	58	2043	1155	1217	1236
29	2753	1716	5003	4907	59	2027	1123	1155	1170
30	2716	1642	15577	15507	60	2012	1092	1092	1105

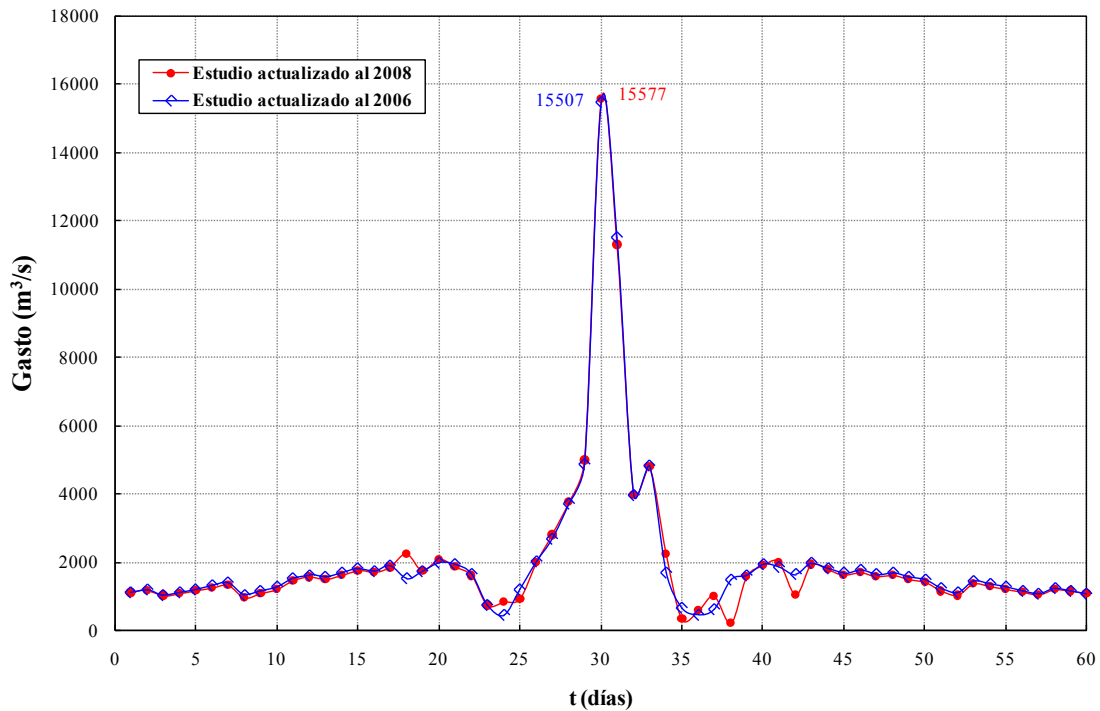


Figura 5.64. Hidrograma de diseño, $T_r = 5000$ años. Presa Malpaso, Chis.

Tabla 5.37. Avenidas de diseño, $T_r = 10000$ años. Malpaso, Chis.

t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)	t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio 2008 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 Q (m ³ /s)
1	16857	16857	1191	1208	31	2855	1880	12116	12545
2	14486	12116	1258	1276	32	2822	1815	3972	4351
3	11461	5412	1089	1132	33	2790	1750	5194	5218
4	9589	3972	1173	1214	34	2757	1685	2611	1600
5	8483	4059	1257	1297	35	2725	1620	254	625
6	7935	5194	1348	1412	36	2697	1723	337	417
7	7231	3007	1431	1493	37	2669	1667	1244	420
8	6653	2611	1035	1124	38	2641	1611	294	2026
9	6125	1900	1162	1248	39	2613	1555	1674	1722
10	5538	254	1288	1371	40	2586	1500	2028	2090
11	5139	1153	1555	1637	41	2554	1288	2138	2000
12	4739	337	1667	1744	42	2522	1225	1093	1756
13	4438	821	1620	1701	43	2491	1162	2059	2106
14	4210	1244	1750	1827	44	2459	1098	1901	1952
15	3976	704	1880	1951	45	2427	1035	1743	1798
16	3746	294	1822	1875	46	2407	1473	1815	1888
17	3625	1699	1980	2028	47	2386	1431	1685	1765
18	3517	1674	2422	1634	48	2365	1390	1723	1797
19	3438	2009	1877	1878	49	2344	1348	1611	1690
20	3367	2028	2237	2122	50	2324	1307	1500	1584
21	3313	2237	2009	2072	51	2303	1257	1225	1309
22	3260	2138	1699	1786	52	2282	1215	1098	1187
23	3200	1877	704	644	53	2261	1173	1473	1533
24	3112	1093	821	602	54	2240	1131	1390	1452
25	3084	2422	1153	1241	55	2219	1089	1307	1372
26	3045	2059	1900	2114	56	2202	1291	1215	1256
27	3006	1980	3007	3072	57	2186	1258	1131	1172
28	2966	1901	4059	3787	58	2169	1224	1291	1312
29	2927	1822	5412	5013	59	2153	1191	1224	1242
30	2887	1743	16857	16691	60	2136	1158	1158	1172

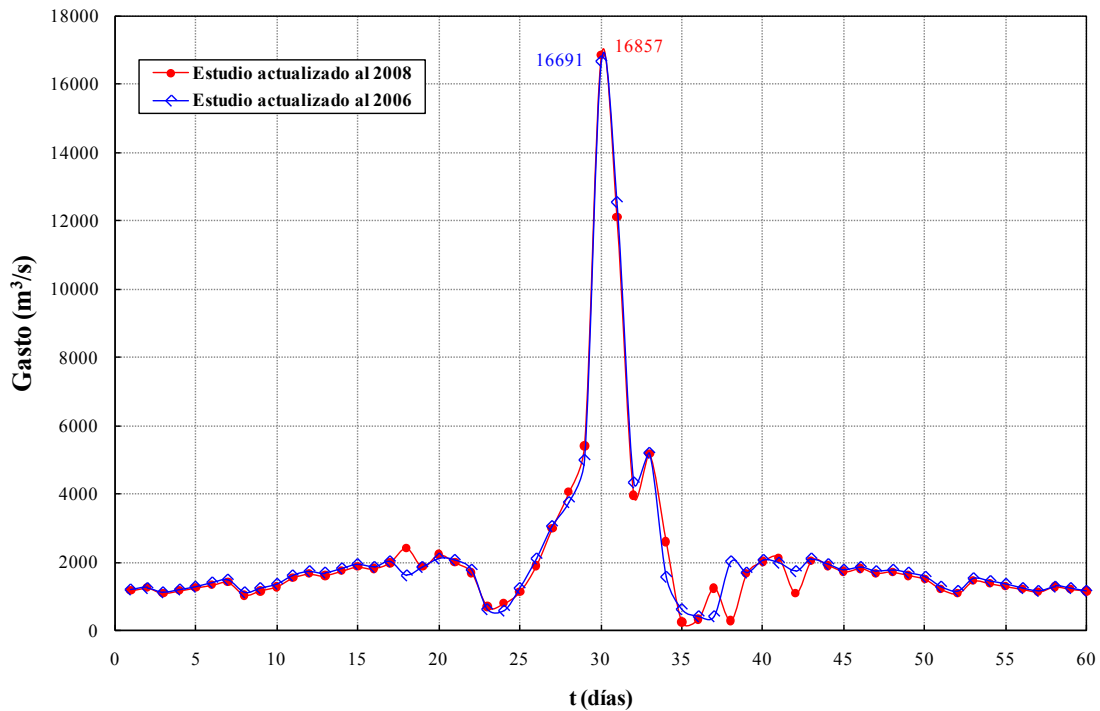


Figura 5.65. Hidrograma de diseño, $T_r = 10000$ años. Presa Malpaso, Chis.

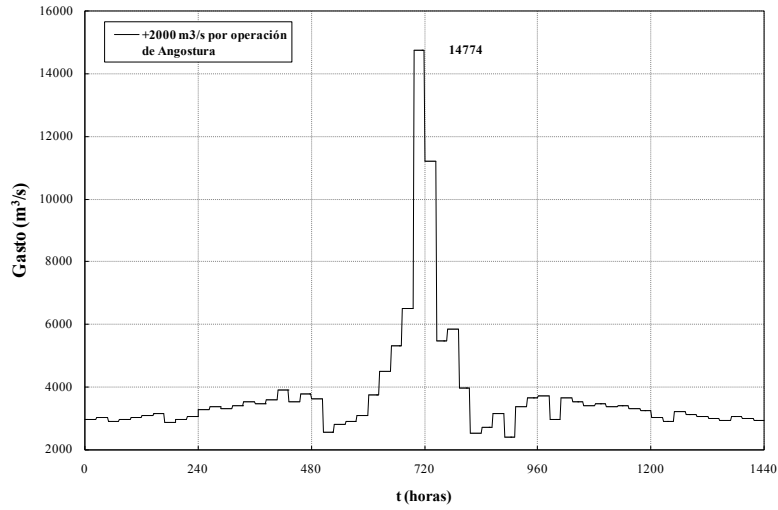


Figura 5.66. Avenida de diseño para un $Tr=1,000$ años. Presa Malpaso, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000\text{ m}^3/\text{s}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008.

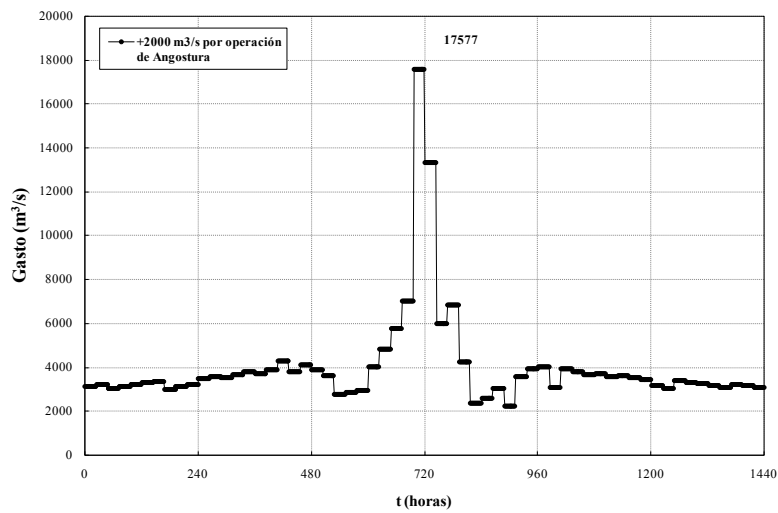


Figura 5.67. Avenida de diseño para un $Tr=5,000$ años. Presa Malpaso, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000\text{ m}^3/\text{s}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008.

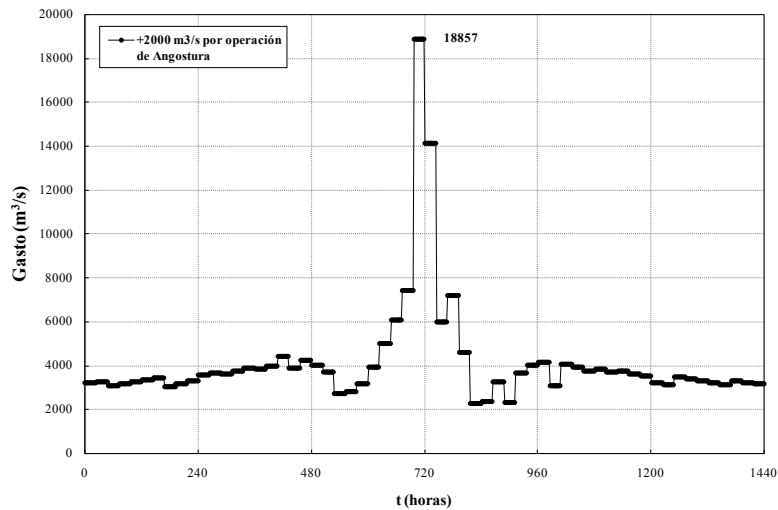


Figura 5.68. Avenida de diseño para un $Tr=10,000$ años. Presa Malpaso, Chis. Manejando el criterio conservador de incluir $2000\text{ m}^3/\text{s}$ de operación de La Angostura. Estudio 2008.

5.4.5. Cálculo del tránsito de avenidas

Las avenidas que se transitaron en este trabajo corresponden a los estudios realizados en los años 2008 y 2006, analizando los periodos de retorno de 1000, 5000 y 10,000 años con la condición conservadora de una descarga constante de La Angostura de **2000 (m³/s)** durante la ocurrencia de las avenidas.

Los hidrogramas de diseño se transforman a nivel horario, seleccionando un valor $\Delta t = 2$ (h). Se tomó en cuenta como elevación inicial la del NAMO, $E = 182.5$ (msnm), se consideró el gasto de salida por la obra de toma igual a cero y el gasto de salida por la obra de excedencias de 1440 (m³/s).

Los cálculos para efectuar el tránsito de la avenida se obtuvieron mediante el programa TRATE.bas, elaborado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El factor para definir el intervalo de tiempo de cálculo que se manejó en el algoritmo es ifdt = 4. No se consideró algún tipo de restricción en el Gasto de Salida.

Para ambos estudios (2006 y 2008), se utilizó la curva elevaciones-volúmenes-descargas por la obra de excedencias, utilizando la ley de descarga mostrada en la tabla 5.38, proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad.

Para ambos estudios (2006 y 208) se estableció una nueva política de operación; se utilizó la restricción en el gasto de salida tipo 2, limitándose la capacidad de descarga de la obra de excedencias a **10,650 (m³/s) una vez alcanzada la elevación 187.5 msnm** (Figs. 5.72 a 5.74 y 5.78 a 5.80).

Tabla 5.38. Curva elevaciones-volúmenes-capacidades (sin restricción). Presa Malpaso, Chis. (CFE)

E (msnm)	V (Mm ³)	Qs (m ³ /s)
182.00	9168.19	1440.00
182.10	9198.03	1440.00
182.20	9227.87	1440.00
182.30	9257.71	1440.00
182.40	9287.55	1440.00
182.50	9317.39	1440.00
182.60	9347.23	3000.00
182.70	9377.07	3001.48
182.80	9406.91	3002.91
182.90	9436.75	3004.34
183.00	9466.59	3005.77
183.10	9496.43	3007.20
183.20	9526.27	3008.63
183.40	9585.95	3011.48
183.50	9615.79	3012.91
184.00	9764.99	3020.00
184.50	9914.19	3111.41
185.00	10063.39	3200.00
185.50	10219.59	4672.85
186.00	10375.79	5500.00
186.50	10531.99	8222.94
187.00	10688.19	8500.00
187.50	10844.39	12884.50
188.00	11000.59	14000.00
188.50	11156.79	15500.00
189.00	11312.99	17000.00
189.50	11469.19	18500.00
190.00	11625.39	20000.00

5.4.5.1. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $T_r = 1000$ años

Se utilizó el hidrograma de diseño obtenido en el estudio del 2006, con descarga constante de 2000 (m^3/s) y no considerando restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 187.41 (msnm). Tomando en cuenta que la elevación del NAME de la presa Malpaso es de 188 (msnm), por lo tanto la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 10,820 (Mm^3). En la Fig. 5.69 se bosqueja el hidrograma de salida.

Si se trabaja con los datos del hidrograma de diseño correspondiente al estudio del 2008, con descarga constante de 2000 (m^3/s) y no considerando restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 187.43 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 1,000 años, la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 10,820 (Mm^3). En la Fig. 5.75 se bosqueja el hidrograma de salida.

En las Figs. 5.72 y 5.78 se muestran los tránsitos de avenidas utilizando la política de operación de que, una vez alcanzada la elevación 187.5 (msnm) se extraiga 10,650 (m^3/s), además de utilizar una restricción tipo 2 y un ifdt = 4.

5.4.5.2. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $T_r = 5000$ años

Utilizando los datos del hidrograma de diseño obtenido en el estudio del 2006, con descarga constante de 2000 (m^3/s) y no considerando restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 187.92 (msnm), por lo tanto la elevación máxima aún no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 10,977 (Mm^3). En la Fig. 5.70 se bosqueja el hidrograma de salida.

Al utilizar los datos del hidrograma de diseño correspondiente al estudio del 2008, con descarga constante de 2000 (m^3/s) y no considerando restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 187.96 (msnm), se observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 5000 años, la elevación máxima no rebasa al NAME. El volumen total almacenado fue de 10,983 (Mm^3). En la Fig. 5.76 se bosqueja el hidrograma de salida.

En las Figs. 5.73 y 5.79 se muestran los tránsitos de avenidas utilizando la política de operación de que, una vez alcanzada la elevación 187.5 (msnm) se extraiga 10,650 (m^3/s), además de utilizar una restricción tipo 2 y un ifdt = 4.

5.4.5.3. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $T_r = 10,000$ años

Utilizando los datos del hidrograma de diseño obtenido en el estudio del 2006, con descarga constante de 2000 (m^3/s) y no considerando restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 188.16 (msnm), observamos que la elevación máxima ya rebasa al NAME en 16 (cm). El volumen total almacenado fue de 11,054 (Mm^3). En la Fig. 5.71 se bosqueja el hidrograma de salida.

Al utilizar los datos del hidrograma de diseño correspondiente al estudio del 2008, con descarga constante de 2000 (m^3/s) y no considerando restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 188.22 (msnm), se

observa que ante la nueva avenida presentada hasta el 2008 con periodo de retorno de 10,000 años, la elevación máxima si rebasa al NAME en 22 (cm). El volumen total almacenado fue de 11,065 (Mm³). En la Fig. 5.77 se bosqueja el hidrograma de salida.

En las Figs. 5.74 y 5.80 se muestran los tránsitos de avenidas utilizando la política de operación de que, una vez alcanzada la elevación 187.5 (msnm) se extraiga 10,650 (m³/s), además de utilizar una restricción tipo 2 y un ifdt = 4.

5.4.6. Resumen de resultados y conclusiones

Los resultados que arrojó el análisis de avenidas de diseño se llega a la conclusión, de que; los volúmenes de las avenidas que se obtuvieron en el estudio del 2008 son 1.68% menores que los estimados en 2006; por otra parte, los gastos pico estimados en el estudio de año 2008 son aproximadamente similares a los reportados en el estudio de 2006.

Realizando un balance de los tránsitos de avenidas respecto a los estudios analizados en el 2006 y 2008 con periodos de retorno de 1000, 5000 y 10000 años, se determina que en ambos estudios no existe un incremento importante tanto en los volúmenes totales obtenidos como en los gastos pico. La elevación del NAME de la presa Malpaso es de 188 (msnm) y su corona está a 192 (msnm), con forme a éstos parámetros establecidos los resultados de los tránsitos se analizan de la siguiente manera; cuando no se restringe el gasto máximo descargado, el NAME no sería rebasado para avenidas con periodos de retorno hasta 5000 años en ambos estudios; para una avenida con periodo de retorno de 10,000 años correspondiente al estudio del 2008, el gasto máximo de salida llegaría 14620 (m³/s) y el NAME podría excederse en 22 (cm), de modo que aún queda un bordo libre respecto a la corona de 3.78 (m).

Si se modifica la ley de descarga restringiendo el gasto máximo de salida a 10,650 (m³/s) a partir de la elevación 187.50 (msnm) que estableció la CFE, los resultados indican que el NAME se podría rebasar para avenidas con periodo de retorno mayor a 1000 años para ambos estudios: de acuerdo al estudio del 2006, la avenida con periodo de retorno de 10000 años se excedería al NAME en 1.67 (m), quedando un bordo libre de 2.33 (m) con respecto a la corona de la presa. Debido al análisis presentado anteriormente se propone la posibilidad de aumentar la ley de descarga permisible y así disminuir el volumen total y por lo tanto reducir la elevación máxima.

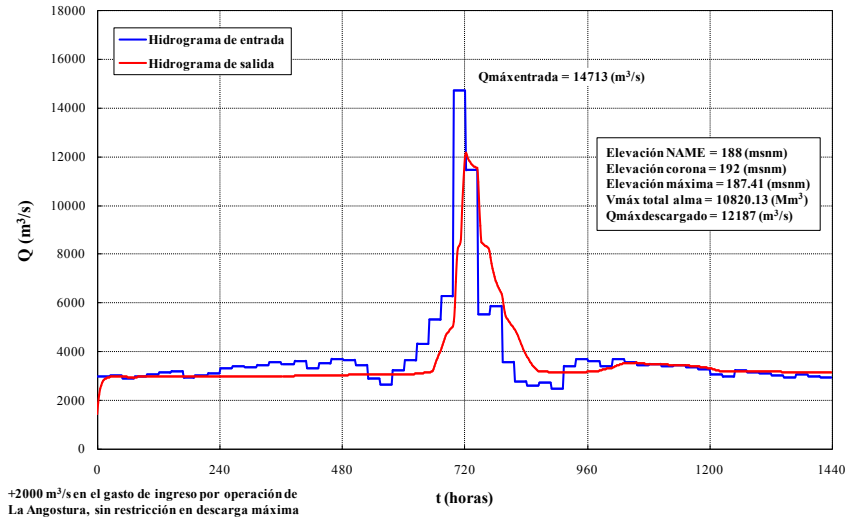


Figura 5.69. Tránsito de la Avenida en la presa Malpasso, $Tr = 1000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.

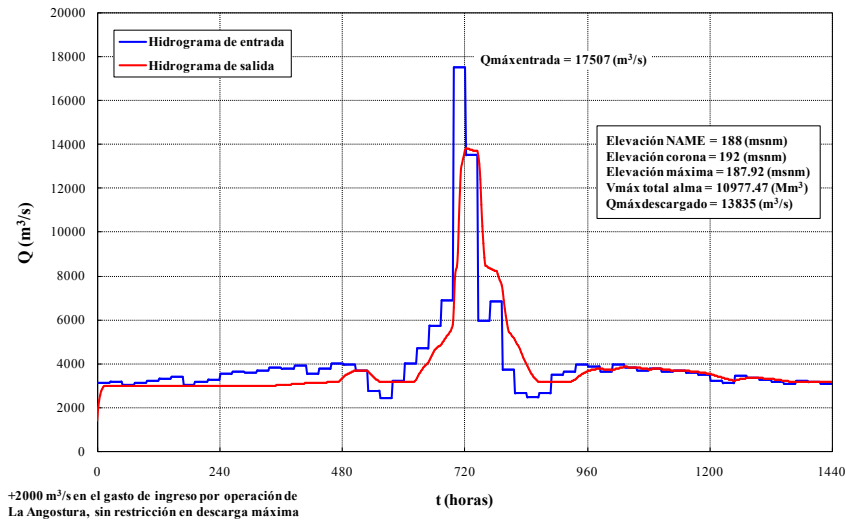


Figura 5.70. Tránsito de la Avenida en la presa Malpasso, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.

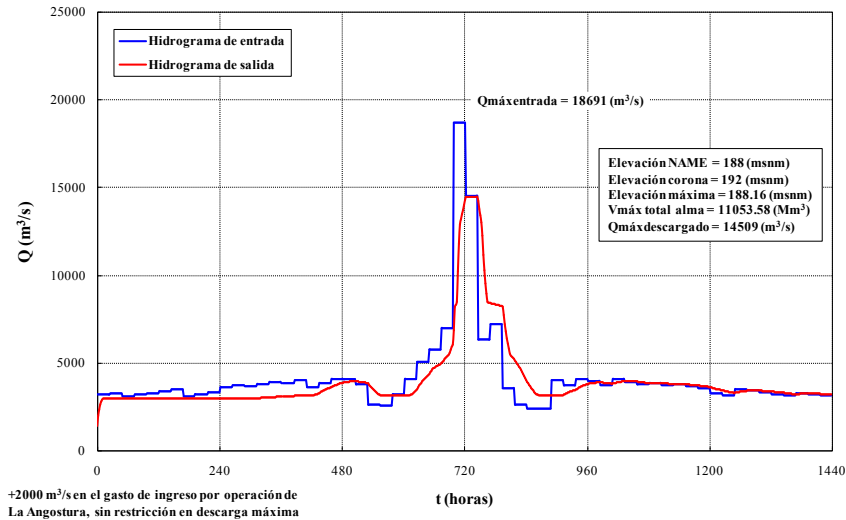


Figura 5.71. Tránsito de la Avenida en la presa Malpasso, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.

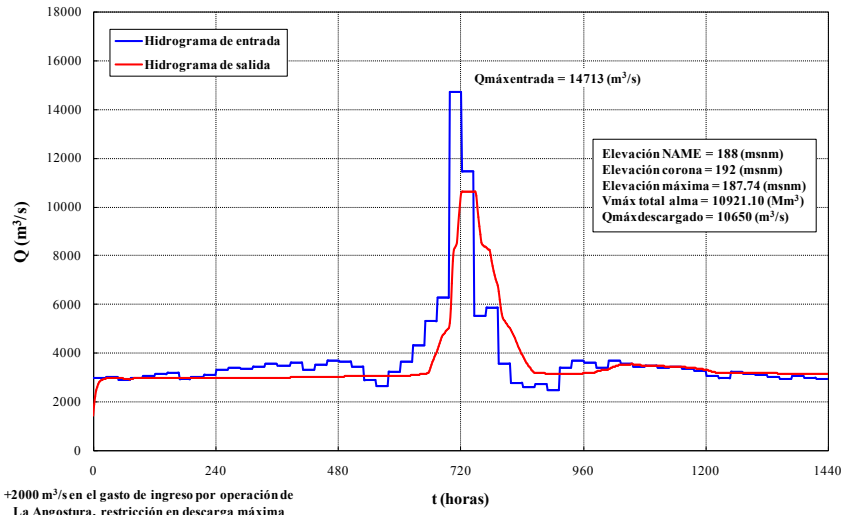


Figura 5.72. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, Tr = 1000 años. Elevación inicial E = 182.5 (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.

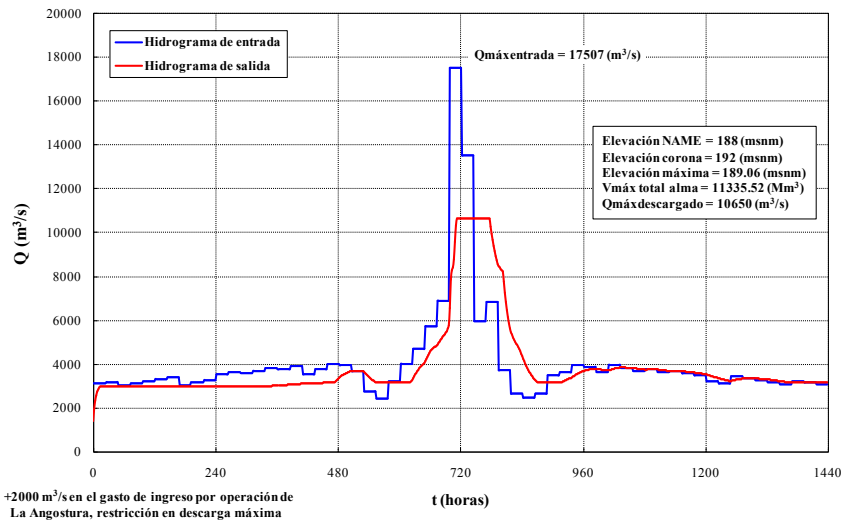


Figura 5.73. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, Tr = 5000 años. Elevación inicial E = 182.5 (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.

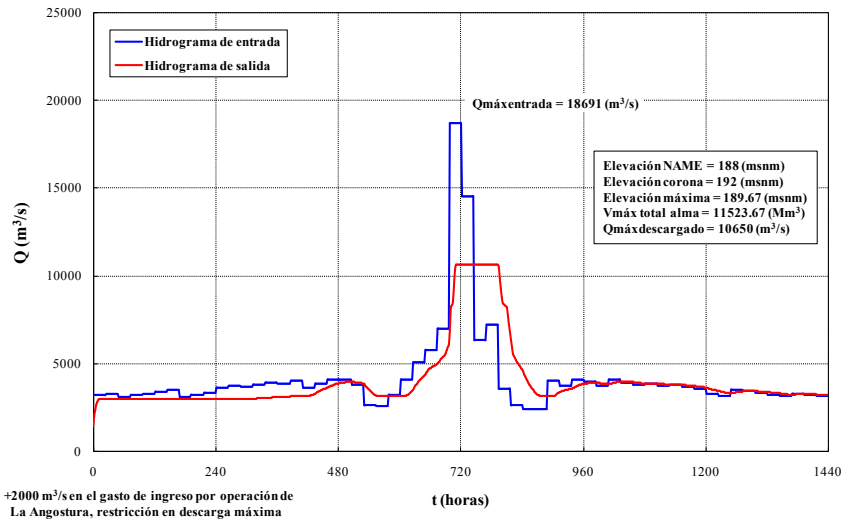


Figura 5.74. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, Tr = 10000 años. Elevación inicial E = 182.5 (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2006.

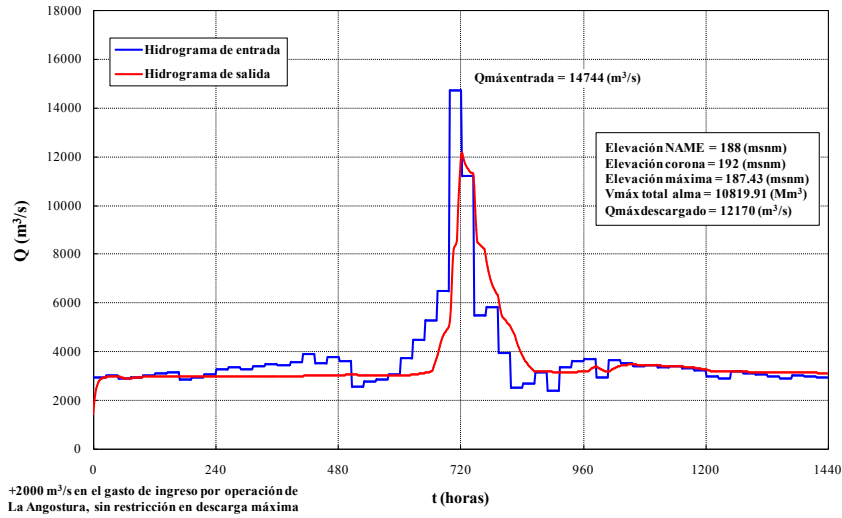


Figura 5.75. Tránsito de la Avenida en la presa Malpasso, $Tr = 1000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.

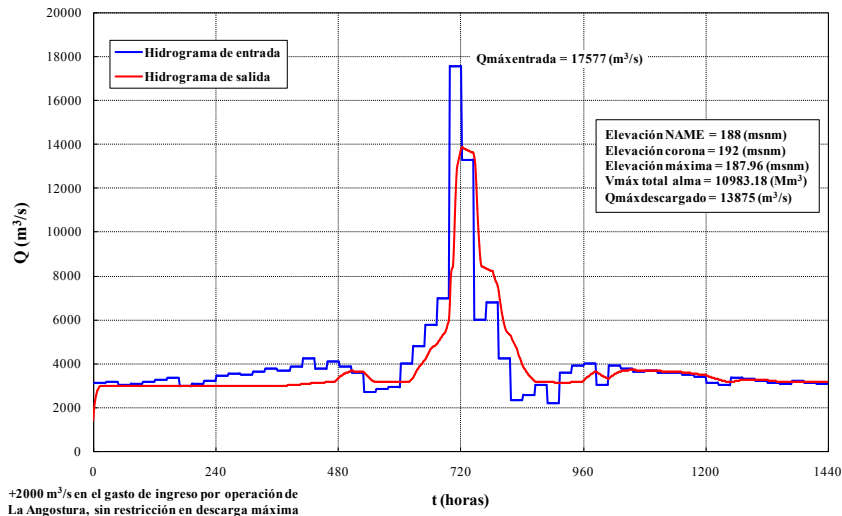


Figura 5.76. Tránsito de la Avenida en la presa Malpasso, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.

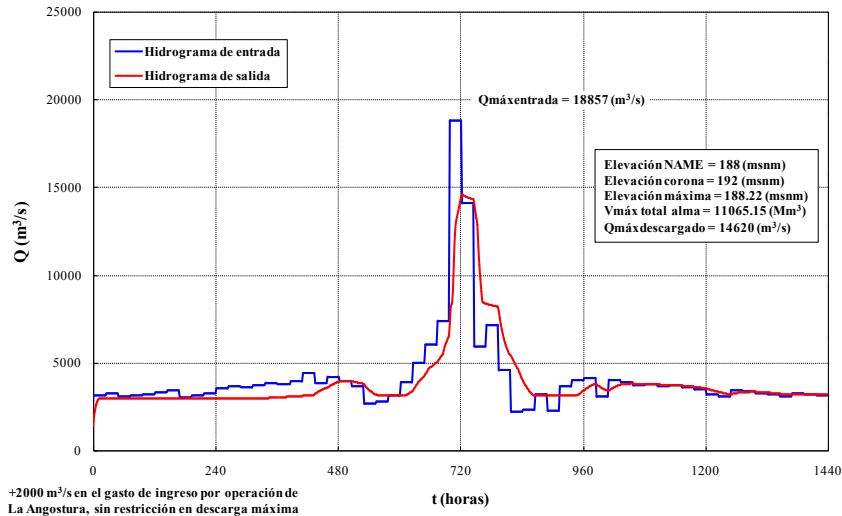


Figura 5.77. Tránsito de la Avenida en la presa Malpasso, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Sin restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.

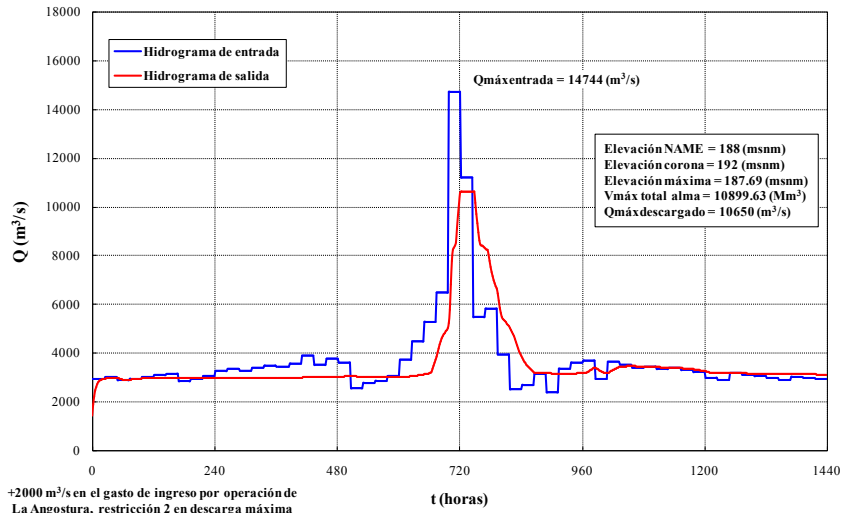


Figura 5.78. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 1000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.

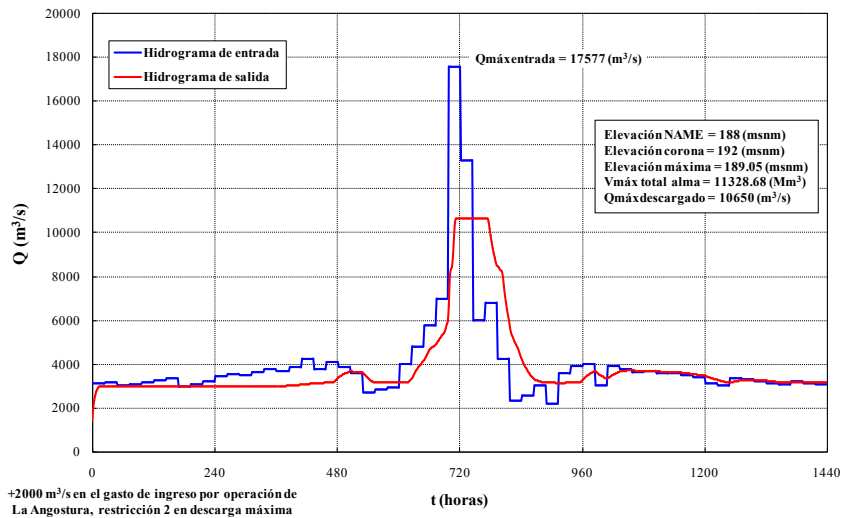


Figura 5.79. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 5000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.

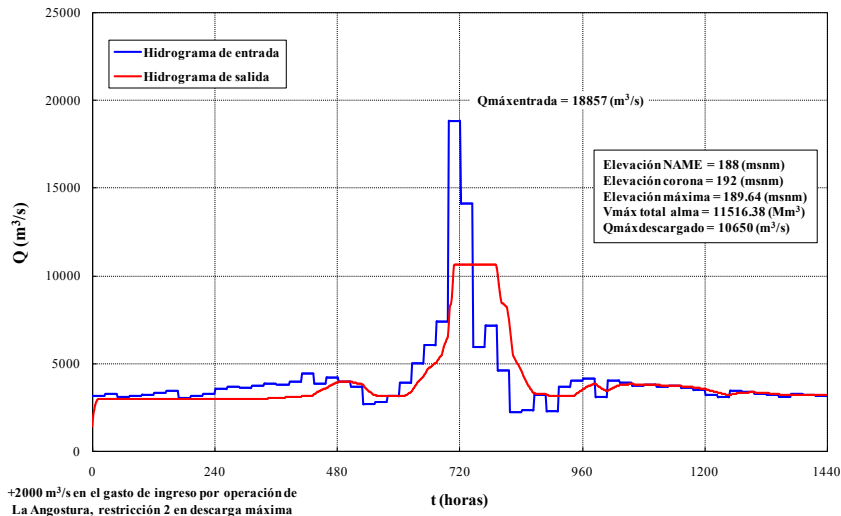


Figura 5.80. Tránsito de la Avenida en la presa Malpaso, $Tr = 10000$ años. Elevación inicial $E = 182.5$ (msnm). Con restricción en la descarga máxima. Estudio 2008.

Tabla 5.39. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa Malpaso, Chis.

Tr (años)	Estudio 2006		Estudio 2008		2008 vs 2006	
	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)
10	4114	4603	4057	4546	-1.39%	-1.24%
50	7438	6163	7373	6071	-0.87%	-1.49%
100	8694	6822	8651	6716	-0.49%	-1.55%
500	11520	8346	11521	8205	+0.01%	-1.69%
1000	12713	9001	12744	8846	+0.24%	-1.72%
5000	15507	10522	15577	10332	+0.45%	-1.81%
10000	16691	11177	16857	10972	+0.99%	-1.83%

Tabla 5.39. Continuación

Incluye +2000 (m ³ /s) por operación de La Angostura.						
Tr (años)	Estudio 2006		Estudio 2008		2008 vs 2006	
	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)
1000	14713	19453	14744	19296	+0.21%	-0.80%
5000	17507	20987	17577	20796	+0.40%	-0.91%
10000	18691	21648	18857	21442	+0.89%	-0.95%

Tabla 5.40. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa Malpaso, Chis. IIUNAM

Elevación inicial (msnm)	Variable	Estudio 2006					
		Tr (años)					
		1000	5000	10000	*1000	*5000	*10000
182.5	Q _{máx ingres} (m ³ /s)	14713	17507	18691	14713	17507	18691
182.5	Q _{máx salida} (m ³ /s)	12187	13835	14509	10650	10650	10650
182.5	V _{máx tot alm} (Mm ³)	10820	10977	11054	10921	11336	11524
182.5	E _{máx} (msnm)	187.41	187.92	188.16	187.74	189.06	189.67

Tabla 5.40. Continuación

Elevación inicial (msnm)	Variable	Estudio 2008					
		Tr (años)					
		1000	5000	10000	*1000	*5000	*10000
182.5	Q _{máx ingres} (m ³ /s)	14744	17577	18857	14744	17577	18857
182.5	Q _{máx salida} (m ³ /s)	12170	13875	14620	10650	10650	10650
182.5	V _{máx tot alm} (Mm ³)	10820	10983	11065	10900	11329	11516
182.5	E _{máx} (msnm)	187.43	187.96	188.22	187.69	189.05	189.64

En todos los casos se considera la condición conservadora de que La Angostura está descargando en cualquier instante un gasto de 2000 m³/s.

*Se toma en cuenta la restricción de que el gasto máximo descargado sea de 10650 m³/s una vez alcanzada la elevación 187.5 msnm.

5.5. Avenidas de diseño para la presa Ángel Albino Corzo “Peñitas” (cuenca propia de Peñitas)

5.5.1. Avenida máxima histórica

Los registros históricos para la presa Peñitas se tomaron de la siguiente manera: los **gastos medios diarios**, por cuenca propia, fueron recopilados del el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) (CNA 2000) y de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) entre los periodos de 1959 a 1979 y de 1987 a 1999. Para el periodo comprendido del año 2000 al 2008 se consideraron las aportaciones por cuenca propia en millones de m^3 de los reportes de operación horaria, proporcionados por la CFE (funcionamiento de vaso del 2000 al 2008); dichos volúmenes fueron transformados a gastos medios diarios (Domínguez et al., 2006). El registro histórico con periodos de 1959 a 1979 y de 1987 a 2008 se localiza en la tabla 5.41.

Con forme a la tabla 5.41 se observa que los escurrimientos ocurridos en el año de 1967, generaron la mayor avenida presentada en el periodo de registro histórico mencionado. El gasto medio diario máximo fue de **4,054 (m^3/s)**, ocurrido el 23 de diciembre de 1967, seguido por el presentado en marzo 11 del 2008, que fue de 3,592 (m^3/s); otra avenida de valor de gasto medio diario máximo importante se registro el 28 de noviembre del 2003, que fue de 1,691 (m^3/s). Debido a que no se contaba con el hidrograma horario de la avenida de 1967 se decidió seleccionar como base para construir los hidrogramas de diseño la avenida del 2003. En la Fig. 5.81 se aprecia un lapso del hidrograma correspondiente a la **avenida histórica** del 24 de noviembre al 4 de diciembre del 2003.

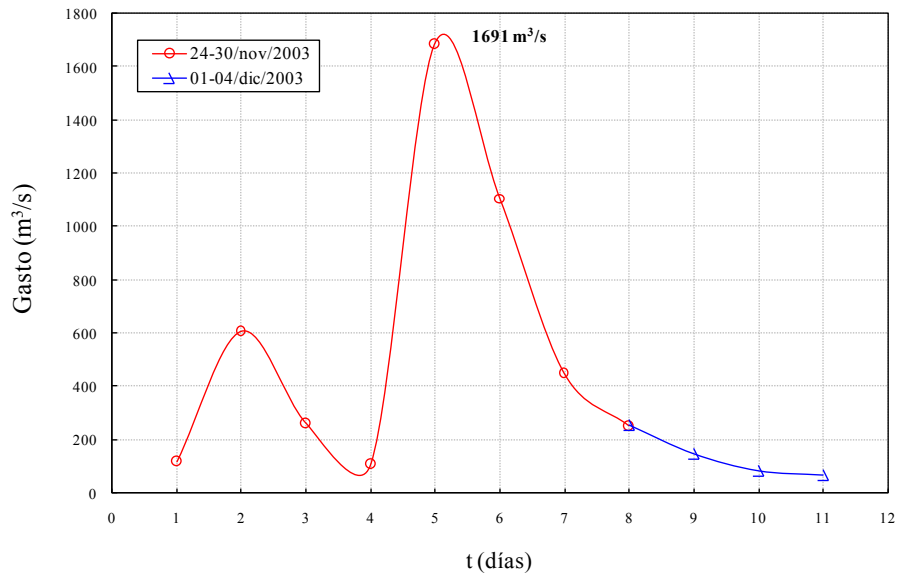


Figura 5.81. Avenida máxima histórica registrada del 24 de noviembre al 4 de diciembre de 2003. Presa Peñitas, Tab.

5.5.2. Cálculo de los gastos medios diarios máximos anuales

Para obtener los gastos medios máximos anuales, se consideró, para las duraciones de 1 a 10 días, el registro histórico con periodo de 1959 a 1979 y de 1987 a 2008, los datos se procesaron con ayuda del programa GAS1.bas. Estos valores se consignan en la tabla 5.42.

Tabla 5.41. Gastos medios diarios por cuenca propia en (m³/s). Presa Peñitas, Tab.

PEÑITAS																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1959	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1959	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1959	3	-13	24	7	-14	-20	15	10	4	-8	-14	-20	11	101	50	32	10	10	62	61	39	18	262	248	135	69	43	18	4	37	32	3	
1959	4	-4	126	97	51	16	3	0	-1	-3	-2	-3	66	1272	1561	691	367	190	121	83	55	27	125	207	207	135	87	82	59	20	10		
1959	5	24	11	7	5	5	6	11	1	9	9	9	10	5	-11	-1	2	-4	-12	-8	-4	2	-10	5	-3	5	0	0	-22	-3	-8		
1959	6	-25	-28	-15	-40	-17	-21	-5	-11	-32	-21	-32	21	-21	56	62	-5	9	178	323	52	81	482	507	179	157	99	53	46	-80	76		
1959	7	59	44	18	7	7	32	7	24	35	35	144	105	92	48	54	58	138	68	28	49	4	119	85	90	3	94	66	79	42	9	97	
1959	8	-12	110	49	11	89	64	16	93	41	63	55	157	125	62	84	-11	97	34	226	164	88	87	126	153	189	134	144	98	124	95	36	
1959	9	114	66	65	-26	68	66	73	39	79	59	37	62	191	154	97	21	78	244	290	393	484	417	271	143	122	125	138	101	85	69		
1959	10	50	52	42	74	12	66	114	45	183	141	377	127	18	334	448	1888	1305	1641	1739	1393	1150	1017	893	938	506	495	389	302	247	268	215	
1959	11	197	510	319	249	197	179	1344	1351	958	681	505	374	276	237	280	264	241	796	1389	650	459	322	248	210	194	168	173	1042	767	459		
1959	12	399	297	234	185	144	138	205	221	174	135	105	87	86	77	68	60	65	391	356	300	217	150	112	103	104	92	86	86	114	73	68	
1960	1	77	58	52	115	87	71	376	271	168	114	92	77	66	58	49	41	36	32	195	259	171	122	95	82	68	53	43	41	39	60	82	
1960	2	65	53	37	25	18	16	15	13	12	5	3	1	12	23	18	13	6	14	66	46	39	20	8	2	1	5	4	1	-1			
1960	3	-3	-2	-5	52	51	58	34	33	21	10	3	-4	-4	-2	-7	-9	-4	11	29	26	19	18	19	18	12	9	6	5	3	2	1	
1960	4	0	-2	-3	5	5	3	1	0	0	2	59	27	18	9	4	-10	20	25	42	133	109	72	47	26	12	8	16	12	6	1		
1960	5	-2	-4	-4	-4	-7	5	6	48	24	9	3	6	-2	2	2	-2	-2	-7	-15	-7	25	15	16	10	5	-5	6	21	15	-1	7	
1960	6	11	7	-49	-81	-99	23	-10	-14	17	-16	-73	-135	147	78	-62	95	29	63	8	-98	-128	57	207	132	59	46	-72	104	86	125		
1960	7	92	119	226	182	96	92	73	64	209	169	91	138	104	30	163	349	422	286	373	291	310	219	179	212	134	178	142	125	139	63	97	
1960	8	57	125	94	178	199	118	65	-10	131	121	115	93	-25	78	138	357	68	210	133	159	125	90	109	142	-21	37	120	120	104	7	-129	
1960	9	37	142	106	-59	-102	-178	16	43	89	63	-166	57	-101	36	-33	97	157	300	22	138	152	197	103	111	0	186	83	482	232	117		
1960	10	162	158	135	82	140	147	191	87	108	5	111	144	59	-137	186	192	133	116	97	114	106	183	260	209	199	213	225	90	232	177	-94	
1960	11	73	354	323	274	223	161	134	119	107	145	315	127	115	137	88	55	36	42	79	101	80	62	48	35	28	15	7	0	1	289		
1960	12	530	269	194	139	104	75	54	25	32	25	21	17	30	21	17	20	-1	35	24	9	7	61	49	33	23	8	4	-2	6	-5	0	
1961	1	34	78	134	88	79	59	38	107	434	500	373	202	268	240	184	140	91	73	65	65	51	56	45	46	36	24	41	48	128	366	366	
1961	2	230	132	107	94	69	55	49	57	48	46	65	54	58	36	47	45	34	35	33	27	22	21	30	32	206	145	99	57				
1961	3	98	285	153	118	79	61	50	56	88	130	149	96	66	58	47	39	37	32	30	25	29	42	42	47	33	29	29	24	19	16	16	
1961	4	14	16	15	10	9	23	14	19	28	29	18	15	25	9	-3	32	52	33	22	8	5	4	14	21	15	15	16	7	14	16		
1961	5	16	16	21	22	25	21	42	6	62	166	343	211	124	79	61	37	44	39	40	32	27	24	18	19	17	12	11	36	35	45	50	
1961	6	25	31	31	24	-5	37	37	42	40	74	15	31	83	-37	-120	-106	-138	166	121	145	132	52	124	168	110	80	69	30	101	69		
1961	7	51	39	-1	15	40	44	23	38	85	82	-18	76	-3	52	82	89	112	88	69	41	-31	81	49	82	68	77	81	100	108	119	-93	
1961	8	-95	249	271	208	158	125	80	75	69	52	47	43	52	101	61	70	128	64	93	109	75	114	43	90	14	174	38	130	216	285	317	
1961	9	90	80	151	200	214	154	147	119	124	48	-117	-34	9	77	71	81	169	101	132	2	86	39	118	68	76	464	223	131	96	111		
1961	10	64	75	396	892	963	502	415	368	244	154	-22	-19	-67	-137	-103	1836	1281	402	262	257	294	244	203	164	141	137	129	147	119	101	360	
1961	11	1097	412	261	944	619	334	605	669	573	453	379	325	275	259	250	202	350	490	317	249	209	180	149	134	113	92	83	75	75	77		
1961	12	77	78	73	64	58	57	60	53	51	37	32	31	28	31	22	24	24	17	14	9	153	58	55	60	96	87	52	36	55	45	40	
1962	1	71	63	121	93	74	87	82	77	67	120	339	451	320	196	131	149	143	114	106	95	87	76	70	54	45	44	53	110	108	98	95	
1962	2	87	80	63	50	48	51	50	43	42	41	40	41	39	39	37	36	35	34	33	32	32	32	34	25	22	20	18	8				
1962	3	6	32	34	26	27	37	-32	-29	-33	-34	-37	-43	-48	-57	-62	-17	20	-11	-23	-11	-16	-21	-9	-12	-15	-15	-15	-24	-29	-25	-31	
1962	4	-33	187	341	122	60	29	11	9	2	-20	-14	-18	302	196	116	92	50	45	41	66	42	38	16	17	20	13	8	10	0	5		
1962	5	-11	-14	-6	-7	-7	-10	-14	-4	-4	-5	-8	-10	-13	-18	-22	-16	-11	-10	-53	-10	-8	-9	-9	-9	-14	-14	-15	-31	-18	-11	-16	
1962	6	-26	-33	-15	-22	-35	-34	-20	-32	-1	-20	-35	-25	-67	-295	136	59	-23	18	19	-36	-84	-119	-233	103	23	113	128	58	5	-21		
1962	7	-17	163	-38	-384	2	92	60	84	44	96	57	60	45	-89	39	40	-8	6	97	108	64	49	-1	-18	17	60	22	47	49	28	42	
1962	8	40	43	-50	35	56	49	15	52	30	48	77	109	226	131	86	132	180	36	75	111	41	106	254	203	61	118	141	41	7	45	-135	
1962	9	424	258	113	77	169	18	245	133	130	6	103	234	181	296	292	58	290	101	640	108	220	256	41	192	290	443	232	83	747	865		
1962	10	510	259	379	634	437	206	318	276	255	179	156	114	93	77	100	86	87	108	101	106	84	83	85	98	138	149	258	296	229	345	305	
1962	11	234	189	167	117	70	43	14	8	10	-10	9	0	-7	-15	13	16	14	15	12	6	8	10	23	12	24	14	4	1	-2	-7		
1962	12	-6	4	12	18	16	27	20	38	31	25	19	27	26	23	22	23	24	24	23	24	27	32	35	35	37	35	37	40	34	42	132	

Tabla 5.41. Continuación

PENITAS																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1963	1	95	52	36	33	29	27	28	27	25	25	31	27	38	79	67	146	111	84	68	50	181	219	140	513	538	246	149	196	141	110	106	
1963	2	74	61	177	520	346	202	131	103	82	64	56	60	70	84	77	68	59	55	52	45	43	43	40	47	95	381	226					
1963	3	161	114	90	71	65	169	218	155	113	93	77	71	64	58	57	54	48	41	37	34	419	531	462	235	167	126	96	82	75	66	54	
1963	4	50	47	43	41	38	43	64	33	33	30	27	26	23	235	112	55	43	36	34	29	26	26	24	23	22	23	21	20	19	19		
1963	5	23	22	21	21	20	11	11	28	15	26	26	25	26	25	19	23	23	23	20	16	20	24	30	65	73	29	34	27	31	29	28	
1963	6	25	28	23	2	13	21	18	36	26	23	18	-1	-23	-3	59	49	33	32	8	-21	26	-6	14	-13	30	50	36	7	3	-39		
1963	7	103	129	29	140	30	171	162	43	137	108	107	74	264	130	121	59	77	-47	74	64	315	574	274	152	365	140	383	452	351	266	202	
1963	8	127	146	208	156	183	159	275	178	-6	203	147	71	168	86	93	26	30	63	65	-52	75	45	146	337	286	191	156	106	59	54	127	
1963	9	147	413	218	241	173	244	504	379	179	137	306	441	281	273	195	86	248	188	87	377	282	209	-557	-502	814	530	445	191	480	840		
1963	10	793	757	712	607	584	846	955	1153	904	819	716	517	351	253	203	183	170	165	171	158	153	140	127	117	107	93	83	84	93	96	83	
1963	11	77	269	217	151	123	121	129	108	102	201	20	530	273	220	146	113	100	93	79	74	73	72	68	588	531	265	294	196	413	592		
1963	12	500	330	213	162	130	117	107	100	96	86	86	82	76	76	293	260	216	171	150	120	101	95	131	204	198	176	132	120	98	88	193	
1964	1	204	184	131	107	91	94	105	94	94	412	414	248	329	330	240	170	159	133	117	108	92	83	72	70	71	113	92	95	129	130	134	
1964	2	116	108	97	93	77	61	55	76	96	79	58	52	42	55	46	49	46	38	62	57	48	47	54	53	54	48	41	54	115			
1964	3	84	70	53	43	44	48	43	39	32	35	49	44	38	31	30	30	34	35	33	30	51	77	54	54	42	35	31	31	45	216	398	
1964	4	200	143	95	68	54	40	35	30	193	261	180	115	86	64	54	258	123	68	52	43	37	35	30	28	26	24	21	19	18			
1964	5	20	19	19	19	20	18	17	15	11	10	24	18	15	35	47	25	41	175	98	94	25	85	57	44	31	22	36	96	55	42	37	
1964	6	54	122	72	56	49	57	37	144	84	134	212	89	102	264	285	329	70	-17	137	65	63	89	75	65	256	195	461	255	321	463		
1964	7	457	249	125	96	34	195	136	91	112	152	9	367	359	161	86	265	1111	773	734	667	438	321	157	493	374	702	556	399	378	307	232	
1964	8	176	187	185	198	174	133	48	-71	146	139	84	84	58	78	75	-3	30	103	42	-82	152	62	142	105	76	318	97	81	113	73	16	
1964	9	47	16	580	731	427	516	351	251	151	208	-5	139	225	148	86	204	132	76	152	189	170	191	219	260	353	100	269	491	544	314		
1964	10	248	233	169	237	824	1392	1243	1122	647	376	271	229	220	187	160	141	125	103	104	274	179	323	241	169	134	97	83	78	80	82		
1964	11	82	81	76	66	67	64	68	68	65	68	69	65	61	58	52	64	59	59	59	63	140	260	581	496	347	257	183	144	148	280		
1964	12	155	130	120	99	117	1373	1128	484	299	228	161	196	168	619	829	458	300	194	214	197	207	209	176	161	129	112	105	144	103	86		
1965	1	68	57	61	100	59	59	43	37	33	33	175	134	88	60	43	43	59	214	212	145	114	89	68	56	56	42	58	316	389	265	179	
1965	2	138	123	287	164	108	144	111	84	63	54	40	35	32	44	114	68	48	498	940	680	428	269	180	137	111	84	66	52				
1965	3	43	35	29	32	55	44	39	30	25	23	20	17	15	12	11	10	8	8	9	62	645	519	257	153	91	57	45	37	31	25	20	
1965	4	25	24	16	16	15	15	14	12	12	11	12	13	12	13	12	11	10	9	6	11	11	11	11	11	12	12	16	181	598			
1965	5	406	174	97	59	39	29	26	24	23	15	13	7	7	8	16	7	9	16	7	4	12	13	3	4	5	1	-35	10	9	6	9	
1965	6	11	9	10	9	-11	-27	-38	-30	-36	-13	-29	6	-38	87	44	27	9	3	-86	-35	67	45	13	-143	-102	-6	94	42	28	263		
1965	7	289	407	196	271	329	124	134	223	235	140	76	40	36	40	40	10	-80	85	45	48	25	-16	21	38	42	20	29	-26	70	35	-23	
1965	8	86	74	-73	35	93	80	104	9	78	187	76	149	117	-46	143	72	100	87	135	126	108	101	82	85	64	12	62	39	26	221	191	
1965	9	164	143	109	108	72	103	110	268	197	159	74	172	156	387	303	207	167	243	253	197	157	-57	262	-266	203	118	199	76	84	195		
1965	10	429	716	1227	835	1123	986	626	457	489	365	267	275	248	378	354	330	418	484	506	518	989	1325	939	906	724	489	411	312	264	244	208	
1965	11	191	210	507	400	356	281	260	227	209	212	221	185	165	407	191	192	152	132	123	112	101	95	81	83	75	75	72	68	64	72		
1965	12	73	70	71	97	374	452	412	344	295	196	168	128	110	90	87	80	76	74	71	100	81	85	75	72	347	882	619	352	208	148	113	
1966	1	112	92	89	214	189	174	299	299	224	156	145	124	117	102	100	93	94	93	83	82	82	84	143	138	130	139	214	203	152	164	152	
1966	2	117	90	96	164	148	133	96	75	61	55	48	41	39	38	34	34	49	68	74	70	69	60	96	83	181	148	111	85				
1966	3	145	121	97	75	230	305	186	130	92	70	60	64	70	73	64	58	47	48	49	36	33	29	27	30	94	108	80	58	43	34	35	
1966	4	29	25	26	25	75	88	79	68	51	18	97	88	62	49	44	84	79	54	47	36	40	40	28	35	44	32	36	30	24	33		
1966	5	30	32	16	138	118	86	68	58	45	44	26	46	50	40	-4	29	51	32	34	27	41	28	29	35	36	37	53	35	14	155	106	
1966	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1966	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1966	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1966	9	45	57	61	55	64	99	93	73	92	96	83	54	82	83	19	-41	68	84	65	245	-47	159	545	378	213	215	220	213	227	194		
1966	10	218	385	414	241	368	319	469	383	-131	-109	264	214	230	342	80	282	568	338	937	401	462	342	297	347	1060	238	560	365	299	503	99	
1966	11	257	338	466	715	-300	87	152	132	475	256	74	46	36	33	32	31	58	217	164	107	73	45	34	32	31	30	29	38	163	128		
1966	12	88	71	54	51	45	37	33	31	28	30	115	109	174	141	84	62	54	131	153	92	62	50	43	147	323	176	101	67	107	185	104	

Tabla 5.41. Continuación

PEÑITAS																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1967	1	82	66	-261	176	330	441	104	81	383	300	425	377	139	-45	103	126	223	212	40	77	136	-6	172	157	151	151	154	1074	421	-195	196
1967	2	76	573	174	112	81	65	58	56	136	143	-438	133	203	187	185	174	95	318	291	273	223	296	357	390	407	384	356	368			
1967	3	486	521	295	235	156	134	124	153	150	135	121	104	99	95	89	84	87	92	308	117	69	43	42	50	36	29	26	23	21	19	17
1967	4	16	15	24	37	32	28	23	15	11	8	6	6	5	1	0	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	-1	-3	-3	-3	
1967	5	-3	-3	-4	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-4	-5	-5	153	244	144	105	65	32	19	36	32	17	9	5	0	-1	-5	-9
1967	6	-9	-8	34	18	24	18	27	15	10	7	5	1	2	-693	-15	71	167	370	647	733	370	337	302	291	259	254	222	177	171	174	
1967	7	151	124	107	104	88	87	101	91	87	100	98	80	71	63	126	88	71	79	79	82	76	72	68	63	60	57	56	56	65	81	64
1967	8	58	56	53	46	42	37	35	35	45	36	34	91	129	107	83	70	81	98	73	67	64	65	64	92	140	117	117	169	133	235	247
1967	9	182	159	143	135	125	132	119	113	105	122	137	173	327	279	658	574	226	208	157	134	119	107	98	98	101	102	95	193	2749	452	
1967	10	435	314	254	230	287	505	393	284	280	270	244	336	464	345	237	205	1581	1797	337	523	353	290	248	212	212	243	205	272	220	193	212
1967	11	259	207	185	263	245	200	165	145	128	114	105	97	98	227	235	189	155	123	102	90	89	81	75	70	68	60	58	57	59	53	
1967	12	53	54	64	163	99	83	81	72	67	63	64	63	60	60	64	126	78	62	58	57	55	268	4054	1135	353	226	160	124	103	93	88
1968	1	85	87	81	78	77	80	78	131	134	113	262	231	1108	856	347	214	154	131	113	106	104	99	198	223	133	123	102	96	84	80	72
1968	2	71	68	142	145	156	296	286	172	130	109	98	107	98	90	87	82	81	81	91	183	178	62	47	57	59	47	40	37	34		
1968	3	74	82	55	43	40	36	35	35	33	30	27	21	26	43	39	36	33	29	25	23	21	29	97	97	61	43	36	31	28	25	23
1968	4	21	20	19	18	17	20	22	19	16	15	107	156	90	50	39	32	28	25	21	19	18	17	15	18	20	18	16	14	13		
1968	5	12	13	11	10	11	10	8	19	19	12	11	11	20	18	13	10	10	10	16	11	19	21	27	18	15	13	12	10	10	11	9
1968	6	8	7	5	5	4	4	3	5	12	13	15	17	20	24	25	30	-16	-371	-152	325	359	270	236	188	173	148	175	200	148	141	
1968	7	135	118	136	163	154	152	122	111	98	98	128	103	111	87	79	108	90	69	76	74	64	107	90	139	102	84	73	78	132	93	77
1968	8	159	120	101	109	101	82	148	160	101	162	189	137	119	126	98	82	90	80	71	70	78	86	104	81	81	149	279	160	111	95	91
1968	9	102	85	75	97	69	59	341	303	179	171	118	213	282	317	158	114	107	135	159	106	193	184	354	283	248	227	221	414	332	944	
1968	10	267	426	330	339	309	295	297	467	441	-122	143	334	417	599	296	211	169	152	124	124	633	1892	350	624	402	344	291	271	245	226	206
1968	11	182	180	157	164	140	121	102	90	86	136	114	180	110	85	69	62	193	50	208	178	99	84	79	70	68	61	73	37	46	142	
1968	12	75	50	80	399	303	159	111	97	101	84	77	63	60	62	62	64	60	43	42	48	48	41	287	473	252	135	101	84	75	64	72
1969	1	124	307	216	294	659	337	180	127	99	111	184	309	268	166	122	100	87	77	71	67	62	49	48	51	34	101	50	43	46	27	40
1969	2	24	34	23	57	118	55	51	48	60	239	133	48	46	-17	-76	61	-24	99	7	44	49	78	148	-135	30	47	38	38			
1969	3	36	78	-20	39	80	42	5	7	63	-44	2	16	0	3	6	72	-48	20	39	40	21	11	76	-68	15	71	44	33	39	18	19
1969	4	59	-19	67	119	-34	28	20	24	21	21	23	11	80	-78	8	33	-22	-7	5	21	102	16	20	37	-20	9	95	-63	-7	10	
1969	5	74	-59	21	3	-8	-21	-15	-17	18	16	124	-118	-31	-8	-11	-19	6	57	1	2	4	11	6	8	4	2	58	-5	20	8	8
1969	6	117	-83	-13	-11	32	51	12	8	-16	-6	-7	-10	-11	-10	138	-122	11	7	35	37	-2	-2	-6	-5	-8	-19	-11	24	68	-2	
1969	7	51	80	219	110	255	168	32	118	49	42	88	36	100	147	86	25	23	16	-6	66	-2	-22	29	-37	17	-23	115	-86	30	5	-5
1969	8	4	135	43	-31	43	29	48	50	39	57	128	322	120	158	83	63	140	130	131	116	79	83	153	386	237	202	205	216	212	277	231
1969	9	270	159	516	471	595	193	479	578	618	717	615	646	508	913	711	663	575	505	492	467	381	313	346	692	794	1014	536	860	1271	815	
1969	10	545	483	669	648	594	510	557	870	947	677	557	450	386	356	336	339	432	340	407	388	673	203	250	225	162	190	281	318	384	180	124
1969	11	107	161	52	340	304	194	104	64	114	-39	-10	13	-12	-36	-27	24	-37	-35	712	1549	733	376	81	93	83	57	49	37	103	598	
1969	12	387	170	79	53	38	-394	131	12	8	-2	-13	49	-29	43	-10	-19	-21	-3	-26	-17	53	-22	-43	1	44	-38	-45	15	-63	-45	7
1970	1	100	-36	11	46	20	46	294	183	87	81	126	2	18	24	24	6	20	140	-56	34	27	44	48	31	35	8	6	37	20	273	997
1970	2	398	101	98	112	82	232	-143	63	25	69	40	7	36	36	73	-15	61	33	16	55	202	189	60	74	54	43	55	60			
1970	3	76	-12	-5	39	26	8	37	44	24	12	13	-12	-7	31	50	-8	29	5	-1	12	62	78	4	21	-1	52	52	5	27	-27	2
1970	4	16	-16	5	35	110	-22	56	26	44	25	31	56	-64	1	8	6	-6	-11	10	-19	-23	-5	-26	-12	-15	-26	-17	12	23	-9	
1970	5	90	-43	194	430	666	284	118	36	49	65	-33	12	15	5	15	84	158	-21	35	-4	-5	-16	9	27	-40	-21	-7	3	-18	-3	66
1970	6	-57	9	38	133	171	380	433	222	105	54	40	28	25	37	-25	4	-8	-1	34	28	32	7	53	-11	65	52	80	109	1	47	
1970	7	80	84	357	262	693	603	485	198	109	117	79	170	201	169	166	98	61	76	173	326	201	327	185	182	191	255	16	104	112	198	99
1970	8	258	196	147	410	105	79	46	101	204	51	80	90	60	36	43	97	15	14	8	-2	-4	15	59	-36	-9	106	153	748	623	617	227
1970	9	312	396	378	447	414	406	338	552	226	866	1134	813	650	683	480	332	360	565	601	798	765	1049	719	843	107	286	183	369	1861	1764	
1970	10	1527	1018	1003	1036	877	840	783	728	701	691	645	574	926	531	297	367	630	979	441	337	203	150	186	176	209	118	153	156	221	282	240
1970	11	211	157	90	216	472	306	179	172	65	76	87	68	84	48	775	690	300	175	124	147	91	143	35	275	239	106	88	77	91	43	
1970	12	71	46	101	52	38	98	-3	59	19	13	33	21	43	-16	85	10	53	15	37	54	-23	7	23	26	75	-75	54	-26	-50	-65	-16

Tabla 5.41. Continuación

		PEÑITAS																														
		Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																														
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1971	1	-7	-97	52	-21	20	102	105	49	90	117	18	32	23	46	23	16	131	8	6	38	42	41	32	108	-13	11	25	20	33	17	69
1971	2	-65	13	11	10	38	-20	60	-19	11	-27	5	1	31	83	-59	-22	-36	-40	-22	-33	60	-60	-9	-45	-1	-58	-13	11			
1971	3	42	12	78	14	1	27	190	359	184	91	40	6	33	77	-48	-43	14	22	7	384	502	44	41	47	16	10	59	80	-78	-16	31
1971	4	22	-28	19	51	-31	33	68	42	91	-60	2	-12	-15	-26	2	1	15	107	-95	-8	-33	-14	-15	13	96	-73	-40	-1	-42	12	
1971	5	99	-13	-40	-5	-31	-15	14	-8	78	-74	-48	-6	-12	-31	48	71	-65	-32	36	17	0	-62	59	-39	10	46	4	11	-30	34	-44
1971	6	16	-15	-9	18	34	51	-69	7	-18	49	-4	15	63	-12	19	28	38	54	109	106	-35	0	-2	18	-31	40	94	-67	21	-2	
1971	7	34	-14	26	88	-24	-37	62	28	25	77	141	15	107	121	86	62	74	119	65	126	115	67	81	57	115	-30	81	98	101	69	79
1971	8	150	85	95	77	138	142	147	170	125	98	71	50	48	63	136	18	158	98	21	103	187	306	68	158	188	256	194	161	372	488	303
1971	9	174	333	215	259	265	166	216	357	247	256	266	234	77	77	115	175	-46	57	165	-38	119	164	115	90	100	216	-1	72	97	143	
1971	10	84	83	195	9	65	64	94	78	98	265	298	216	108	88	-45	232	246	173	372	73	90	51	121	105	-101	10	5	8	12	80	92
1971	11	-3	45	20	519	578	253	243	189	201	769	325	168	75	180	-30	47	53	47	90	151	99	-39	46	47	463	129	103	150	-35	44	
1971	12	41	47	19	62	134	-25	109	53	23	15	58	113	-81	5	25	6	7	75	393	29	27	26	22	86	145	47	-44	29	77	72	58
1972	1	68	-9	-34	21	196	693	419	200	189	6	64	27	19	22	153	765	370	183	106	92	40	59	143	-27	-31	8	79	-5	14	122	-48
1972	2	18	12	24	252	354	160	15	62	47	121	89	80	155	39	70	25	54	37	47	79	-56	38	18	33	-22	-12	114	-43	-1		
1972	3	25	18	14	24	86	-73	24	-33	54	90	71	119	-91	23	9	-27	-10	44	107	-88	71	-113	-2	-16	5	82	-92	-31	6	45	6
1972	4	-98	-19	-65	-115	-23	-20	-33	-26	31	-130	0	-31	-69	-46	-19	132	-123	-34	-19	-35	-21	-22	50	-116	-11	-34	-21	-17	-11	61	
1972	5	2	-205	30	18	14	-64	76	-126	-14	-8	-38	-26	13	129	-155	-8	-23	-3	-37	-7	34	-98	-28	-34	-20	16	30	40	-29	35	45
1972	6	26	-31	43	60	18	39	147	117	26	16	116	-30	26	5	22	132	229	267	73	66	81	85	217	171	141	46	58	47	68	46	
1972	7	117	32	-44	8	28	270	155	134	154	166	120	74	86	62	49	88	-23	-18	44	18	25	29	267	58	158	115	147	113	85	172	10
1972	8	42	52	46	40	48	49	40	27	23	19	44	58	104	4	37	66	102	113	164	135	17	87	55	70	124	158	254	230	469	314	144
1972	9	102	97	119	10	136	182	108	94	56	90	10	16	52	226	148	245	79	-28	132	159	376	244	227	156	83	108	190	47	74	88	
1972	10	213	50	42	38	77	77	112	120	13	35	35	43	92	390	216	225	491	236	174	168	178	153	50	68	46	34	34	35	61	4	-32
1972	11	23	121	-57	49	159	-9	47	65	46	31	17	86	-41	20	721	308	133	118	93	62	-3	286	390	174	142	151	106	74	123	245	
1972	12	662	396	219	69	80	117	73	41	2	61	-11	130	-33	37	145	1908	1106	335	163	64	38	140	241	203	158	-33	38	27	111	58	120
1973	1	53	-120	-23	-24	21	16	98	-81	-1	-15	9	75	80	146	-65	3	5	7	-30	38	88	-34	-8	20	73	54	53	235	275	201	123
1973	2	54	54	183	197	114	-12	51	47	28	112	140	-25	26	33	8	22	49	32	-31	139	171	120	5	65	184	-23	95	112			
1973	3	45	107	-17	157	-36	70	-1	-1	15	11	105	-27	-39	-2	26	-12	52	156	-95	2	185	-161	26	26	129	-90	-43	-16	-20	-12	-21
1973	4	-5	-76	-61	-1	-21	46	54	103	-58	-6	33	-4	36	-68	150	-72	10	-46	92	169	-8	5	-139	-36	18	-28	-4	55	183	-113	
1973	5	153	-161	-130	-41	3	59	-215	-113	-110	-111	-139	-66	88	-124	-13	127	75	27	18	45	-113	-79	-71	-95	-115	-40	66	-203	-122	-103	-77
1973	6	-50	26	15	-38	18	27	116	104	62	132	-110	-1	25	17	13	60	131	-116	45	46	79	8	104	102	-49	-32	92	56	39	86	
1973	7	58	-54	44	-7	31	22	6	22	22	-8	0	-50	-9	34	52	-54	-11	-11	65	255	109	121	-38	41	128	158	146	142	172	-32	57
1973	8	73	65	91	117	197	11	55	95	163	199	142	150	74	269	277	164	126	157	167	438	1849	982	418	427	828	889	422	273	188	208	198
1973	9	204	170	-242	1087	241	195	385	484	528	529	274	346	159	253	126	140	8	72	133	219	322	398	707	227	160	118	95	132	234	423	
1973	10	232	212	130	123	103	329	549	341	387	511	609	637	550	469	479	696	470	1710	1527	1368	1544	1152	1454	1759	817	582	435	359	303	328	300
1973	11	334	370	111	210	188	177	146	157	106	143	111	90	112	122	122	110	133	110	77	115	34	90	71	96	137	11	76	318	1482	633	
1973	12	272	216	87	94	65	80	433	287	231	90	119	202	6	56	77	178	73	49	67	108	237	222	153	71	155	-43	20	46	27	66	3
1974	1	106	76	72	253	218	144	68	39	-13	13	41	57	78	-20	32	-35	18	-15	-55	42	-29	13	33	-13	15	57	35	5	76	45	37
1974	2	-65	150	88	16	172	-42	33	51	279	392	128	125	56	49	31	38	104	-46	2	-35	-5	34	123	74	767	528	205	57			
1974	3	82	88	109	-74	27	-4	8	40	61	72	-26	87	-31	63	19	34	105	-38	5	11	100	-38	33	81	-53	-14	-35	-39	-64	10	16
1974	4	-13	-87	-46	-29	835	848	337	21	763	163	140	96	-4	60	-71	147	58	54	-17	29	107	-101	-9	-13	55	-33	-4	48	-131	-58	
1974	5	120	-92	-57	-40	50	-155	-40	-55	-25	-56	-88	-46	-70	14	-67	-33	-13	-7	-10	-40	-26	-75	-24	-110	27	-10	-39	174	-25	-22	-31
1974	6	-46	30	92	21	-117	20	-15	-11	-33	-130	-43	-115	-10	-72	31	16	-82	-30	4	40	76	53	39	68	805	313	154	43	52	39	
1974	7	-9	140	97	37	47	64	37	61	67	-3	-9	-106	63	70	-49	69	-123	82	-41	180	429	349	172	43	4	47	89	101	-113	41	-66
1974	8	33	-14	48	92	51	64	10	16	18	15	-33	22	13	-4	-8	-29	21	7	-67	-124	16	-10	2	37	53	-20	23	23	17	101	64
1974	9	19	2	29	102	468	1030	307	93	39	-17	305	103	56	96	249	317	122	178	344	1868	552	249	73	70	109	80	75	88	39	101	
1974	10	290	1401	771	334	176	103	38	66	83	29	62	27	27	317	171	913	872	539	265	129	36	32	98	50	118	125	67	27	10	36	32
1974	11	42	19	-12	-25	43	-2	-9	32	35	-7	-59	293	203	66	68	32	34	-7	-2	34	-21	39	57	5	731	878	460	162	98	94	
1974	12	415	412	242	112	38	26	46	-14	-8	52	37	68	-13	64	33	-46	56	75	61	21	69	30	7	-8	76	8	26	61	-44	-53	-64

Tabla 5.41. Continuación

PENITAS																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1975	1	73	-133	-63	57	126	28	24	-82	32	-50	1	-2	139	234	30	48	25	-25	101	44	313	110	76	167	165	23	13	31	-4	1	-37
1975	2	24	-24	-29	-34	48	-79	20	-5	-27	-17	-20	-63	312	189	54	49	-64	41	-35	21	31	40	34	6	37	31	1	-17			
1975	3	41	25	-24	-4	-14	39	-23	23	37	-71	-38	-28	-18	-32	116	22	-98	-30	-13	-4	48	-124	62	-31	-9	-5	-99	94	-125	20	-158
1975	4	-7	-25	-43	12	31	-78	-78	-23	-6	-16	-6	-4	57	-103	-28	0	1	-13	-8	32	-77	-17	9	-13	-18	-26	20	-53	-56	-51	
1975	5	84	-156	-47	34	-122	-80	-59	-51	-53	15	39	-161	-27	-49	-64	-68	17	78	-97	-92	3	-32	-54	90	-1	-57	-144	128	53	-69	140
1975	6	-7	-27	-52	-11	-165	-22	105	29	-90	-7	35	-7	37	101	47	-64	-24	-64	-21	15	92	-70	25	12	-20	-21	40	-10	33	-58	
1975	7	-80	55	-57	91	11	50	-81	-71	24	-26	40	19	9	-26	-75	29	-50	26	2	77	37	-9	-33	-11	-22	-39	22	-37	-296	-116	9
1975	8	42	-113	103	-26	-37	-6	11	34	57	34	20	29	-25	-7	-8	12	41	-15	-7	97	56	70	62	85	31	88	39	18	121	136	73
1975	9	-5	22	64	52	41	98	170	434	231	412	323	198	187	207	344	144	342	157	131	83	134	13	1369	914	495	327	193	177	48	83	
1975	10	68	361	873	382	522	1093	697	435	294	242	362	340	125	168	97	109	109	169	190	158	99	5	165	38	38	151	-43	96	39	900	1169
1975	11	470	264	107	741	528	337	186	183	182	101	147	408	1222	577	304	216	58	82	109	127	168	389	350	79	124	86	-11	123	16	170	
1975	12	-89	71	85	36	101	62	65	-27	-1	46	58	100	-45	49	-34	36	29	26	409	202	136	82	46	81	86	67	80	77	71	43	56
1976	1	47	-44	12	329	328	199	110	132	701	362	224	65	20	113	52	177	1007	475	195	106	100	81	104	115	122	-38	95	341	186	106	124
1976	2	178	54	20	88	185	-103	81	231	-14	120	125	3	-52	84	143	-18	-4	35	38	-26	75	275	246	293	260	41	159	139	150		
1976	3	-11	-22	19	-8	-58	97	13	-117	61	-7	-7	11	11	81	-136	-66	-17	51	-77	82	23	-126	-23	-38	-5	45	129	180	-122	-148	-105
1976	4	29	78	64	137	-94	25	-105	-49	-12	49	34	-152	-132	-68	-18	-124	-127	-108	-173	-113	-101	-79	-93	2	58	-170	-73	-51	0	-25	
1976	5	56	-105	-53	0	21	-66	-24	-29	46	-36	-111	-71	-5	-116	-13	103	-130	-22	-73	15	-47	-14	101	-169	-73	-50	-49	-21	30	-31	-123
1976	6	-33	3	-8	-56	25	72	-116	29	-47	-14	-5	-7	33	-116	-33	20	-4	-88	41	-4	-38	4	44	-23	13	191	91	-9	72	32	
1976	7	56	-26	164	42	-51	90	10	111	99	34	123	-120	-30	-6	122	-22	66	-18	-25	-12	-32	5	-54	31	-26	-33	-52	-21	10	-49	-1
1976	8	-53	-94	-28	-84	52	-55	139	78	-49	-40	11	-20	-6	167	196	63	61	48	115	88	94	62	24	4	4	156	45	77	16	39	378
1976	9	180	86	72	29	152	11	45	28	149	199	197	488	182	111	133	284	46	154	115	45	-35	116	40	-41	-47	-77	37	28	-8	-37	
1976	10	117	8	115	45	70	130	115	-10	786	901	462	287	101	105	-22	15	48	48	40	45	66	-20	11	-27	-86	389	129	-16	29	100	476
1976	11	464	213	116	84	6	64	8	75	30	4	5	-11	7	208	123	90	449	372	197	133	80	1006	802	370	176	123	100	25	607	693	
1976	12	499	238	524	265	190	97	88	351	469	237	114	132	123	173	244	164	322	251	179	99	77	180	134	51	130	72	149	36	71	45	20
1977	1	61	-34	-41	28	20	-16	-11	24	35	-4	99	122	70	34	-32	5	-34	-3	38	30	64	-20	13	6	-27	7	-36	-24	50	48	-58
1977	2	-5	-13	2	69	248	387	41	177	172	174	-14	74	77	17	93	104	87	89	91	48	-6	14	27	-18	-10	30	292	107			
1977	3	46	34	19	-63	68	8	33	356	239	134	113	115	-1	-94	4	-31	80	-76	24	-24	58	2	46	38	46	0	38	-50	-13	-5	21
1977	4	-38	-1	7	-116	-66	-86	69	113	-107	-109	-42	-19	-97	-92	-44	-123	-117	-190	-20	2	-6	6	58	-85	5	-36	6	-8	8	15	
1977	5	14	-15	-1	-2	-4	-8	-9	-8	17	-35	-44	-24	-10	-3	1	-30	-60	-23	-12	-9	-17	-38	-28	-17	-14	-20	-23	-16	-6	-31	-9
1977	6	-11	-18	-8	-27	-21	-10	123	82	55	106	63	42	25	10	-31	13	121	162	70	76	34	-4	-8	57	3	7	-25	13	77	-12	
1977	7	-80	1	86	-145	4	9	-41	-6	-11	79	-39	-52	35	126	-11	325	450	51	80	70	63	13	61	109	-19	72	77	22	-40	-4	-1
1977	8	-110	-61	-37	-2	12	122	132	15	407	235	253	234	200	120	66	74	42	32	56	178	77	-54	-19	16	41	48	47	73	-33	29	0
1977	9	37	37	50	77	-52	30	21	9	18	24	216	-210	101	71	207	123	-7	74	-121	142	322	113	90	33	277	-85	14	66	126	65	
1977	10	136	211	28	119	125	204	167	158	153	-116	35	85	195	190	276	174	-214	-44	14	-5	34	-14	119	-101	-6	37	36	169	179	251	-101
1977	11	52	208	-45	112	308	125	6	84	29	496	2010	765	377	-9	86	41	13	90	37	125	-21	14	32	140	38	104	189	-92	16	-12	
1977	12	61	20	206	257	-254	124	352	120	58	100	319	137	-59	47	101	42	48	226	7	23	948	456	209	396	187	-29	57	92	-25	62	79
1978	1	-31	-99	432	488	273	82	123	120	51	99	60	47	12	68	84	-112	-19	-32	11	-8	26	178	-167	-12	15	23	4	60	106	-157	10
1978	2	-8	7	-11	152	553	-16	90	74	46	28	91	143	-192	8	0	2	-12	110	165	-162	37	98	29	-32	15	29	-112	-5			
1978	3	-6	16	-4	178	5	-211	-46	-69	-9	-76	58	15	-177	54	-50	123	592	316	205	-39	5	34	32	45	-47	12	20	49	-4	44	-43
1978	4	41	129	-165	-23	17	-71	-50	-2	132	-150	27	-27	9	-51	38	64	-142	-33	9	27	36	29	109	-140	8	8	27	-30	12	240	
1978	5	104	-248	23	73	88	178	193	-200	-17	53	-79	65	-1	103	-82	-7	3	57	44	8	115	-79	14	39	44	-15	111	126	7	111	119
1978	6	104	208	367	195	-216	-52	59	-10	66	246	-258	53	109	200	211	132	325	-138	67	219	188	138	126	99	37	58	185	62	-6		
1978	7	35	290	-226	-49	-69	143	-86	102	102	21	-40	-37	68	-114	145	143	156	184	106	120	-91	463	210	40	97	-48	10	34	134	49	-3
1978	8	-22	-171	-43	-55	96	4	82	115	93	6	54	135	11	-30	16	6	59	65	52	232	108	7	57	6	187	211	90	47	32	46	71
1978	9	20	120	-18	61	446	223	181	134	90	100	0	-16	15	109	30	-40	31	-7	245	355	138	181	79	140	40	68	313	285	268	291	
1978	10	611	244	219	129	153	228	371	193	148	126	128	267	303	184	283	965	740	293	119	94	225	88	41	18	45	71	55	85	54	-2	79
1978	11	50	160	-31	62	65	-86	34	487	261	140	130	420	100	71	-36	-28	16	28	90	-11	-50	-23	78	-7	106	75	-58	35	155	49	
1978	12	112	36	130	-95	30	-45	64	-4	669	1527	506	414	104	75	104	116	-25	139	124	90	37	46	114	26	96	7	-86	-39	23	5	8

Tabla 5.41. Continuación

PEÑITAS																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1979	1	0	-36	287	140	-47	160	66	-118	196	43	63	6	53	81	397	167	135	-25	-132	100	92	-96	-29	-93	60	9	28	118	-179	36	18
1979	2	115	33	125	48	43	-187	29	-12	35	75	105	-165	14	-55	-30	-12	32	224	61	127	104	-18	46	37	213	27	-55	18			
1979	3	-21	-8	-2	128	-202	-80	-107	-5	58	73	270	2	132	145	-1	-2	1	130	-114	24	95	5	15	-7	-53	-144	-20	38	-77	-23	16
1979	4	6	-17	19	103	1	-81	90	88	-46	98	74	-5	-43	-56	40	-56	-8	24	-105	82	117	62	-126	-60	13	-62	-51	127	27	-67	
1979	5	189	-195	-56	-8	108	-77	-95	-65	-61	107	-113	94	-79	118	284	19	11	95	23	57	-174	42	-155	97	87	39	-31	-70	19	0	-3
1979	6	88	4	-20	-45	-39	-52	-21	-51	182	267	118	264	851	558	503	281	187	-34	20	-11	84	133	81	27	-116	-1	77	131	131	117	
1979	7	153	-99	18	59	14	77	400	459	6	130	98	90	140	174	163	-117	51	180	195	201	430	259	-96	190	49	144	50	130	94	-30	86
1979	8	129	37	70	172	320	-36	110	50	107	69	52	124	-151	69	50	379	264	254	166	-49	492	221	186	178	316	237	-90	123	131	118	174
1979	9	178	223	12	134	215	166	140	483	198	21	351	307	362	375	1366	2365	503	195	101	165	89	152	116	186	1551	719	355	227	228	210	
1979	10	53	135	412	303	605	375	217	11	201	236	889	344	266	209	106	115	166	127	134	216	111	66	173	167	64	142	203	116	-7	114	128
1979	11	470	359	199	323	220	209	186	164	125	209	137	-41	91	420	245	156	170	143	34	294	-84	133	81	317	110	140	151	131	485	784	
1979	12	250	344	175	189	350	250	159	259	1208	252	172	306	-26	153	322	307	823	1748	752	345	138	126	113	125	408	151	180	182	261	104	81
1987	1	133	-88	285	118	-93	149	95	68	75	47	196	251	179	72	122	80	89	98	-184	448	93	147	155	155	94	76	117	103	62	90	78
1987	2	83	66	75	10	61	103	147	44	302	227	130	-61	41	59	23	65	15	-19	22	3	37	258	86	103	-20	91	-80	170			
1987	3	94	64	42	81	241	289	147	131	89	7	113	82	105	59	128	14	24	56	44	75	50	72	41	65	1	-221	-183	80	28	44	-19
1987	4	13	-54	-42	179	115	43	6	73	14	75	61	39	24	184	-102	28	71	39	64	-125	-196	463	-390	-362	880	-8	-282	389	12	-626	
1987	5	5	36	67	9	43	101	-84	-196	39	74	36	24	-36	-31	-12	31	75	-5	46	-30	13	8	16	29	87	25	-50	12	23	237	-49
1987	6	17	49	-78	14	49	108	212	108	103	122	228	30	52	-53	240	88	47	30	174	-20	95	104	200	-2	104	131	153	118	80	149	
1987	7	71	206	64	417	191	140	109	95	122	126	142	67	79	74	118	126	64	130	163	72	-20	211	119	6	374	399	146	161	264	178	234
1987	8	132	25	274	84	146	93	294	249	332	213	172	16	120	91	84	130	-7	115	128	125	115	17	137	101	89	58	78	90	6	154	78
1987	9	138	126	287	105	285	310	497	292	201	102	183	150	204	260	103	36	127	104	50	71	82	251	149	1295	677	260	187	122	176	166	
1987	10	791	516	655	772	426	137	154	96	117	161	248	434	265	230	96	51	110	100	21	68	131	137	-6	90	190	14	74	45	51	87	-20
1987	11	86	43	78	94	21	226	-51	54	67	78	286	250	124	178	115	36	116	78	94	498	397	163	73	166	-8	69	84	156	118	88	
1987	12	94	62	41	115	93	50	47	90	95	57	66	44	64	76	81	64	126	72	91	56	74	88	45	69	113	93	80	64	425	483	230
1988	1	138	135	243	304	247	170	160	103	167	326	382	186	226	571	402	36	299	66	122	109	49	61	60	91	87	139	62	58	31	829	97
1988	2	17	84	-3	-56	130	443	450	237	125	102	25	310	351	220	126	106	106	84	81	21	144	196	87	245	206	160	149	177			
1988	3	41	91	41	32	57	109	73	53	51	98	9	93	44	17	59	-12	-60	21	130	140	102	66	7	20	32	30	10	87	29	10	2
1988	4	31	56	19	25	14	41	94	196	78	21	88	37	122	37	6	16	59	72	15	-166	15	-23	8	44	-13	-5	22	1	3	-7	
1988	5	-12	38	35	-15	-19	-6	-23	-5	-45	89	-103	-134	43	-38	24	-59	-76	-68	-76	15	-61	75	-119	-2	-20	-17	-94	79	3	-38	-47
1988	6	7	23	-12	-46	10	56	-16	-16	-8	-69	120	-6	-52	179	72	96	29	127	90	108	134	67	183	146	86	57	82	82	86	69	
1988	7	25	169	128	60	71	36	105	25	67	24	73	110	87	184	71	88	110	79	45	53	71	45	-19	66	75	83	-22	72	57	22	-106
1988	8	89	88	38	69	35	50	49	102	104	46	127	229	204	418	270	102	108	83	-547	677	139	247	220	102	288	251	118	462	508	296	170
1988	9	228	269	119	69	-13	0	-25	-44	-7	-46	42	5	59	90	54	56	93	94	-62	22	-17	38	60	52	39	60	439	329	218	-25	
1988	10	352	315	307	1556	846	1008	916	921	432	240	288	111	200	124	89	51	69	90	82	38	78	61	80	-30	157	214	155	31	169	96	98
1988	11	186	101	20	200	31	94	10	104	8	-61	41	-37	96	45	32	-3	-5	32	15	159	341	150	105	91	-8	50	28	1259	1218	297	
1988	12	149	119	62	96	42	62	38	-6	59	93	43	478	604	204	156	52	93	75	54	16	39	20	10	36	47	53	2	10	124	73	17
1989	1	59	57	-16	84	-38	66	0	42	41	41	46	7	1	57	52	105	166	82	3	31	304	448	207	75	56	57	17	31	23	31	10
1989	2	27	29	30	-20	50	2	102	87	325	950	400	164	139	83	22	61	16	93	262	57	42	21	80	10	15	88	67	-6			
1989	3	21	16	35	23	42	5	58	104	45	2	49	27	12	10	-3	3	3	1	13	3	27	259	157	122	81	21	60	6	50	-8	37
1989	4	-6	51	27	-21	41	29	50	-1	42	14	0	16	-12	-5	84	75	-23	-30	5	68	17	35	65	-9	-15	-43	-65	141	-169	113	
1989	5	39	-7	-46	-49	34	-30	116	-19	-20	61	-51	-8	-8	44	-43	-75	32	-34	23	-38	61	-31	-25	-8	-83	25	-27	73	-56	32	-3
1989	6	112	1	76	52	-71	3	14	-43	58	25	16	-12	-8	-6	78	148	425	61	69	498	-301	96	73	7	29	-56	17	28	64	-6	
1989	7	71	-82	2	71	57	6	56	159	46	104	-21	131	24	-72	62	30	58	23	12	16	28	12	36	21	50	-41	237	15	135	96	52
1989	8	34	42	23	19	-21	47	28	17	-2	44	6	-36	76	12	13	28	95	54	-2	79	90	53	75	-5	-8	67	51	75	89	82	-15
1989	9	134	113	44	144	225	229	111	2	127	88	42	128	12	41	175	1252	580	280	164	160	189	144	1059	1203	333	441	394	647	641	978	
1989	10	861	348	378	98	74	100	115	104	157	368	439	425	104	153	122	89	123	307	1562	1167	297	163	97	89	13	-27	42	75	44	21	97
1989	11	49	25	42	16	28	42	82	56	122	72	81	119	34	37	-2	75	78	15	429	498	149	-49	509	429	214	133	58	58	148	350	
1989	12	346	171	381	547	196	155	64	170	235	108	69	117	166	138	41	32	134	49	58	182	102	418	682	1192	-29	209	104	20	28	89	14

Tabla 5.41. Continuación

PEÑITAS																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1990	1	113	149	41	71	1	76	157	331	245	90	72	53	98	110	-1	47	54	14	10	20	86	64	22	13	83	178	216	108	252	186	117
1990	2	57	82	12	206	439	187	51	109	53	-13	104	102	23	65	36	-2	80	97	10	67	68	83	78	150	61	58	61	10			
1990	3	56	50	75	66	43	43	7	38	14	42	29	71	-94	6	60	24	171	123	32	225	164	102	-20	-23	144	112	-75	194	45	42	-25
1990	4	39	-30	-3	-20	112	-126	9	51	-52	28	-2	242	78	50	32	-10	13	7	-64	-31	-12	49	-13	1	-16	-20	-97	-56	-62	-21	
1990	5	51	-111	-7	-2	19	69	59	27	-51	75	-59	39	20	-101	23	-73	-41	-57	-66	16	-64	62	45	-3	14	16	46	-60	51	-68	-24
1990	6	-43	-8	-34	3	10	-3	10	-111	-10	67	-66	10	90	22	31	-23	42	36	-32	13	-41	23	51	24	15	-10	-5	-22	65	-3	
1990	7	108	29	29	56	109	16	52	31	64	59	12	82	1	43	96	-15	42	19	31	120	17	62	12	84	-3	32	-58	75	46	52	101
1990	8	17	57	58	-81	112	64	43	68	-8	34	17	64	-30	56	-30	-9	9	37	17	19	51	-5	31	54	12	49	113	50	-6	37	20
1990	9	57	134	234	123	184	159	366	90	101	66	73	51	59	68	58	80	81	29	44	53	88	138	118	726	300	363	297	468	345	373	
1990	10	388	102	61	69	251	248	216	370	161	147	693	299	186	91	54	124	152	199	295	124	97	392	1230	397	506	497	225	126	108	137	123
1990	11	203	96	110	65	147	101	96	64	134	691	350	207	175	238	753	483	411	230	171	135	108	79	57	52	56	-5	112	5	93	774	
1990	12	747	259	124	1540	1145	312	240	424	288	191	170	149	-93	312	82	-1	28	79	87	23	-42	-79	353	684	-1	108	171	-41	42	32	37
1991	1	263	166	117	279	222	52	201	263	83	57	62	38	126	98	94	61	41	50	27	16	84	-1	21	62	75	175	61	97	49	66	360
1991	2	1111	465	172	194	101	116	568	889	347	169	91	66	38	28	82	35	36	39	9	5	190	315	486	230	128	76	81	522			
1991	3	-405	61	68	13	86	24	66	17	45	22	88	32	9	34	74	-21	23	37	9	8	0	15	-16	161	-104	-12	57	30	-7	44	42
1991	4	162	51	52	43	23	-2	29	32	43	-31	47	-28	-39	49	49	-24	-36	56	-27	-9	24	-21	31	-12	21	-14	29	-156	167	17	
1991	5	-6	-27	52	-17	-60	15	50	27	6	-23	-9	25	16	17	-2	-2	-19	-15	-20	-7	21	-25	-13	-12	5	-16	14	36	-36	-74	-13
1991	6	-67	6	-14	-3	22	56	-84	-24	44	-1	5	14	-39	51	-388	387	7	9	-31	-1	-34	71	8	29	110	67	39	59	-13	32	
1991	7	39	67	1	51	112	47	-14	15	1	30	3	-10	-29	79	10	-15	-24	69	-10	-36	83	-24	2	58	-6	10	35	1	60	25	-20
1991	8	25	37	39	39	61	64	-9	6	-10	39	22	-7	23	67	-41	29	15	8	-17	-12	19	194	96	132	100	68	28	119	168	9	91
1991	9	120	13	56	68	62	27	87	34	28	31	57	37	53	79	37	17	95	31	39	71	218	344	237	185	273	358	439	309	403	250	
1991	10	322	1112	231	87	160	105	280	181	163	291	378	289	128	167	66	161	82	-2	56	84	241	571	353	185	128	122	90	67	35	39	30
1991	11	209	507	354	425	406	204	137	123	405	30	147	46	71	42	90	318	-204	23	83	42	1156	226	233	900	539	169	190	128	127	31	
1991	12	44	81	59	206	209	183	122	87	80	88	57	51	39	82	29	457	293	191	87	109	84	28	73	103	148	73	149	765	524	214	118
1992	1	347	472	410	238	163	124	76	43	95	14	66	86	98	91	133	62	135	106	227	566	300	159	100	238	182	139	51	80	145	212	256
1992	2	196	155	139	112	83	57	65	51	69	43	22	78	2	47	30	60	15	37	17	185	190	81	58	53	42	111	49	64			
1992	3	94	-550	718	37	27	24	25	-30	104	2	64	81	60	106	86	52	71	15	13	17	32	-1	-14	41	23	34	50	15	8	44	67
1992	4	25	21	49	-6	5	44	14	46	53	-28	31	7	22	45	1	37	23	19	6	-10	39	0	28	6	31	14	37	-37	34	-9	
1992	5	-57	-49	111	-12	-24	-21	-14	-10	39	-37	10	-10	-21	31	-8	-66	21	-1	-43	8	-16	-73	-34	14	-53	-68	23	-31	-14	7	9
1992	6	-56	-13	-12	9	-66	-10	28	-15	-44	-36	-54	-68	5	37	106	-35	334	365	-41	123	106	86	257	75	30	32	79	5	-51	-12	
1992	7	-93	39	-64	65	15	57	-43	49	59	12	9	22	147	35	59	14	1	31	124	-17	75	-44	10	131	104	24	130	34	-5	42	5
1992	8	52	3	27	13	30	19	23	-58	161	140	146	106	109	191	216	272	125	194	117	141	117	-15	34	-17	10	28	-34	47	10	79	32
1992	9	562	-635	64	39	-45	271	176	321	255	149	94	155	148	135	36	127	53	80	67	78	126	34	51	152	240	191	187	236	1318	1236	
1992	10	719	436	190	137	270	559	226	211	109	113	109	125	104	105	108	8	91	177	132	359	462	488	259	257	134	61	84	68	56	32	60
1992	11	43	118	12	241	709	471	219	119	116	68	41	128	53	196	242	184	135	101	139	15	69	17	90	35	37	197	634	624	231	160	
1992	12	108	79	62	50	75	22	44	28	53	76	218	91	74	31	52	83	29	62	31	47	12	56	-9	61	42	35	68	76	60	37	58
1993	1	47	27	36	52	64	17	29	28	51	29	43	-7	183	97	51	46	66	49	17	31	50	14	13	50	46	192	139	0	8	125	57
1993	2	54	31	47	43	-19	79	146	89	53	54	39	76	0	61	49	57	-5	112	258	125	90	62	6	72	30	20	45	51			
1993	3	36	12	7	-2	25	9	41	112	42	43	36	13	65	96	44	66	-22	68	9	-2	28	20	9	25	7	-32	32	-16	41	16	-6
1993	4	29	-6	56	44	-1	35	15	24	-19	64	50	-372	0	7	-20	17	-13	30	39	-2	52	-2	-191	194	41	-9	31	31	5	-41	
1993	5	57	-29	-16	31	38	-98	9	-370	329	9	125	61	22	45	-8	36	-12	17	75	-31	-13	12	5	-8	19	20	23	-9	-3	1	-31
1993	6	34	24	-27	7	9	-43	-19	24	-27	2	47	0	-41	144	213	544	434	394	181	34	71	84	116	75	10	530	58	277	175	260	
1993	7	219	79	15	115	125	35	22	41	96	58	62	13	39	-7	-9	23	-2	12	-87	-6	-13	-45	28	62	20	44	23	12	30	16	-5
1993	8	50	31	-5	74	24	-38	83	28	51	263	149	80	-796	953	183	288	443	185	147	222	209	60	75	52	-32	62	259	192	175	31	46
1993	9	71	98	100	72	113	-23	17	189	-184	189	112	56	-81	7	42	115	105	150	146	50	74	90	65	91	72	94	100	318	374	104	
1993	10	201	303	485	274	272	545	1156	242	187	169	273	218	248	178	150	64	113	29	123	9	249	810	1583	770	236	-454	145	139	125	347	802
1993	11	309	214	111	122	64	105	310	212	191	237	112	112	124	71	74	66	95	91	72	51	66	131	75	53	66	12	62	221	206	66	
1993	12	62	60	60	15	47	86	41	43	0	9	162	142	58	153	-9	37	22	16	25	69	71	29	8	50	346	288	152	87	65	96	267

Tabla 5.41. Continuación

PEÑITAS																																
Ingresos Diarios por Cuenta Propia (m ³ /s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1994	1	216	233	110	101	28	164	275	207	543	153	735	-541	74	130	141	53	91	225	1023	370	194	61	122	93	49	35	42	25	74	21	-13
1994	2	27	219	111	58	60	67	76	14	83	-22	154	38	109	267	112	101	308	231	-199	365	57	39	43	228	124	54	123	45			
1994	3	45	91	75	43	72	43	-15	46	29	281	208	126	119	61	44	46	35	22	6	6	-1	38	38	-61	1	-5	3	19	709	-699	116
1994	4	35	97	47	7	44	-10	241	248	130	21	38	9	47	15	-27	-28	20	62	25	-13	42	0	14	59	-7	8	27	-7	-6	-27	
1994	5	49	-1	8	10	19	43	-42	16	-20	58	-65	16	7	-21	37	35	8	-3	17	-35	14	0	-54	-21	7	108	3	-32	46	34	34
1994	6	-3	20	-9	-37	15	-58	47	-14	29	7	32	-28	69	-30	49	-37	6	-54	38	-25	17	13	-5	-2	12	14	-12	-16	3	19	
1994	7	-17	8	39	-6	103	118	-16	25	-16	-20	-14	27	-6	-22	-6	-51	39	68	-76	102	46	-5	75	37	91	43	29	-15	37	23	-424
1994	8	-21	53	5	59	27	5	98	44	25	123	23	193	328	198	221	94	172	61	83	52	22	84	7	61	91	60	46	108	68	47	32
1994	9	62	79	68	133	93	128	127	74	81	38	88	-7	87	248	81	79	46	459	339	428	270	130	152	90	172	192	314	218	144	62	
1994	10	90	42	131	149	113	123	91	78	407	1243	1038	606	372	312	192	130	118	76	57	59	27	57	30	71	54	109	194	72	93	43	5
1994	11	84	119	51	-13	57	53	45	73	38	58	15	45	-9	98	28	31	49	46	65	-14	25	32	29	30	50	12	37	36	16	111	
1994	12	194	319	69	79	35	2	30	31	744	359	-780	44	78	15	25	20	17	78	119	44	14	47	75	35	47	62	31	15	39	30	6
1995	1	23	206	103	289	569	244	178	522	153	88	84	65	10	79	101	37	57	46	60	137	74	80	72	49	46	44	21	52	24	61	62
1995	2	21	52	24	326	542	-192	72	82	52	30	37	43	8	20	22	15	28	35	109	632	153	100	82	59	56	34	46	7			
1995	3	25	25	28	28	22	24	22	289	344	184	103	73	78	61	46	46	36	50	23	36	36	9	16	-3	-6	-15	34	-14	8	14	16
1995	4	9	29	9	28	-28	21	49	-54	31	-13	5	19	84	76	19	49	28	28	36	24	30	21	8	366	497	190	68	30	74		
1995	5	13	61	20	-5	22	38	19	29	7	-22	29	0	-1	14	5	21	10	29	28	27	25	17	35	44	-12	42	3	21	19	19	-1
1995	6	44	8	50	16	39	34	34	28	1	27	12	12	196	196	47	140	174	395	168	256	137	113	100	93	244	123	245	123	86	49	
1995	7	27	74	58	58	24	24	116	212	299	382	206	126	363	106	82	93	49	51	51	16	29	-14	53	104	110	94	125	123	144	82	31
1995	8	122	36	72	154	308	341	147	120	15	-15	-28	-28	27	46	122	23	41	45	142	249	7	56	-3	-2	10	123	19	132	301	86	300
1995	9	229	102	222	108	-144	65	762	326	160	102	-42	93	50	37	91	42	7	95	128	132	97	109	306	779	355	344	367	490	362	262	
1995	10	478	286	238	227	60	395	520	209	166	32	184	610	233	81	213	149	135	14	20	20	59	56	3	74	172	322	35	-34	96	69	49
1995	11	98	8	64	50	100	81	20	16	3	50	-13	906	51	141	81	75	34	0	101	229	135	86	97	46	49	31	13	110	49	6	
1995	12	16	42	69	9	32	10	58	-24	69	361	669	229	130	97	28	5	65	-46	98	-5	27	7	171	23	142	201	190	161	139	128	27
1996	1	125	41	88	51	87	-34	361	291	95	47	117	-76	115	49	1	74	3	-21	133	20	54	30	20	25	36	101	122	227	109	62	-17
1996	2	80	-25	66	123	-12	79	36	30	-2	32	22	6	17	176	28	57	-38	37	19	14	5	-29	29	-5	45	-10	10	47			
1996	3	-58	88	25	2	-9	-28	38	186	96	89	-41	6	23	6	3	-6	13	61	-34	13	16	28	14	14	-3	-36	20	-14	-60	-6	42
1996	4	-2	46	16	19	22	-50	71	-1	-2	-19	17	-53	-27	28	-60	152	31	-9	-14	-5	-60	49	1	-14	41	-43	-20	-5	12	1189	
1996	5	201	15	54	17	8	-54	1	-69	31	6	1	110	-10	-10	2	8	-8	-9	21	-25	35	-72	-25	-10	-53	22	-35	22	-50	-36	52
1996	6	-23	91	144	229	96	44	-13	67	88	27	-8	27	-66	13	9	10	-39	-29	-12	8	-30	-57	7	-36	-91	95	-54	103	89	-178	
1996	7	222	133	90	126	200	154	73	52	-1	6	47	50	-13	32	37	94	38	221	175	75	79	-8	-3	-16	-27	-8	-5	52	54	115	376
1996	8	110	-10	61	46	35	-43	47	149	81	169	315	126	120	116	34	138	-3	36	80	75	179	252	149	89	122	118	37	38	61	16	-6
1996	9	53	23	54	2	-20	64	75	69	94	537	514	292	126	178	79	84	64	75	78	50	69	123	71	96	110	69	39	124	565	466	
1996	10	153	110	113	491	542	315	760	403	200	156	156	90	227	167	365	234	159	133	78	52	82	41	506	127	17	90	47	29	29	56	-41
1996	11	29	61	118	147	75	60	32	359	668	214	135	90	51	90	61	49	25	400	425	159	106	51	30	69	124	593	315	185	7	144	
1996	12	110	716	179	178	94	74	67	54	91	76	-28	72	59	58	-8	52	75	47	277	222	155	53	89	83	255	101	54	65	30	54	42
1997	1	54	32	-3	42	9	52	-7	51	43	-28	27	36	53	127	36	31	152	46	94	14	44	-8	94	-12	-20	146	39	15	326	116	-30
1997	2	103	-2	82	41	42	42	19	66	-39	29	21	-88	65	42	447	351	644	404	169	84	64	226	293	230	101	42	56	67			
1997	3	-28	115	71	59	61	12	52	6	52	10	38	58	-52	46	68	96	-8	-14	45	194	89	66	37	24	-5	517	10	-825	2	29	53
1997	4	27	23	32	1	14	3	-20	-275	329	20	19	-1	39	43	37	27	226	197	50	32	32	14	12	-13	0	23	-21	-12	8	-5	
1997	5	0	-35	-102	163	84	21	-13	-9	-13	10	24	27	-31	8	-5	-39	66	-1	56	2	152	113	39	17	16	-39	25	95	-30	9	32
1997	6	84	-51	3	42	72	10	-46	17	9	62	2	59	3	0	-39	-15	37	-16	-28	25	17	21	43	-21	22	-25	72	38	-28	8	
1997	7	214	169	87	79	46	45	20	-16	37	31	6	103	-23	-7	174	101	53	12	82	-49	1	5	27	87	-46	74	42	14	16	89	5
1997	8	-3	20	42	96	8	102	94	-38	47	37	39	47	38	38	67	-5	39	60	3	-23	62	61	30	94	93	231	193	164	89	134	56
1997	9	103	109	134	218	218	291	146	133	141	237	308	168	168	122	30	96	122	74	79	69	81	119	54	73	64	187	71	97	225	339	
1997	10	235	163	208	142	142	184	358	183	159	146	74	94	80	125	709	1127	681	490	242	109	122	84	103	84	16	54	288	562	234	155	68
1997	11	82	79	406	84	93	69	49	78	19	111	35	66	19	56	81	403	516	368	193	229	127	83	196	141	328	265	242	138	95	485	
1997	12	302	183	81	60	204	163	116	104	28	54	72	66	171	194	131	96	73	64	82	9	36	44	42	29	39	32	93	62	134	65	60

Tabla 5.41. Continuación

PEÑITAS																																	
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m ³ /s)																																	
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1998	1	52	60	61	22	25	60	2	15	8	25	28	39	59	20	46	16	37	29	46	27	30	46	44	39	28	24	57	72	41	53	8	
1998	2	31	28	56	44	44	43	20	69	-36	32	24	41	1	21	12	6	21	36	12	30	37	5	31	6	59	1	7	9				
1998	3	13	-1	38	31	9	-16	37	-19	9	24	-20	72	-10	25	3	17	12	7	6	36	3	13	29	41	27	32	15	10	15	16	50	
1998	4	-38	35	3	17	13	19	-14	19	1	45	21	24	19	42	7	7	10	27	14	-9	24	32	12	20	29	-2	28	56	12	17		
1998	5	14	7	-20	30	25	34	27	10	16	-7	-3	41	35	-1	2	35	-25	1	21	41	5	19	23	-7	15	41	21	3	2	29	-9	
1998	6	23	67	6	22	28	10	-1	12	57	2	20	-666	-36	2	10	68	23	23	-9	-7	-8	60	45	64	29	22	102	-13	24	39		
1998	7	36	52	31	32	30	39	13	71	162	105	47	61	17	76	60	88	49	124	119	37	72	75	20	49	295	166	159	113	69	67	79	
1998	8	103	154	236	137	109	106	53	80	57	134	74	66	47	80	81	34	71	42	53	155	285	281	138	104	123	94	126	100	91	73	90	
1998	9	47	72	106	444	584	441	409	339	167	46	-38	23	84	25	82	51	-21	67	54	5	24	69	47	-34	66	86	106	42	117	52		
1998	10	47	7	52	19	68	64	14	285	942	184	72	179	285	387	389	463	192	205	123	149	1609	245	749	449	125	161	269	575	1	924	269	
1998	11	389	851	633	209	233	146	115	34	82	-2	-50	5	-60	38	3	19	-2	50	-100	-74	83	25	220	311	178	187	109	32	31	66		
1998	12	20	5	60	-3	44	34	30	3	35	-7	62	6	306	471	197	110	62	98	62	14	14	76	51	13	101	91	52	72	27	28	39	
1999	1	81	-31	90	10	84	43	52	20	24	284	164	90	72	97	45	3	75	39	21	88	19	35	21	23	30	73	19	29	17	39	93	
1999	2	59	22	51	1	95	-13	46	43	38	28	-56	46	645	542	213	159	71	42	96	9	105	181	123	88	43	52	19	42				
1999	3	21	91	-24	43	56	42	-13	49	9	19	6	-53	19	64	2	24	-7	-25	-14	58	78	46	1	38	22	-2	-14	6	22	44	-418	
1999	4	3	1	38	42	3	-27	22	-57	-25	-45	46	-43	6	6	5	-24	186	174	216	23	56	44	28	2	24	-49	-35	50	10	-17		
1999	5	-6	50	-5	-19	-24	5	-46	23	15	30	-16	0	-19	15	42	42	-57	-5	17	2	-32	-68	31	-9	-27	-71	-68	-9	17	-39	-10	
1999	6	-47	-61	-24	-25	-28	-20	13	35	-15	34	-43	24	-12	25	35	117	15	41	46	80	65	64	21	46	-10	53	-1	9	-21	-14		
1999	7	17	147	32	103	-2	39	-38	14	35	-9	170	190	30	6	83	39	60	78	30	25	15	72	37	7	35	82	-41	-12	3	-7	57	
1999	8	49	27	16	21	-15	-8	44	56	5	64	16	68	0	72	8	116	86	212	139	1	104	170	80	20	73	46	28	132	65	156	200	
1999	9	75	235	321	69	80	0	110	56	95	178	168	116	301	285	667	476	544	255	187	75	68	164	73	157	79	123	130	174	333	358		
1999	10	786	1410	738	586	206	156	255	108	53	196	361	330	90	208	464	44	-54	-36	433	1913	1650	1399	931	-728	-83	-142	-51	32	78	102	54	
1999	11	39	103	-21	-78	-74	-84	128	406	86	2	-22	-1	22	-75	-115	-120	-125	-157	-153	-168	-199	-134	-1	65	-7	-3	-72	-108	-16	-46		
1999	12	-1074	-1013	-1028	-971	-748	-894	-819	-838	-867	-874	-582	-524	-619	-544	-839	-723	-625	-598	-624	-653	-756	-422	-751	-175	-169	-226	-316	-516	-535	-780	-780	
2000	1	134	168	109	524	1407	416	182	174	126	87	64	62	99	103	184	55	113	48	68	24	49	66	4	21	34	22	-10	9	24	34	70	
2000	2	33	53	246	334	167	133	98	89	58	34	87	26	61	94	14	45	63	89	57	10	4	35	28	53	104	7	57	63	38			
2000	3	16	69	-16	69	57	-3	23	-9	49	0	61	204	75	13	3	71	134	-18	59	86	27	-3	27	0	33	-11	30	38	30	28	-23	
2000	4	57	-22	75	116	40	72	2	0	19	9	61	47	52	36	56	29	-8	54	3	28	14	-5	25	34	64	65	70	86	27	0		
2000	5	7	18	26	60	47	8	-2	84	41	25	39	10	37	53	92	111	79	51	55	118	121	114	50	64	54	67	38	54	71	100	116	
2000	6	142	148	111	123	127	127	110	169	155	111	38	115	170	120	94	59	-44	-116	-49	60	43	30	-58	-93	-96	-84	-53	18	29	7		
2000	7	18	58	-3	-31	-26	1	15	81	46	56	114	67	123	18	74	14	22	40	99	93	15	45	7	93	148	79	86	122	30	124	78	
2000	8	84	334	315	199	105	51	59	227	172	114	184	371	167	133	96	95	121	112	135	134	99	243	233	125	144	73	467	290	511	473	193	
2000	9	191	107	83	154	124	321	133	115	141	17	268	345	327	281	212	425	389	421	466	230	139	118	72	36	113	205	1218	426	1323	1099		
2000	10	995	408	306	196	180	280	297	410	2012	853	428	742	419	260	340	286	207	173	133	162	162	160	75	306	334	257	203	115	196	195	191	
2000	11	143	103	153	126	203	105	115	185	81	93	105	171	101	129	150	154	102	41	94	682	215	178	139	184	138	193	160	160	164	173		
2000	12	297	215	173	236	183	290	134	149	106	101	95	94	159	111	99	82	306	184	792	503	190	149	116	157	154	97	162	271	211	289	186	

Tabla 5.41. Continuación

PEÑITAS																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2001	1	109	169	34	91	131	98	147	108	50	90	72	27	76	59	58	-6	43	12	27	27	58	39	71	27	35	37	20	2	41	46	28
2001	2	145	-84	206	609	275	576	299	91	78	74	75	142	65	34	87	17	12	866	1338	508	147	140	44	74	65	36	56	61			
2001	3	7	-7	10	43	32	17	-10	12	57	-32	41	-41	83	-35	41	23	-72	30	-10	83	28	75	9	-1	1	36	23	3	82	-67	53
2001	4	-45	-42	12	69	-20	14	-13	38	12	7	8	8	-6	45	21	10	-10	-13	13	-22	-17	14	27	-37	-64	1	133	17	222	74	
2001	5	12	44	43	10	-47	56	-14	-7	35	12	8	65	9	166	27	10	41	-12	10	19	32	-36	-71	3	-97	-20	-3	66	-5	14	43
2001	6	-49	8	14	-14	-13	13	-15	-1	-14	-20	-8	-9	-10	-12	1	-45	-22	-45	2	-5	-17	23	5	6	20	-20	42	9	8	23	
2001	7	-104	31	-14	-2	38	-23	0	74	-56	45	49	88	17	-10	53	-13	10	13	88	50	14	28	-9	19	10	44	5	-28	-25	8	35
2001	8	142	125	195	142	94	153	77	61	35	71	105	257	68	154	111	140	63	117	138	148	138	198	127	167	292	216	194	111	63	68	86
2001	9	45	95	40	57	88	222	172	142	188	246	164	116	178	105	437	218	207	145	151	145	28	7	84	221	101	142	285	682	932	-13	
2001	10	206	186	144	165	58	112	41	81	170	159	107	93	69	141	172	523	988	577	373	209	192	144	47	77	222	305	280	348	199	34	167
2001	11	126	54	185	718	459	202	161	145	68	56	60	78	103	45	42	75	17	33	88	54	32	28	88	36	56	80	69	24	61	117	
2001	12	95	45	24	52	29	81	20	91	-31	104	29	89	61	72	63	29	10	394	357	993	524	227	121	79	73	338	222	161	101	53	69
2002	1	72	184	514	494	288	164	140	102	100	90	53	97	40	81	41	87	50	45	20	44	59	69	54	75	217	452	210	139	109	99	54
2002	2	192	362	136	98	120	94	558	881	328	224	999	575	267	226	182	364	433	191	143	110	89	176	250	124	88	85	391	280			
2002	3	258	95	63	303	309	171	140	100	100	72	121	81	63	43	53	34	-55	23	38	1	82	209	143	67	87	59	181	195	107	36	43
2002	4	71	91	92	57	77	103	43	22	41	82	76	7	48	55	30	46	64	61	7	38	41	30	53	45	77	11	59	26	21	56	
2002	5	57	15	50	62	42	42	49	59	30	47	14	-28	67	66	80	28	46	51	102	68	67	92	46	35	92	41	72	90	25	80	66
2002	6	57	-13	35	47	48	14	23	61	-26	111	123	113	77	70	66	9	57	89	111	63	58	132	161	158	145	147	163	97	53	-48	
2002	7	20	59	94	96	70	42	5	104	96	119	80	104	132	0	17	21	85	103	15	74	-9	116	94	102	86	125	43	6	37	25	200
2002	8	121	94	59	5	76	60	119	65	73	69	-41	142	92	131	136	102	81	78	-3	14	51	76	61	64	96	148	85	119	142	55	64
2002	9	76	274	144	232	254	140	120	76	112	89	87	69	78	305	114	103	143	64	150	47	28	58	251	223	157	29	62	119	175	198	
2002	10	155	150	141	76	139	113	101	150	108	121	26	115	56	138	211	112	133	61	66	49	96	64	87	48	81	80	-375	48	85	121	29
2002	11	23	-17	79	70	95	244	1451	546	198	140	74	129	1036	480	152	216	373	228	171	95	129	63	119	32	96	105	80	206	148	114	
2002	12	92	130	128	92	72	1109	709	271	108	313	247	143	324	212	122	128	125	95	99	91	137	49	88	37	68	121	103	64	49	78	22
2003	1	71	98	407	243	92	151	118	77	73	82	38	54	37	191	86	92	130	84	29	89	92	109	65	123	42	36	63	38	47	39	31
2003	2	56	29	58	82	30	63	46	83	45	92	82	85	73	70	23	60	18	61	96	32	84	55	-11	40	-13	59	62	2			
2003	3	7	41	15	53	35	37	31	4	49	69	75	38	76	24	39	2	46	19	43	28	51	38	43	62	35	46	66	28	70	167	141
2003	4	79	62	69	57	28	60	22	55	103	121	81	40	50	23	70	63	56	25	36	-19	62	63	90	58	5	52	9	28	38	58	
2003	5	7	32	61	0	38	73	9	40	71	1	-2	55	5	-16	15	9	-5	43	2	15	95	38	29	53	42	58	18	92	81	102	88
2003	6	93	19	42	49	15	0	49	55	23	6	80	70	43	25	70	162	117	146	209	87	124	38	139	133	206	139	96	49	1	94	
2003	7	58	68	67	103	177	110	86	40	53	44	55	-1	134	186	132	130	-13	60	47	46	110	85	71	78	70	21	139	198	57	80	23
2003	8	38	20	83	61	68	-36	78	83	39	31	46	98	127	59	71	82	57	93	112	38	69	65	53	69	21	65	122	80	115	392	231
2003	9	122	-11	192	115	150	78	50	200	60	55	47	97	207	164	319	299	420	249	250	134	136	171	160	181	130	123	180	132	299	498	
2003	10	1065	343	70	131	417	1080	327	374	330	121	128	163	180	218	131	135	182	522	437	280	214	138	79	86	118	44	75	116	57	67	120
2003	11	69	157	149	96	65	68	104	114	624	495	273	146	142	89	93	201	92	163	1045	417	223	143	114	119	608	263	108	1691	1107	449	
2003	12	254	146	82	66	88	77	75	128	114	77	117	117	78	154	89	115	656	316	155	99	82	37	97	46	78	88	67	81	66	673	318
2004	1	164	120	135	86	44	140	888	432	284	1782	862	307	159	104	127	96	66	67	81	95	87	126	114	74	67	85	131	181	83	77	37
2004	2	73	52	166	92	80	83	397	287	189	112	78	104	1121	272	203	162	225	177	130	88	88	76	85	65	24	57	59	85	44		
2004	3	72	53	46	80	59	35	24	63	69	13	41	14	66	50	53	78	47	86	74	88	-28	73	39	91	76	-3	-9	37	-3	111	36
2004	4	105	37	80	78	50	33	-64	27	51	61	55	19	99	86	36	29	48	32	4	22	19	-75	41	61	103	82	-14	7	39	40	
2004	5	2	68	185	420	157	66	66	131	113	-101	62	68	64	76	51	95	149	145	82	230	109	97	68	30	56	94	61	27	80	108	47
2004	6	81	93	32	109	92	45	75	80	60	164	57	72	125	101	91	89	71	0	47	88	21	74	91	66	50	66	10	29	16	101	
2004	7	60	56	26	35	56	89	-13	84	78	116	38	37	113	289	108	59	133	110	103	66	63	89	26	126	56	144	109	54	57	53	32
2004	8	104	72	79	73	-4	13	61	2	68	54	58	36	109	192	327	96	15	30	25	95	108	48	35	75	44	51	49	59	82	39	93
2004	9	65	9	48	34	124	116	82	83	442	246	132	226	114	182	73	181	105	81	198	141	135	184	309	190	324	214	187	421	129	117	
2004	10	111	82	319	273	139	135	118	167	113	54	109	147	696	214	118	82	119	175	139	64	57	84	58	34	71	31	98	15	76	70	-18
2004	11	23	34	445	133	1283	672	306	113	135	83	123	76	50	55	113	89	85	40	44	48	39	69	56	87	261	154	82	124	83	79	
2004	12	87	52	95	46	35	54	73	101	40	166	362	148	64	97	114	84	73	122	273	272	158	109	91	71	119	124	122	121	60	91	33

Tabla 5.41. Continuación

PEÑITAS																																
Ingresos Diarios por Cuenca Propia (m³/s)																																
Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2005	1	32	107	66	65	57	56	26	54	65	46	95	54	55	32	66	34	66	57	34	53	72	74	27	48	43	50	40	37	29	31	43
2005	2	62	85	257	203	124	98	56	93	49	77	80	83	65	53	84	50	71	91	87	35	59	74	58	0	41	12	47	48			
2005	3	31	61	70	29	44	30	85	28	62	87	30	39	37	35	63	45	33	61	43	8	48	47	25	59	45	19	33	44	60	71	46
2005	4	11	80	80	89	102	10	7	37	54	6	42	75	76	24	18	-1	23	13	79	34	27	77	83	-10	62	45	28	41	15	32	
2005	5	14	43	55	17	81	156	36	39	58	11	70	40	39	54	6	49	36	37	71	51	52	24	14	75	60	2	23	116	12	54	56
2005	6	45	59	-7	61	-1	24	-2	20	58	39	42	12	29	23	144	41	73	91	176	122	164	95	79	59	-22	121	132	127	132	139	
2005	7	120	173	-1	57	170	124	33	119	-30	86	53	79	67	142	235	162	222	228	104	161	152	143	180	136	65	135	93	63	103	63	87
2005	8	113	141	115	48	97	228	163	116	118	82	54	51	148	144	108	172	299	171	140	326	980	281	75	97	67	158	82	82	43	102	126
2005	9	43	127	52	173	41	266	175	44	71	55	80	19	104	67	52	86	65	53	94	182	206	204	122	56	177	306	294	270	231	741	
2005	10	252	146	347	663	257	5	18	194	129	143	31	56	90	21	72	23	76	81	63	72	72	79	136	35	42	36	46	36	27	88	44
2005	11	18	59	29	74	66	24	-3	72	36	37	63	43	76	50	71	55	154	221	161	111	165	205	109	89	59	59	76	110	100	35	
2005	12	30	37	23	65	67	688	157	141	843	459	330	304	109	143	129	59	150	424	855	577	205	119	87	82	140	58	75	133	81	47	16
2006	1	62	8	117	77	39	79	87	90	-37	86	90	85	60	274	148	136	33	49	89	-61	130	31	254	407	459	779	150	62	26	69	5
2006	2	11	153	127	10	19	67	167	68	67	27	175	357	209	94	-15	80	42	45	105	18	-7	73	14	23	53	35	467	95			
2006	3	306	-92	116	-34	25	29	32	-61	99	-54	-10	66	-51	42	-35	82	14	-29	35	100	-86	-10	-55	265	162	7	-29	74	-26	-9	-30
2006	4	166	82	-186	47	49	-14	-8	-85	-4	-40	43	371	-189	46	57	6	109	-100	15	-66	64	21	1	-18	37	-84	60	53	10	-124	
2006	5	67	27	45	33	3	-50	-13	-6	8	-54	87	114	-26	-49	14	124	-37	27	-10	-26	-21	24	123	-116	111	-14	63	-47	93	-1	-3
2006	6	-33	95	101	-21	32	187	318	654	388	251	153	52	80	166	240	17	91	34	53	-5	148	-45	70	43	96	219	304	57	180	69	
2006	7	121	40	53	123	107	40	23	156	136	-25	19	69	64	66	31	54	149	81	12	506	253	348	364	80	22	96	152	111	-17	120	102
2006	8	184	-8	209	577	-687	34	250	379	98	-8	20	56	65	111	109	-5	72	89	168	-57	-21	130	51	206	-134	220	-61	139	50	132	-1
2006	9	288	112	222	177	72	254	111	115	313	149	84	176	8	169	-15	-29	191	23	243	261	119	110	47	121	445	59	260	179	99	38	
2006	10	100	192	549	232	492	441	362	293	386	350	407	288	241	167	114	65	114	98	174	42	160	11	215	196	152	69	225	1560	389	97	25
2006	11	88	330	447	248	351	198	163	102	88	95	59	78	74	110	87	500	124	99	92	81	47	-208	376	25	76	-21	1	37	59	103	
2006	12	148	308	40	564	707	214	203	129	212	142	140	131	212	127	62	-12	92	123	27	77	47	105	64	93	12	64	63	32	106	-3	63
2007	1	823	470	178	104	115	41	587	1139	1592	918	244	146	51	12	-14	201	301	236	153	106	90	92	84	69	139	119	112	97	110	6	8
2007	2	163	58	174	-12	116	300	166	108	190	197	159	72	86	73	110	227	89	63	83	106	36	59	136	58	-32	47	79	-27			
2007	3	3	46	27	107	114	101	45	56	-1	273	77	14	61	48	19	53	113	-10	74	0	1	6	-9	70	23	13	12	89	5	-28	106
2007	4	11	-27	59	157	-57	669	-547	10	31	37	199	-97	-44	-85	59	-29	102	1	-32	60	-37	104	6	-22	-32	-46	106	73	0	-20	
2007	5	19	-38	16	38	-34	82	37	-25	100	-23	65	-112	40	38	-29	49	7	115	-18	-22	-42	73	-33	87	-42	8	35	-87	126	75	109
2007	6	-84	50	0	-41	121	100	683	4	107	-30	-51	74	37	131	22	25	-57	-41	41	-21	79	-72	167	-1	23	-6	15	73	33	-24	
2007	7	45	93	-13	4	85	-2	149	-26	-74	44	156	8	55	-5	-27	41	41	-6	-17	109	78	-7	126	-318	51	162	165	-177	72	52	43
2007	8	-5	29	-16	-47	65	26	80	86	70	60	44	96	243	193	201	468	205	130	79	93	10	224	18	180	172	165	0	22	323	223	193
2007	9	147	56	74	66	134	115	206	126	153	153	103	592	130	196	158	-38	117	61	176	171	178	81	33	140	110	11	10	91	64	87	
2007	10	275	62	512	549	494	368	238	469	536	452	1745	1131	316	139	75	513	491	145	123	158	571	537	1132	1793	888	376	210	150	2458	2240	1549
2007	11	1222	966	388	215	-269	175	132	108	96	78	78	60	60	88	57	57	45	51	-48	26	57	32	315	126	83	148	-248	115	69	77	
2007	12	64	51	39	177	76	-66	-162	-390	-449	-90	39	-995	-1234	-569	-264	6	-244	-161	-138	-125	-90	-71	-19	25	21	41	43	108	76	68	198
2008	1	286	1055	-98	141	120	89	96	82	37	156	73	172	158	129	59	161	111	42	438	594	164	141	88	87	34	115	217	118	57	153	118
2008	2	635	761	580	400	663	593	456	346	257	369	355	246	366	43	-177	-278	-236	142	138	213	195	186	126	80	78	180	328	245	131		
2008	3	-15	-45	-33	-35	-35	-117	-90	-1488	-648	-44	3592	1623	146	-28	130	113	112	6	36	81	25	56	78	27	92	-79	-33	-58	-44	-109	-119
2008	4	-303	-151	-98	158	-14	-3	-30	-22	119	105	-28	-57	223	725	-75	106	-85	12	-21	-207	-69	123	-4	-62	-76	-74	-60	547	897	-223	
2008	5	-248	-2	28	124	382	63	127	-478	422	-270	56	-169	-143	-143	-162	-7	76	27	-16	-141	-50	-71	-34	12	1	89	94	142	210	203	629
2008	6	758	294	199	170	73	-26	56	122	139	-159	-158	-16	163	115	47	-77	101	244	-178	47	71	12	31	26	-153	193	287	-166	18	-126	
2008	7	58	288	233	16	148	198	-383	-163	428	442	74	459	287	-302	371	353	-80	-3	166	304	385	164	25	101	89	111	-124	79	135	-278	-130
2008	8	117	106	122	131	157	85	171	128	-196	92	154	122	15	229	11	-4	59	18	85	75	-46	32	51	71	48	39	118	176	138	240	210
2008	9	224	538	133	199	152	129	-31	107	142	166	-70	184	-14	-180	3	215	1005	809	323	-269	107	420	491	430	768	939	1273	479	536	685	
2008	10	153	75	-98	318	123	59	102	511	239	-79	29	261	144	286	491	-180	200	619	653	-87	-454	195	351	263	-29	251	89	72	59	70	12
2008	11	114	44	104	28	-4	55	66	-46	38	304	125	-7	-26	95	502	517	-161	-231	51	-14	-32	-78	212	-24	-27	39	40	24	25	311	
2008	12	-94	-99	112	199	137	-95	234	-198	-29	164	175	278	-393	218	-55	-85	51	66	109	61	-11	-52	-4	27	83	-55	15	246	77	157	58

Tabla 5.42. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m³/s). Presa Peñitas, Tab.

Año	Gastos medios diarios máximos anuales, en (m ³ /s)									
	Duración									
	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días	9 días	10 días
1959	1888	1690	1612	1643	1593	1519	1448	1378	1329	1247
1960	530	409	362	358	344	339	322	304	293	280
1961	1836	1559	1173	945	808	722	654	618	613	597
1962	865	806	707	595	552	566	547	505	484	463
1963	1153	1054	1004	964	935	899	854	823	815	815
1964	1392	1317	1252	1145	1045	934	839	764	704	656
1965	1325	1157	1085	1043	978	919	853	807	765	730
1966	1060	703	619	561	541	508	549	523	528	503
1967	4054	2594	1847	1453	1207	1033	903	803	724	660
1968	1892	1263	958	875	780	708	648	601	561	528
1969	1549	1141	998	920	899	882	855	816	779	768
1970	1861	1813	1717	1543	1435	1368	1298	1241	1190	1144
1971	769	549	450	398	357	372	393	385	361	332
1972	1908	1507	1116	878	731	620	537	499	466	435
1973	1849	1619	1535	1537	1460	1467	1502	1416	1324	1250
1974	1868	1210	921	753	638	564	519	485	442	405
1975	1369	1142	926	776	713	667	623	582	544	526
1976	1007	904	726	609	512	471	434	426	433	440
1977	2010	1388	1090	912	735	627	538	487	467	431
1978	1527	1098	901	779	644	549	486	439	390	363
1979	2365	1865	1411	1152	994	880	804	728	658	633
1987	1295	986	744	683	632	554	500	459	466	484
1988	1556	1238	1137	1081	1049	946	855	787	739	689
1989	1562	1365	1012	833	704	679	674	712	729	691
1990	1540	1343	999	809	763	765	700	643	618	585
1991	1156	788	645	629	611	537	488	452	442	432
1992	1318	1277	1091	927	789	689	618	608	567	533
1993	1583	1197	1054	853	730	610	540	476	436	450
1994	1243	1141	963	824	733	663	596	538	491	450
1995	906	567	493	461	467	449	429	430	416	403
1996	1189	695	539	527	502	452	410	378	391	392
1997	1127	918	839	752	650	562	498	451	410	379
1998	1609	927	868	763	640	556	520	523	481	511
1999	1913	1782	1654	1473	1265	1048	891	785	749	695
2000	2012	1433	1139	1016	1012	911	825	747	686	643
2001	1338	1102	904	715	600	507	445	398	369	339
2002	1451	999	747	610	601	594	547	507	478	460
2003	1691	1399	1082	875	756	705	640	578	527	486
2004	1782	1322	984	846	849	759	673	607	551	508
2005	980	716	615	513	458	436	417	379	361	351
2006	1560	974	725	568	479	432	419	398	393	511
2007	2458	2349	2082	1867	1687	1471	1291	1208	1210	1202
2008	3592	2608	1787	1333	1093	930	813	712	669	617

5.5.3. Cálculo del análisis de frecuencias de gastos medios diarios máximos anuales

Para determinar la magnitud de los gastos medios diarios máximos para diferentes periodos de retorno, se realizó el análisis estadístico a la muestra de gastos medios diarios máximos para duraciones de 1 a 10 días. Las funciones de distribución que presentaron los mejores ajustes fueron Gumbel de dos poblaciones, para el primer día, considerando una probabilidad de ocurrencia de eventos no ciclónicos $P = 0.85$; Gumbel, para duraciones de 2 a 10 días. El análisis estadístico se realizó mediante el programa AX.exe.

Para definir el comportamiento de la distribución Gumbel dos poblaciones, se realizaron ajustes para el primer y segundo día de duración con los datos históricos respecto los ajustados. En la serie analizada, para la duración de un día se observaron dos poblaciones (Fig. 5.82) y conforme se incrementó la duración prácticamente se tenía una sola población. En la Fig. 5.83, se muestra el ajuste para 2 días con la distribución Gumbel, en donde se observa que se aproxima a una recta, de donde se deduce que para duraciones posteriores, el mejor ajuste será con la distribución Gumbel.

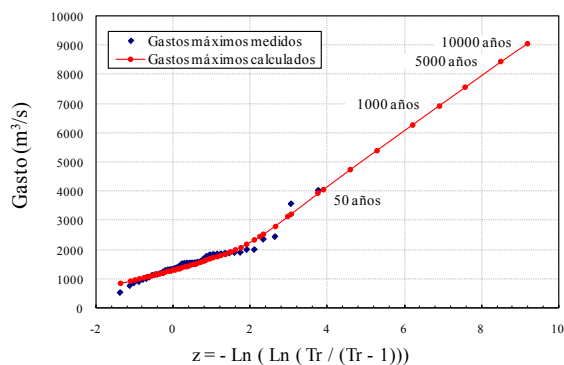


Figura 5.82. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel dos poblaciones, d=1 día, P=0.85. Presa Peñitas.

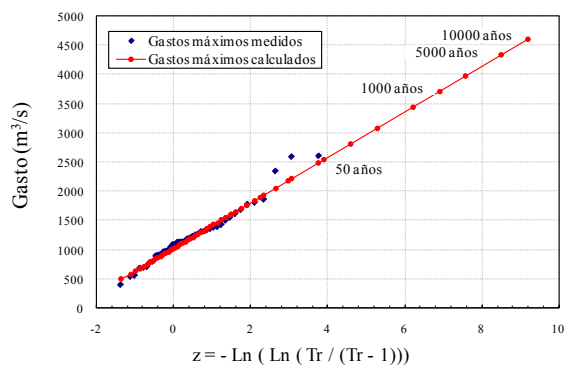


Figura 5.83. Ajuste y extrapolación probabilística. Función Gumbel, d=2 días. Presa Peñitas.

En la tabla 5.43, se presenta la relación de Gastos-duración-periodo de retorno para distintos periodos de retorno y en la Fig. 5.84 se muestran las curvas de dicha relación.

Tabla 5.43. Gastos-duración-periodo de retorno para distintas duraciones. Peñitas.

Tr	Gastos de diseño, en (m³/s)									
	(Doble Gumbel. P = 0.85)	(Distribución Gumbel)								
	Duración	Duración								
Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1446.35	1171.00	970.70	845.02	760.80	692.75	637.95	594.26	564.35	542.47
5	1948.74	1610.66	1327.94	1153.36	1043.54	953.12	883.28	825.83	787.36	754.11
10	2456.82	1901.76	1564.47	1357.51	1230.74	1125.50	1045.72	979.15	935.02	894.23
20	3133.72	2180.99	1791.35	1553.34	1410.30	1290.86	1201.53	1126.22	1076.65	1028.64
50	4065.67	2542.42	2085.03	1806.81	1642.73	1504.89	1403.21	1316.58	1259.99	1202.62
100	4743.51	2813.26	2305.10	1996.76	1816.90	1665.28	1554.34	1459.23	1397.37	1333.00
200	5406.93	3083.11	2524.36	2186.01	1990.44	1825.08	1704.92	1601.36	1534.25	1462.90
500	6272.26	3439.13	2813.64	2435.69	2219.39	2035.92	1903.58	1788.87	1714.83	1634.27
1000	6926.90	3708.20	3032.28	2624.39	2392.42	2195.26	2053.73	1930.59	1851.32	1763.79
2000	7569.00	3977.17	3250.83	2813.02	2565.39	2354.54	2203.82	2072.26	1987.75	1893.27
5000	8431.82	4332.67	3539.68	3062.33	2794.01	2565.06	2402.18	2259.49	2168.07	2064.39
10000	9053.85	4601.57	3758.17	3250.91	2966.93	2724.30	2552.23	2401.12	2304.47	2193.83

5.5.4. Cálculo de la avenida de diseño aplicando el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM)

Con base en los resultados obtenidos en la tabla 5.43, se estimaron las avenidas de diseño correspondientes a periodos de retorno de 50, 100 y 10000 años. Para construir las avenidas de diseño correspondientes a la presa Peñitas, se utilizó el método de alternar bloques, tomando en cuenta que las avenidas de diseño fueran similares en forma a las avenidas del 2003 se colocó el valor del gasto máximo al centro del hidrograma, el siguiente valor, correspondiente al segundo día se colocó antes del máximo, el tercer valor se colocó después del máximo y así sucesivamente.

Para determinar la forma del pico histórico en la porción central de cada hidrograma, se propuso dibujar el hidrograma de gastos medios diarios (a nivel horario con $\Delta t=3$ (h)) registrados del 24 de noviembre al 4 de diciembre de 2003 y el hidrograma horario registrado mediante los reportes del funcionamiento horario por parte de CFE (Fig. 5.85), tomando en cuenta la porción central del hidrograma de gastos medios diarios a nivel horario correspondiente a los días 28 y 29; se procedió a dividir los gastos medios diarios del día 28 entre el máximo valor de gasto medio diario histórico del día 28 y los gastos medios diarios del día 29 entre el máximo valor de gasto medio diario histórico del día 29 (Fig. 5.86), se realizó lo propio con los gastos horarios del día 28 entre el máximo valor de gasto medio diario histórico del día 28 y los gastos horarios del día 29 entre el máximo valor de gasto medio diario histórico del día 29, resultando un hidrograma adimensional en donde se obtuvieron diversos factores en su porción central y así dimensionar los gastos pico para cada avenida.

Para la presa Peñitas se maneja la duración de 1 a 10 días, para que exista una congruencia en cuanto a los días de los hidrogramas de diseño con el hidrograma adimensional se hizo la siguiente aseveración; el primer día de duración corresponde al vigésimo cuarto día de duración del hidrograma adimensional, así el quinto día de duración corresponderá al vigésimo octavo día de duración del hidrograma adimensional. Los factores obtenidos únicamente para los días 5 y 6 del hidrograma adimensional se multiplicaron por los gastos de de los hidrogramas de diseño de los días 5 y 6, de ésta manera se construyó la forma del pico de las avenidas de diseño respecto a la avenida del año 2003.

Se estimaron avenidas de diseño a nivel horario correspondientes a periodos de retorno de 50, 100 y 10,000 años tomando en cuenta el escenario conservador de que durante los días de la ocurrencia de estas avenidas en el vaso de la presa Peñitas se tuviera una extracción de 1440 (m^3/s) en todo momento por la obra de toma de la presa Malpaso, estos hidrogramas son los que finalmente se transitaron. De igual manera se estimaron avenidas de diseño a nivel horario sin incluir descargas de Malpaso.

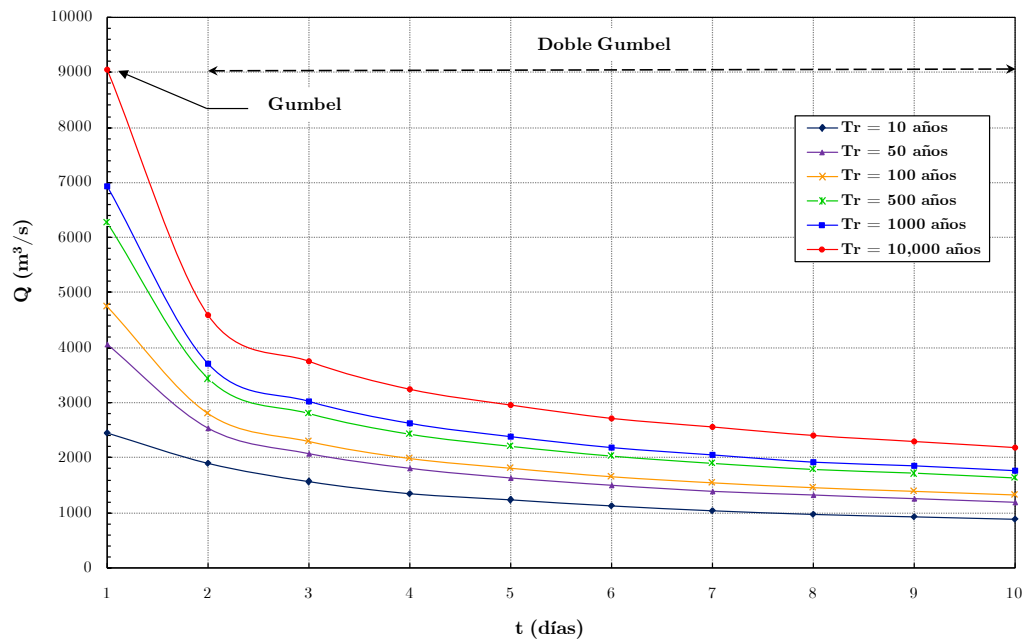


Figura 5.84. Curva de Gastos-duración-periodo de retorno. Peñitas.

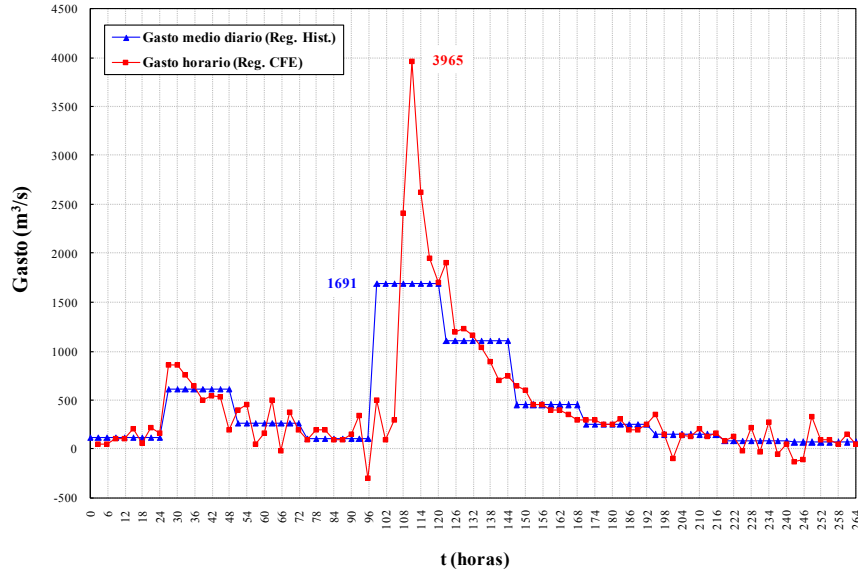


Figura 5.85. Hidrograma de gastos medios diarios y gastos horarios registrados del 24 de noviembre al 4 de diciembre del 2003. Peñitas, Tab.

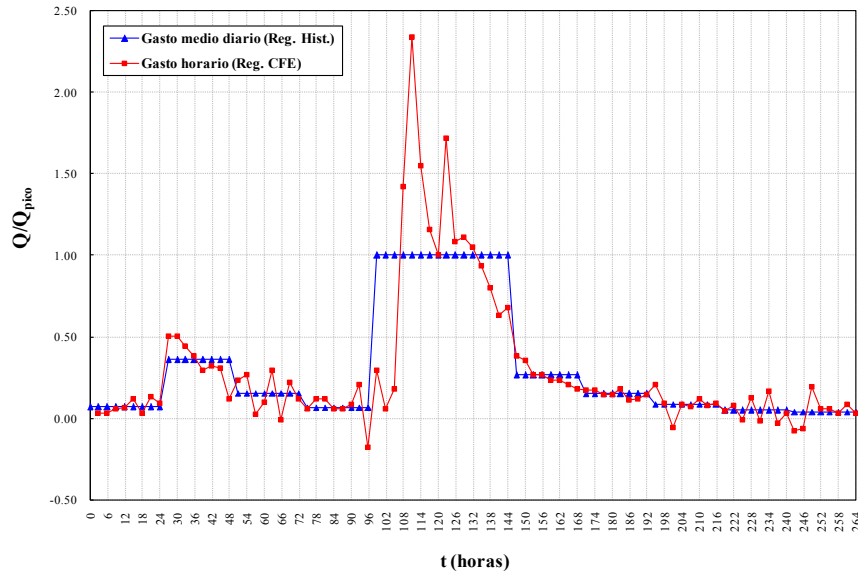


Figura 5.86. Hidrograma adimensional y determinación de los factores para dar forma al pico de la avenida del año 2003. Presa Peñitas, Tab.

5.5.4.1. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 50$ años

De la tabla 5.43 se seleccionaron los gastos medios diarios máximos anuales para las duraciones de 1 a 10 días y $T_r = 50$ años, con esta información se calcularon los gastos que se presentarían en cada día (gastos individuales), columna (3) de la tabla 5.44. En la columna (4) de la misma tabla, se muestran los gastos máximos del hidrograma de diseño utilizando los datos actualizados conforme al estudio realizado en el 2008 por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM).

Con un procedimiento similar al descrito en el Capítulo 4 y considerando la modificación antes mencionada, se estimó los gastos individuales y se determinó la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 50 años. En la Fig. 5.87 y tabla 5.44, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 realizados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. La avenida de diseño horaria con la forma del pico de la avenida del año 2003 incluyendo y no incluyendo extracciones de Malpaso se muestra en las Figs. 5.88 y 5.89.

Los resultados de la tabla 5.44 y de la Fig. 5.89, indican que con la actualización de datos al 2008, la avenida de diseño horaria con la forma del pico de la avenida del año 2003 e incluyendo extracciones de Malpaso, el gasto máximo con periodo de retorno de 50 años tendría un valor de 10,953 (m³/s), que es un valor 10.98% mayor a los 9,869 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 979 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo 1440 (m³/s) por operación en malpaso es de 2,283 (Mm³).

5.5.4.2. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 100$ años

En las Figs. 5.90 a 5.92 además de la tabla 5.45, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.45 y de la Fig. 5.92, indican que con la actualización de datos al 2008, la avenida de diseño horaria con la forma del pico de la avenida del año 2003 e incluyendo extracciones de Malpaso, el gasto máximo con periodo de retorno de 100 años tendría un valor de 12,539 (m³/s), que es un valor 10.44% mayor a los 11,354 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 1,085 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo 1440 (m³/s) por operación en malpaso es de 2,396 (Mm³).

5.5.4.3. Avenida de diseño para un periodo de retorno $T_r = 10,000$ años

En las Figs. 5.93 a 5.95 además de la tabla 5.46, se presenta la comparación de resultados obtenidos en el estudio del 2008 con los obtenidos en 2006 (IIUNAM), para el caso de la avenida de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 10,000 años, usando el procedimiento descrito anteriormente.

Los resultados de la tabla 5.46 y de la Fig. 5.95, indican que con la actualización de datos al 2008, la avenida de diseño horaria con la forma del pico de la avenida del año 2003 e incluyendo extracciones de Malpaso, el gasto máximo con periodo de retorno de 10,000 años tendría un valor de 22,624 (m³/s), que es un valor 7.71% mayor a los 21,005 (m³/s) obtenidos en el estudio del 2006. El volumen estimado de la avenida a nivel diario es de 1,786 (Mm³) y de la avenida a nivel horario incluyendo 1440 (m³/s) por operación en malpaso es de 3,140 (Mm³).

Tabla 5.44. Avenidas de diseño, $T_r = 50$ años. Peñitas, Tab.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma de pico del 2003)							
t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio o 2008 Q (m ³ /s)	Estudio o 2006 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 (distribución horaria +1440)				Estudio 2008 (distribución horaria +1440)			
					t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)
1	4066	4066	710	715	99	2503	129	2706	99	2639	129	2741
2	2542	1019	816	898	102	1647	132	2633	102	1674	132	2666
3	2085	1170	972	870	105	2076	135	2502	105	2158	135	2530
4	1807	972	1019	1212	108	6561	138	2353	108	7219	138	2378
5	1643	986	4066	3602	111	9869	141	2160	111	10953	141	2179
6	1505	816	1170	1139	114	7028	144	2211	114	7746	144	2232
7	1403	793	986	928	117	5597	147	2368	117	6132	147	2426
8	1317	710	793	894	120	5059	150	2368	120	5524	150	2426
9	1260	807	807	702	123	3396	153	2368	123	3449	153	2426
10	1203	686	686	596	126	2673	156	2368	126	2707	156	2426

Tabla 5.45. Avenidas de diseño, $T_r = 100$ años. Peñitas, Tab.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma de pico del 2003)							
t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio o 2008 Q (m ³ /s)	Estudio o 2006 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 (distribución horaria +1440)				Estudio 2008 (distribución horaria +1440)			
					t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)
1	4744	4744	793	799	99	2690	129	2835	99	2839	129	2873
2	2813	883	907	1005	102	1684	132	2754	102	1713	132	2790
3	2305	1289	1072	950	105	2188	135	2609	105	2277	135	2641
4	1997	1072	883	1079	108	7463	138	2446	108	8183	138	2473
5	1817	1097	4744	4237	111	11354	141	2233	111	12539	141	2254
6	1665	907	1289	1255	114	8012	144	2290	114	8798	144	2313
7	1554	889	1097	1026	117	6330	147	2466	117	6914	147	2537
8	1459	793	889	1009	120	5696	150	2466	120	6205	150	2537
9	1397	902	902	779	123	3594	153	2466	123	3653	153	2537
10	1333	754	754	653	126	2798	156	2466	126	2835	156	2537

Tabla 5.46. Avenidas de diseño, $T_r = 10000$ años. Peñitas, Tab.

Avenida de diseño					Porción central del hidrograma de diseño (conservando la forma de pico del 2003)							
t (día)	Q (m ³ /s)	Q _{individual} (m ³ /s)	Estudio o 2008 Q (m ³ /s)	Estudio o 2006 Q (m ³ /s)	Estudio 2006 (distribución horaria +1440)				Estudio 2008 (distribución horaria +1440)			
					t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)	t (hora)	Q (m ³ /s)
1	9054	9054	1343	1355	99	3907	129	3682	99	4111	129	3742
2	4602	149	1511	1708	102	1921	132	3553	102	1961	132	3609
3	3758	2071	1729	1472	105	2916	135	3319	105	3038	135	3370
4	3251	1729	149	268	108	13326	138	3057	108	14310	138	3100
5	2967	1831	9054	8362	111	21005	141	2714	111	22624	141	2748
6	2724	1511	2071	2017	114	14410	144	2806	114	15484	144	2843
7	2552	1520	1831	1678	117	11090	147	3118	117	11889	147	3271
8	2401	1343	1520	1767	120	9839	150	3118	120	10535	150	3271
9	2304	1531	1531	1291	123	4903	153	3118	123	4996	153	3271
10	2194	1198	1198	1033	126	3623	156	3118	126	3682	156	3271

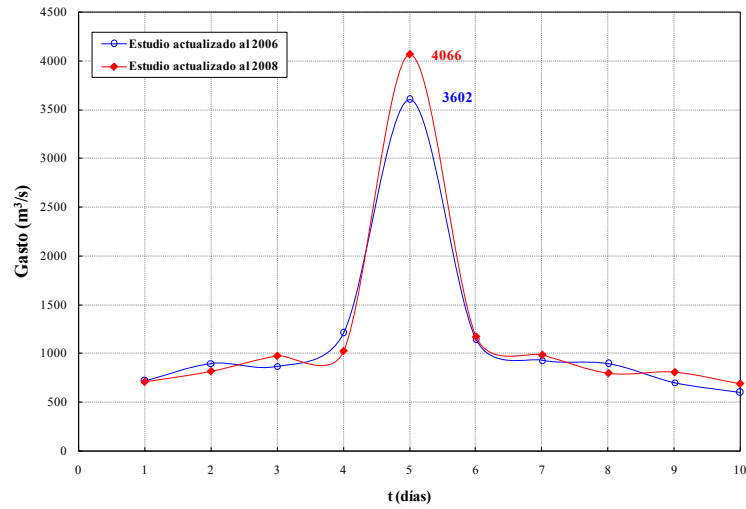


Figura 5.87. Hidrograma de diseño, $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab.

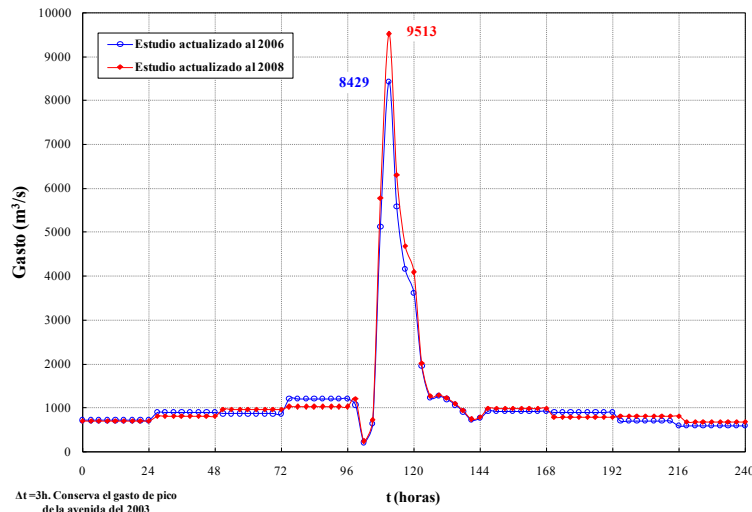


Figura 5.88. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, no incluye descargas de Malpasso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab.

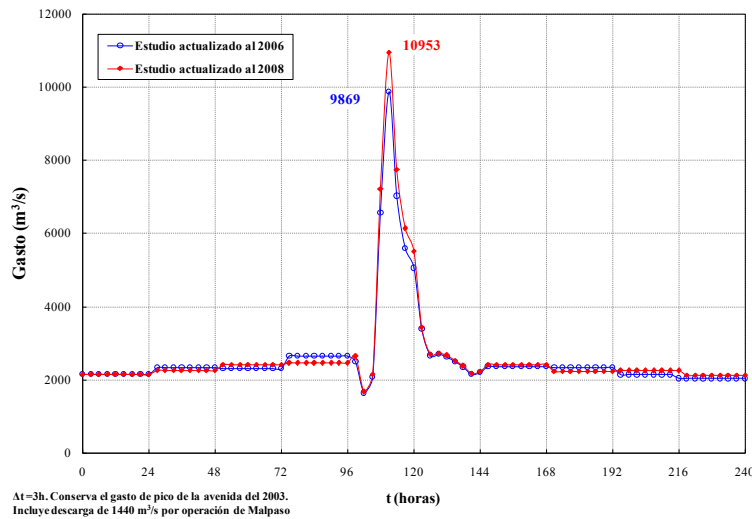


Figura 5.89. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, incluye descargas de Malpasso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab.

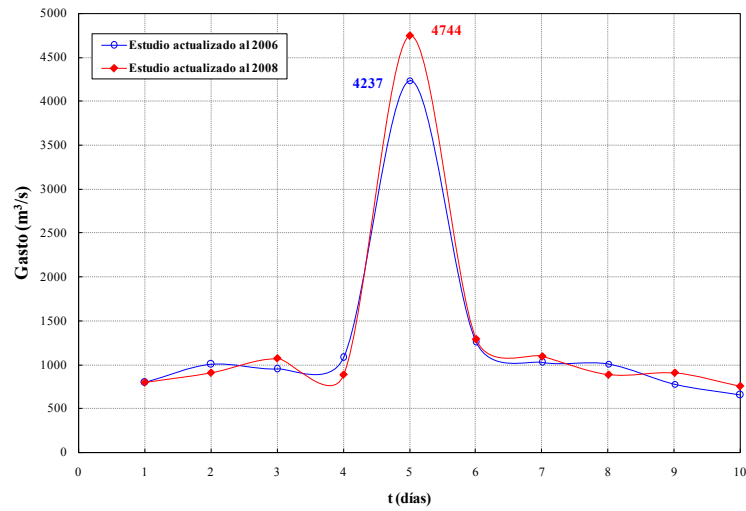


Figura 5.90. Hidrograma de diseño, $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab.

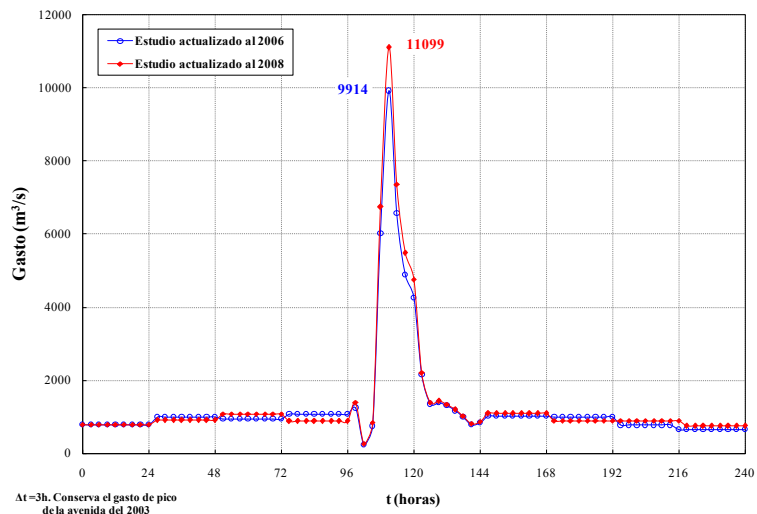


Figura 5.91. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, no incluye descargas de Malpasso. $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab.

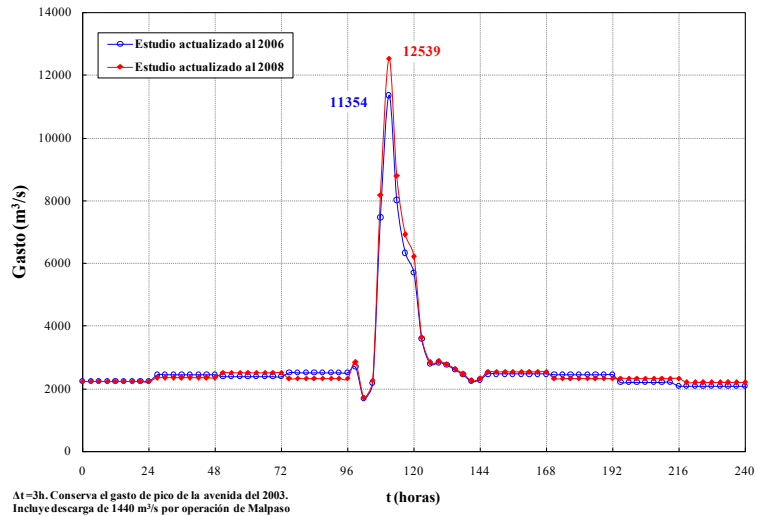


Figura 5.92. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, incluye descargas de Malpasso. $Tr = 100$ años. Peñitas, Tab.

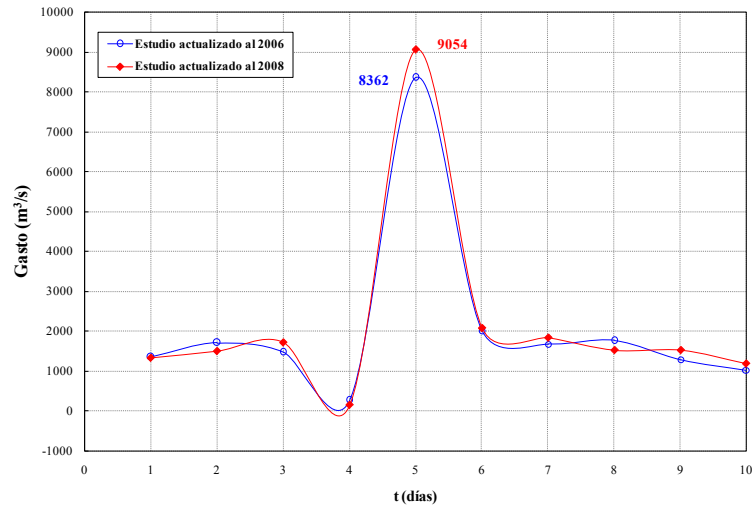


Figura 5.93. Hidrograma de diseño, $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab.

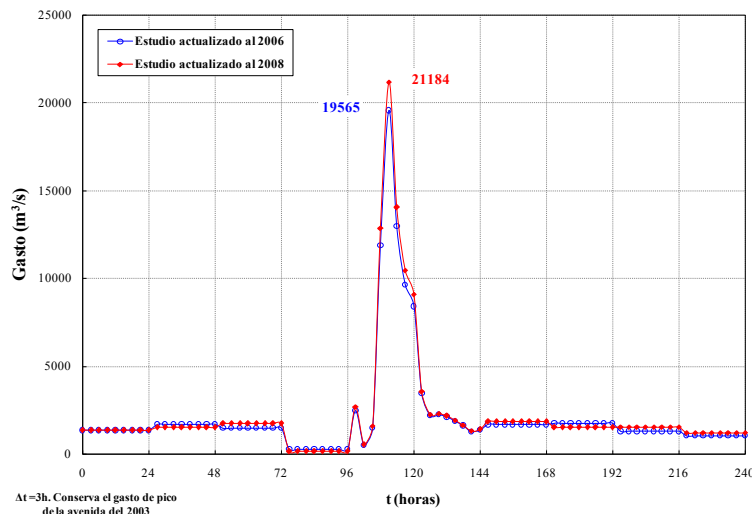


Figura 5.94. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, no incluye descargas de Malpasso. $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab.

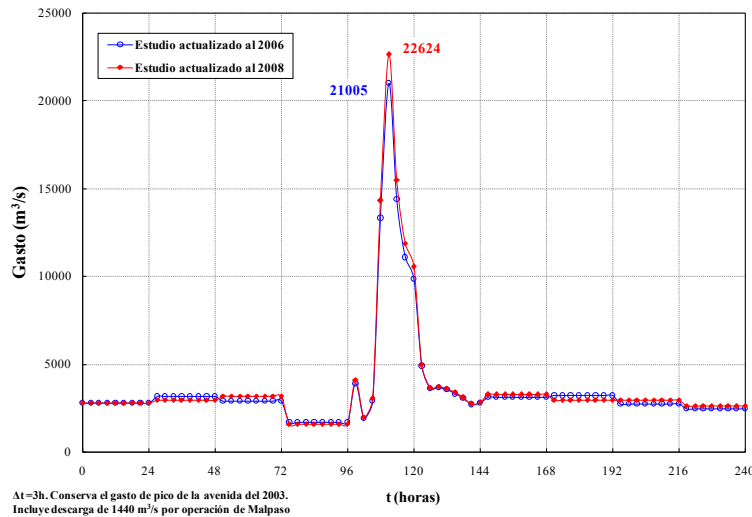


Figura 5.95. Hidrograma de diseño con la forma del pico de la avenida del 2003, incluye descargas de Malpasso. $Tr = 10,000$ años. Peñitas, Tab.

5.5.5. Cálculo del tránsito de avenidas

Las avenidas que se transitaron en este trabajo corresponden a los estudios realizados en los años 2008 y 2006, analizando los periodos de retorno de 50, 100 y 10,000 años con la condición conservadora de una descarga constante de Malpaso de 1440 (m³/s) durante la ocurrencia de las avenidas.

Para los hidrogramas de diseño se seleccionó un valor $\Delta t=3$ (h). Se tomó en cuenta como elevación inicial la del NAMO (87.4 (msnm)), se consideró el gasto de salida por la obra de toma igual a cero y el gasto de salida inicial por la obra de excedencias de 1440 (m³/s).

Los cálculos para efectuar el tránsito de la avenida se obtuvieron mediante el programa TRATE.bas, elaborado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. El factor para definir el intervalo de tiempo de cálculo que se manejó en el algoritmo es $ifdt = 4$. No se consideró algún tipo de restricción en el Gasto de Salida.

Para ambos estudios (2006 y 2008), se utilizó la curva elevaciones-volúmenes-descargas por la obra de excedencias, utilizando la ley de descarga mostrada en la tabla 5.47, proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad.

**Tabla 5.47. Curva elevaciones-volúmenes-capacidades
Presa Peñitas. (CFE)**

E (msnm)	V (Mm ³)	Q _s (m ³ /s)	E (msnm)	V (Mm ³)	Q _s (m ³ /s)
85.00	0.00	1440.00	87.30	124.66	1440.00
85.10	5.42	1440.00	87.40	130.08	1440.00
85.20	10.84	1440.00	87.50	135.50	1610.00
85.30	16.26	1440.00	87.60	140.92	1780.00
85.40	21.68	1440.00	87.70	146.34	1950.00
85.50	27.10	1440.00	87.80	151.76	2120.00
85.60	32.52	1440.00	87.90	157.18	2560.00
85.70	37.94	1440.00	88.00	162.60	3000.00
85.80	43.36	1440.00	88.50	189.70	3100.00
85.90	48.78	1440.00	89.00	216.80	3200.00
86.00	54.20	1440.00	89.50	243.90	3300.00
86.10	59.62	1440.00	90.00	271.00	3400.00
86.20	65.04	1440.00	90.50	307.07	4400.00
86.30	70.46	1440.00	91.00	343.15	6336.70
86.40	75.88	1440.00	91.50	379.22	9670.05
86.50	81.30	1440.00	92.00	415.29	13003.40
86.60	86.72	1440.00	92.50	451.36	16336.75
86.70	92.14	1440.00	93.00	487.44	19670.10
86.80	97.56	1440.00	93.50	523.51	23003.45
86.90	102.98	1440.00	94.00	559.58	26336.80
87.00	108.40	1440.00	94.50	595.66	29670.15
87.10	113.82	1440.00	95.00	631.73	33003.50
87.20	119.24	1440.00	95.50	667.73	36336.85

5.5.5.1. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $Tr = 50$ años

Se utilizó el hidrograma de diseño horario manteniendo la forma del pico de la avenida del 2003 y con descarga constante de Malpaso de 1440 (m³/s), no se consideró restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 90.74 (msnm). Tomando en cuenta que la elevación del NAME de la presa Peñitas es de 93.5 (msnm), por lo tanto la elevación máxima no rebasa al NAME.

El volumen total almacenado fue de 327.53 (Mm³), en la Fig. 5.98 se bosqueja el hidrograma de salida. En la Fig. 5.97 se muestra el hidrograma de salida horario manteniendo la forma del pico de la avenida del 2003 y sin incluir descargas de Malpaso. En la Fig. 5.96 se muestra el tránsito de la avenida incluyendo descargas de Malpaso correspondiente al estudio 2006.

5.5.5.2. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $T_r = 100$ años

Se transitó el hidrograma de diseño horario manteniendo la forma del pico de la avenida del 2003 y con descarga constante de Malpaso de 1440 (m³/s), no se consideró restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 91.03 (msnm), por lo tanto la elevación máxima no rebasa al NAME de la presa Peñitas.

Se obtuvo un volumen total almacenado de 346.14 (Mm³), en la Fig. 5.101 se bosqueja el hidrograma de salida. En la Fig. 5.100 se muestra el hidrograma de salida horario manteniendo la forma del pico de la avenida del 2003 y sin incluir descargas de Malpaso. En la Fig. 5.99 se muestra el tránsito de la avenida incluyendo descargas de Malpaso correspondiente al estudio 2006.

5.5.5.3. Tránsito de la avenida para un periodo de retorno $T_r = 10,000$ años

Se transitó el hidrograma de diseño horario manteniendo la forma del pico de la avenida del 2003 y con descarga constante de Malpaso de 1440 (m³/s), no se consideró restricción alguna. Después de transitar la avenida por la presa se obtuvo una elevación máxima de 92.36 (msnm), por lo tanto la elevación máxima no rebasa al NAME en 1.14 (m).

Se obtuvo un volumen total almacenado de 435.84 (Mm³), en la Fig. 5.104 se bosqueja el hidrograma de salida. En la Fig. 5.103 se muestra el hidrograma de salida horario manteniendo la forma del pico de la avenida del 2003 y sin incluir descargas de Malpaso. En la Fig. 5.102 se muestra el tránsito de la avenida incluyendo descargas de Malpaso correspondiente al estudio 2006.

5.5.6. Resumen de resultados y conclusiones

Los resultados del análisis de avenidas de diseño se llega a la conclusión, de que; los gatos pico que se estimaron en el estudio del 2008 son 9.71% mayores que los estimados en 2006, mientras que los volúmenes de las avenidas estimadas en el estudio del 2008 son 2.19% mayores que las obtenidas en 2006, análisis realizado para periodos de retorno de 50, 100 y 10,000 años.

Realizando un balance de los tránsitos de avenidas respecto a los estudios analizados en el 2006 y 2008 con periodos de retorno de 50, 100 y 10000 años e incluyendo descargas de Malpaso. Los resultados anteriores consideran el escenario conservador de que la presa Malpaso esté descargando por sus turbinas en todo momento, un gasto de 1440 (m³/s), por otra parte se consideraron las avenidas históricas del 2003, debido a que en el momento de transitarlas, éstas reportaron los casos más críticos.

La elevación del NAME de la presa Peñitas es de 93.5 (msnm) y su corona está a 98 (msnm), con forme a éstos parámetros establecidos los resultados de los tránsitos se analizan de la siguiente manera; para avenidas con periodos de retorno hasta de 10,000 años no se rebasaría el NAME; este caso representa la condición más crítica, el nivel del agua quedaría aproximadamente 1.14 (m) por debajo del NAME, de modo que aún queda un bordo libre respecto a la corona de 5.64 (m), en ningún caso se tendría riesgo de rebasarse la corona de la presa. En las tablas 5.8 y 5.49 se muestran resúmenes de gastos pico y tránsitos de avenidas de los estudios 2006 y 2008. Los porcentajes se calcularon mediante el cociente de valores multiplicados por cien.

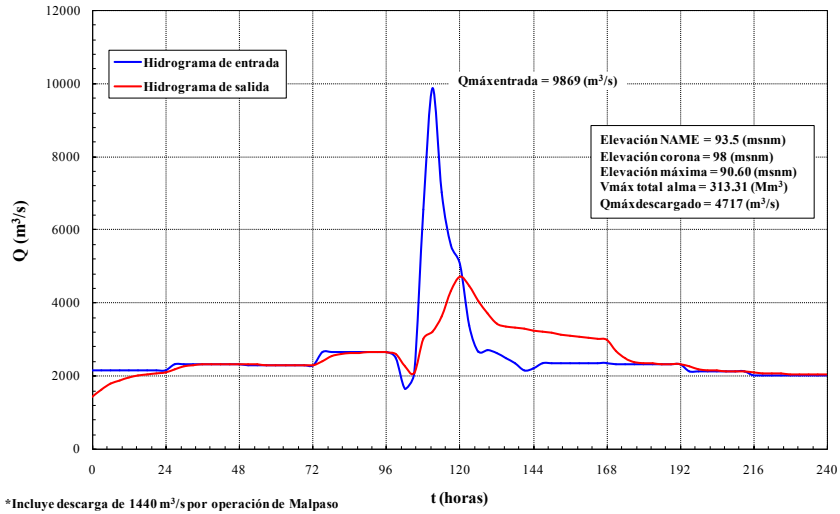


Figura 5.96. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ msnm, incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2006.

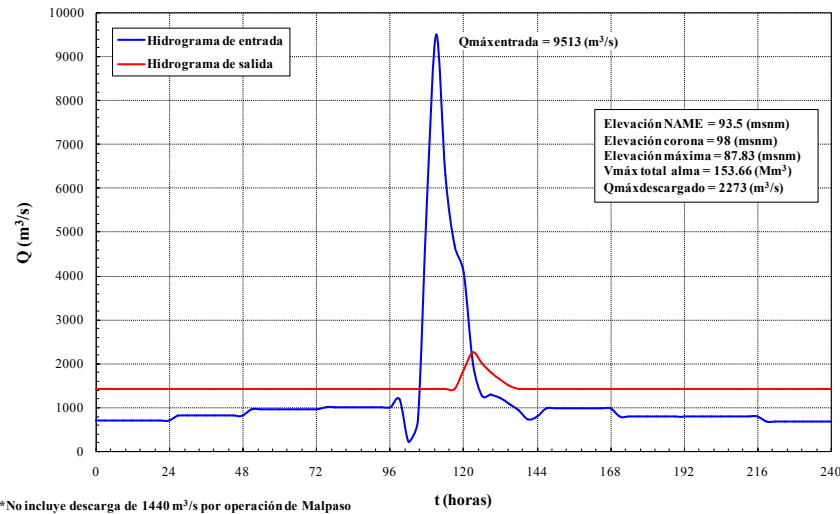


Figura 5.97. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ msnm, no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.

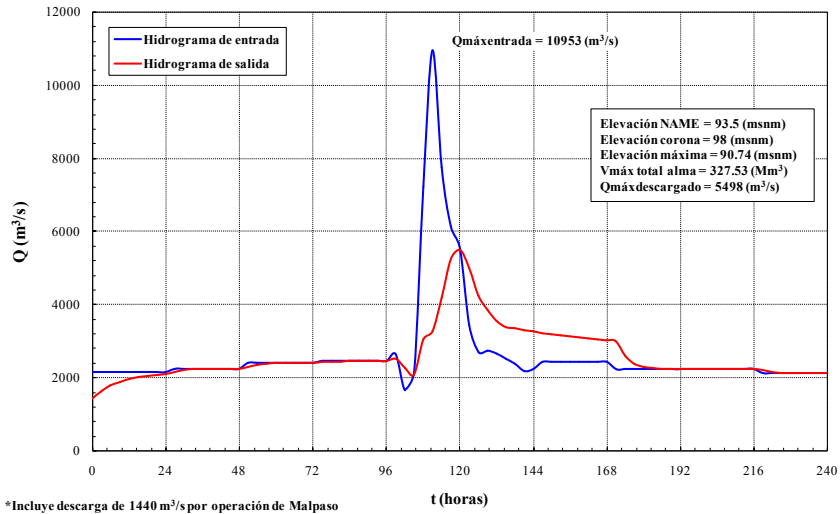


Figura 5.98. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ msnm, incluye descargas de Malpaso. $Tr = 50$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.

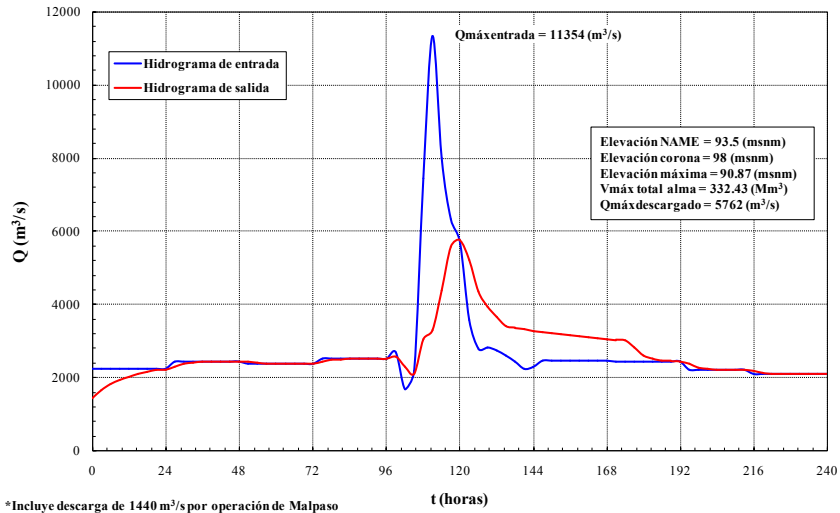


Figura 5.99. Tránsito de la avenida. Elevación inicial E=87.4 msnm, incluye descargas de Malpaso. Tr = 100 años. Peñitas, Tab. Estudio 2006.

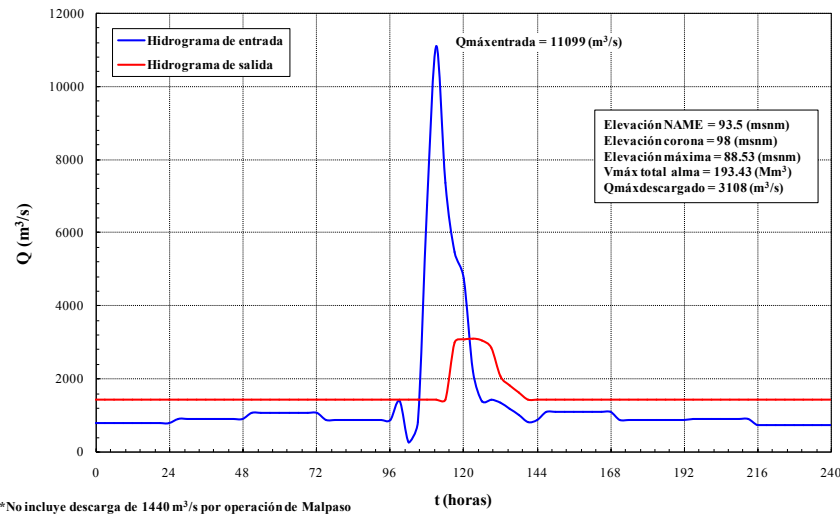


Figura 5.100. Tránsito de la avenida. Elevación inicial E=87.4 msnm, no incluye descargas de Malpaso. Tr = 100 años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.

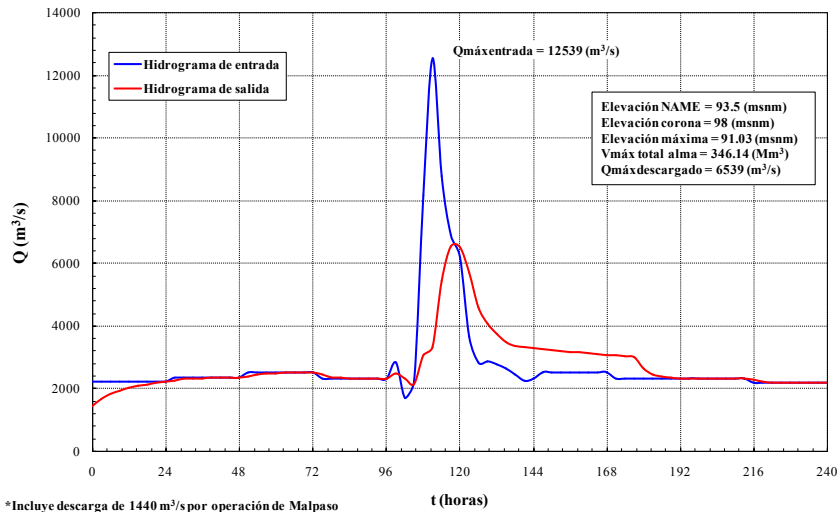


Figura 5.101. Tránsito de la avenida. Elevación inicial E=87.4 msnm, incluye descargas de Malpaso. Tr = 100 años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.

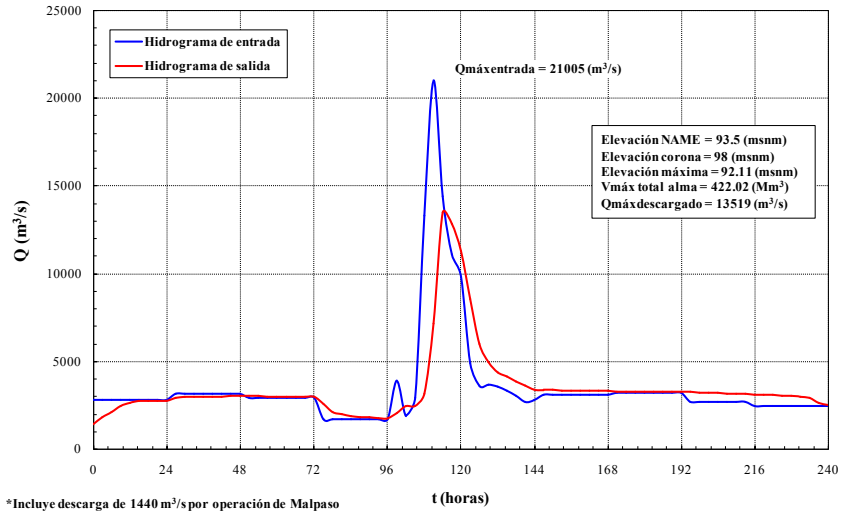


Figura 5.102. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ msnm, incluye descargas de Malpaso. $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2006.

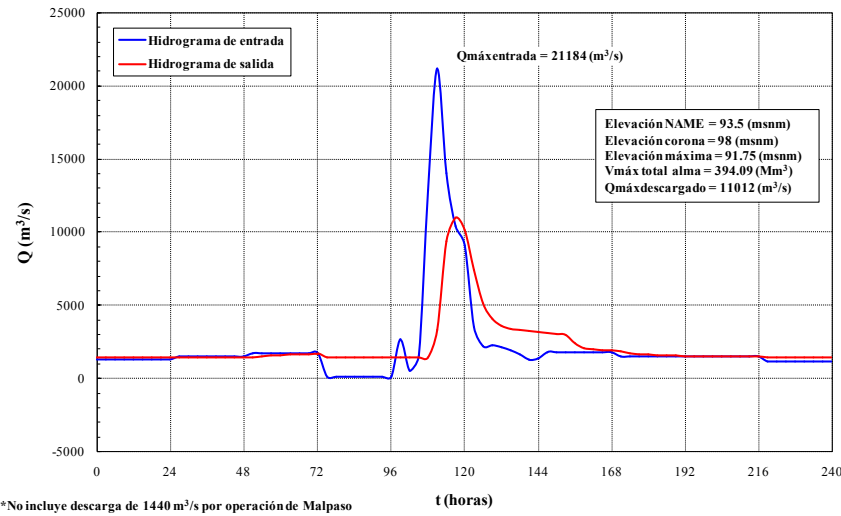


Figura 5.103. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ msnm, no incluye descargas de Malpaso. $Tr = 10000$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.

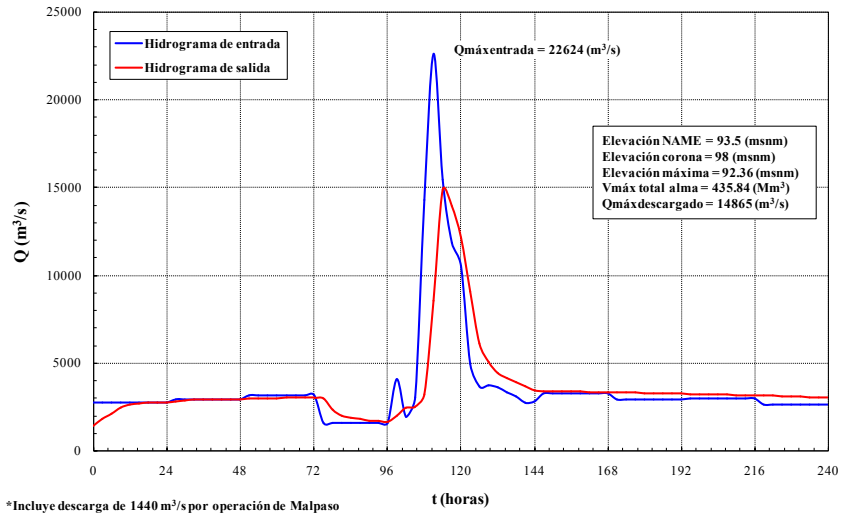


Figura 5.104. Tránsito de la avenida. Elevación inicial $E=87.4$ msnm, incluye descargas de Malpaso. $Tr = 10,000$ años. Peñitas, Tab. Estudio 2008.

Tabla 5.48. Resumen de Gastos pico y volúmenes de avenidas. Presa Peñitas, Tab.

Tr (años)	Estudio 2006		Estudio 2008		2008 vs 2006	
	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)	Q _p (m ³ /s)	V (Mm ³)
50	9869	2242	10953	2283	+10.98%	+1.83%
100	11354	2349	12539	2396	+10.44%	+2.00%
10000	21005	3056	22624	3140	+7.71%	+2.75%

*Las avenidas de diseño incluyen el gasto de 1440 (m³/s) descargado por Malpaso y la forma del pico de la avenida del año 2003.

Tabla 5.49. Resumen de tránsitos de avenidas de diseño. Presa Peñitas, Tab. IIUNAM

Elevación inicial (msnm)	Variable	Estudio 2006			Estudio 2008		
		Tr (años)			Tr (años)		
		50	100	10000	50	100	10000
87.4	Q _{máx ingres} (m ³ /s)	9869	11354	21005	10953	12539	22624
87.4	Q _{máx salida} (m ³ /s)	4717	5762	13519	5498	6539	14865
87.4	V _{máx tot alm} (Mm ³)	313	332	422	328	346	436
87.4	E _{máx} (msnm)	90.60	90.87	92.11	90.74	91.03	92.36

*Las avenidas de diseño incluyen el gasto de 1440 (m³/s) descargado por Malpaso y la forma del pico de la avenida del año 2003.

Referencias

- 5.1. Alvarado, C.A.J. **“Cálculo de Avenidas de Diseño para vertedores de presas de almacenamiento”**. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1993.
- 5.2. Aparicio, M.F.J. **“Fundamentos de Hidrología de superficie”**. Limusa, México, 2005.
- 5.3. Domínguez, M.R., Arganis, J.M.L., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Echeverri, V.C.A. **“Determinación de Avenidas de Diseño y ajuste de los parámetros del modelo de optimización de las políticas de operación del sistema de presas del Río Grijalva”**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Diciembre 2006.
- 5.4. Domínguez, M.R., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Arganis, J.M.L. **“Estudio de diferentes aspectos sobre el funcionamiento de la obra de excedencias del Proyecto Hidroeléctrico, la Angostura, Chiapas y actualización de la hidrología para el sistema de presas del Río Grijalva. Estudio Hidrológico de la Cuenca alta del Río Grijalva”**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Septiembre del 2000.
- 5.5. Domínguez, M.R., Mendoza, R.R., Alvarado, C.A, Márquez, U.L.E. **“Operación integral del sistema hidroeléctrico del Río Grijalva”**. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Julio de 1993.
- 5.6. Vázquez, C.M.T. **“Procedimiento sistemático para el cálculo de la avenida de diseño en presas con gran capacidad de regulación”**. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1995.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

Los caudales que escurren por un río varían continuamente a través del tiempo, existen épocas de varios meses en que los escurrimientos son reducidos y otras en que fluyen de manera abundante. La única forma de almacenar, regular, controlar y aprovechar esos escurrimientos es mediante una adecuada operación de su obra de excedencias, sólo de esta manera es posible garantizar durante varios meses el abastecimiento de agua y el control de avenidas ocasionadas en épocas de severas precipitaciones, evitando de esta manera inundaciones que afecten el patrimonio de las poblaciones asentadas aguas abajo de la presa.

La regulación que ofrece el sistema Grijalva es fundamental para evitar mayores daños a la población, ya que de no existir las presas del complejo Grijalva se presentarían volúmenes de magnitud importante adicionales a los que comúnmente afectan a la planicie tabasqueña, situación que sería sumamente devastadora para la infraestructura y economía del estado de Tabasco. Se pueden evitar daños mayores si se contara con infraestructura hidráulica (construcción de presas) en los ríos de Usumacinta y La Sierra, de ser así se controlarían los eventos de este tipo con mayores márgenes de seguridad.

La generación de energía eléctrica anual que produce el complejo Grijalva es uno de los más importantes del país, ya que aporta el 44% de generación hidroeléctrica nacional (SENER 2009); la cual es una de las formas más limpias de generar electricidad ya que el caudal queda disponible para usos posteriores aguas abajo de las presas, toda la energía

que así se produce evita que sea generada quemando hidrocarburos o utilizando combustible nuclear. La óptima operación de las cuatro presas del Sistema Grijalva es una variable de vital importancia para dotar al país de este vital recurso.

Es muy importante tener un monitoreo constante de la operación del sistema de presas del Grijalva, en lo que se refiere a la operación de sus obras de excedencias ya que una mala operación de las compuertas de una presa puede provocar una inundación, dando como resultado pérdidas humanas, deterioro de la infraestructura, economía en descenso y el desplazamiento de personas hacia los albergues teniendo una calidad de vida insalubre. Estos problemas se pueden contrarrestar analizando diferentes alternativas en la política de operación de los vertedores de las presas.

En la cuenca del Río Grijalva-Usumacinta específicamente el Sistema de Presas del Grijalva se deben realizar estudios hidrológicos de manera constante para el manejo óptimo de las presas, debido a que en los últimos años se han presentado eventos extremos cada vez con periodos de retorno muy cercanos, los científicos consideran que pueden deberse a cambios climáticos en el orbe.

Un tema de vital importancia en la actualidad es la afectación del medio ambiente mediante las presas, se requiere que las autoridades y gobiernos tomen conciencia de la necesidad de invertir en estudios previos de impacto ambiental que deben realizarse con varios años de anticipación a la construcción de una presa, dicho estudio se ve como un autentico trámite más que como una necesidad, debido a que el presupuesto destinado a este tipo de estudios es sumamente bajo. Por lo tanto se debe llegar a la conclusión de que las obras hidráulicas no deben ser únicamente para el hombre; deben ser contribuyentes e importantes para la vida. Esto implica un cambio de paradigmas en todas aquellas personas relacionadas con la planeación, diseño, construcción y operación de las presas, **ya que deben ser los principales defensores de la naturaleza.**

Estudios hidrológicos como las avenidas de diseño que se definen por su gasto de pico y su volumen total, son de vital importancia para el diseño de los aprovechamientos hidráulicos, especialmente para las obras de control, ya que éstas son las que determinan la capacidad de descarga. Otro estudio es el tránsito de avenidas, por medio de este estudio se conoce la evolución de los niveles en el vaso y el gasto de salida por la obra de excedencias, con el tránsito de avenidas se puede estimar la elevación máxima de agua en el embalse y revisar para un cierto periodo de retorno que la elevación máxima de agua en el embalse no rebase el NAME, de lo contrario se tiene que modificar la política de operación en los vertedores de la presa.

Considerando las avenidas extraordinarias ocurridas en 1999, 2005 y 2010 en el Sistema de Presas del Río Grijalva, el Instituto de Ingeniería de la UNAM actualizó las avenidas de diseño, utilizando registros históricos de escurrimientos medios diarios con datos disponibles hasta el año 2010 para la Presa La Angostura y con datos actualizados hasta el año 2008 para las Presas Chicoasén, Malpaso y peñitas, lo cual motivó a la realización de este trabajo. Se estimaron avenidas de diseño de las cuencas propias de cada una de las cuatro presas.

De los resultados del análisis de las avenidas de diseño estimadas para periodos de retorno (Tr) de 10, 50, 100, 500, 1000, 5,000 y 10,000 años correspondientes a la cuenca propia de la **Presa La Angostura**, se observó que ante las nuevas avenidas presentadas en el año

2010, el gasto pico de entrada reportó un valor de 29,750 (m³/s) que es 16.64% mayor a los 25,505 (m³/s) obtenidos en el estudio del año 2006 para Tr=5,000 años, para Tr=10,000 años el gasto pico de entrada fue de 32,489 (m³/s) siendo 17.20% mayor a los 27,720 (m³/s) reportados en el estudio del 2006. El volumen de la avenida estimado con Tr=5,000 años tuvo un valor de 13,997 (Mm³) que es 4.01% mayor a los 13,457 (Mm³) obtenidos en el estudio del 2006, mientras que para Tr=10,000 años se obtuvo un volumen de 14,826 (Mm³) que es 4.08% mayor a los 14,245 (Mm³) obtenidos en el estudio del 2006.

Uno de los motivos por el cual se presentó un incremento en los gastos pico y volúmenes de las avenidas fue el evento ocurrido el 2 de septiembre del 2010, que fue de 10,610 (m³/s), registrándose como el segundo evento máximo del registro histórico de la cuenca propia de la Presa La Angostura.

De los resultados del análisis de los tránsitos de avenidas estimados para periodos de retorno de 100, 5,000 y 10,000 años correspondientes a la cuenca propia de la Presa La Angostura, de acuerdo a la tabla 5.14 se observó que ante las nuevas avenidas presentadas en el año 2010 y la política de operación utilizada en los vertedores, se podría tener riesgo de rebasar el NAME con las avenidas estimadas para Tr=5,000 y 10,000 años. En el primer caso podría excederse en **26 (cm)**, para el segundo caso se rebasaría en **1.03 (m)**. Con la avenida de diseño manejando un Tr=5,000 años, después de estimar el tránsito de la avenida, quedaría un bordo libre respecto a la corona de 3.24 (m), mientras que la avenida de diseño con Tr=10,000 años quedaría un bordo libre respecto a la corona de 2.47 (m).

Por lo tanto debido al análisis presentado se propone la posibilidad de aumentar la ley de descarga en los vertedores de la presa La Angostura con el fin de disminuir el volumen total y por lo tanto reducir la elevación máxima, lo que conllevaría a tener un margen de seguridad mayor de que el agua no rebase el nivel permisible que el NAME.

Del análisis de las avenidas de diseño estimadas para periodos de retorno (Tr) de 10, 50, 100, 500, 1000, 5,000 y 10,000 años correspondientes a la cuenca propia de la **Presa Chicoasén**, se observó que ante las nuevas avenidas presentadas en el año 2008, el gasto pico de entrada para Tr=10,000 años reportó un valor de 10,047 (m³/s) que es 3.86% menor a los 10,450 (m³/s) obtenidos en el estudio del año 2006. El volumen de la avenida estimado con Tr=10,000 años tuvo un valor de 2,078 (Mm³) que es 10.01% mayor a los 1,889 (Mm³) obtenidos en el estudio del 2006. Al considerar la descarga continua de 2000 (m³/s) provenientes de La Angostura en el instante en que se presentaron las avenidas en Chicoasén, el gasto pico de entrada estimado para Tr=10,000 años sería de 12,047 (m³/s) que es 3.23% menor a los 12,450 (m³/s) reportados en el estudio del año 2006. El volumen de la avenida estimado con Tr=10,000 años sería de 4,670 (Mm³) que es 4.22% mayor a los 4,481 (Mm³) obtenidos en el estudio del 2006.

De forma general, si se compara los estudios realizados en **2006** y **2009**, se llega a la conclusión de que no precisamente por presentarse un gasto pico mayor en el estudio **2006** que el obtenido en el estudio **2009**, forzosamente el volumen de la avenida del estudio **2006** tiene que ser mayor que el obtenido en el estudio **2009**, de modo que puede presentarse un gasto pico excesivo y no tener un volumen en la avenida tan grande.

Del análisis de los tránsitos de avenidas que se estimaron para periodos de retorno de 100, 5,000 y 10,000 años correspondientes a la cuenca propia de la **Presa Chicoasén** (tabla

5.27), se reportó que ante las nuevas avenidas presentadas en el año 2008 y considerando descargas continuas de 2000 (m^3/s) provenientes de La Angostura en el instante en que se presentaron las avenidas en Chicoasén, además de tomar en cuenta la ley de descargas utilizada en los vertedores, no se tendría riesgo de rebasar el NAME con las avenidas estimadas para $\text{Tr}=5,000$ y $10,000$ años, de modo que para el segundo caso el nivel quedaría 5 (cm) por debajo del NAME, quedando un bordo libre respecto a la corona de 10.05 (m).

En todos los casos analizados no se observó el riesgo de que la elevación máxima estimada con el tránsito de la avenida rebasara el NAME. Se tiene que tomar en cuenta que al transitar la avenida con $\text{Tr}=10,000$ años y analizando la condición extrema de la operación constante de La Angostura hacia Chicoasén, se tenga una diferencia de tan solo 5 (cm) de rebasar el NAME, por lo tanto se sugiere que se analice otras alternativas en las políticas de operación para ampliar el margen de seguridad y evitar que se exceda el nivel del NAME.

Del análisis de las avenidas de diseño estimadas para periodos de retorno (Tr) de 10, 50, 100, 500, 1000, 5,000 y 10,000 años correspondientes a la cuenca propia de la **Presa Malpaso**, se observó que ante las nuevas avenidas presentadas en el año 2008, el gasto pico de entrada para $\text{Tr}=10,000$ años tomó un valor de 16,857 (m^3/s) que es 1.0% mayor a los 16,691 (m^3/s) obtenidos en el estudio del año 2006. El volumen de la avenida estimado con $\text{Tr}=10,000$ años sería de 10,972 (Mm^3) que es 1.83% menor a los 11,177 (Mm^3) obtenidos en el estudio del 2006. Al considerar una extracción constante de 2000 (m^3/s) provenientes de La Angostura en el instante en que se presentaron las avenidas en Malpaso, el gasto pico de entrada estimado para $\text{Tr}=10,000$ años tuvo un valor de 18,857 (m^3/s) que es 0.89% mayor a los 18,691 (m^3/s) reportados en el estudio del año 2006. El volumen de la avenida estimado con $\text{Tr}=10,000$ años fue de 21,442 (Mm^3) que es 0.95% menor a los 21,648 (Mm^3) obtenidos en el estudio del 2006.

Realizando un balance de los tránsitos de avenidas respecto a los estudios analizados en el 2006 y 2008 con periodos de retorno de 1000, 5000 y 10000 años para la Presa Malpaso y manejando la condición de que en la Presa La Angostura se esté descargando en todo momento un gasto de 2000 (m^3/s), se determina que en ambos estudios no existe un incremento importante tanto en los volúmenes totales obtenidos como en los gastos pico.

De acuerdo a la tabla 5.40, la elevación del NAME de la presa Malpaso es de 188 (msnm) y su corona está a 192 (msnm), con forme a estos parámetros establecidos los resultados de los tránsitos se analizan de la siguiente manera; **cuando no se restringe el gasto máximo descargado**, el NAME no sería rebasado para avenidas con periodos de retorno hasta 5000 años en ambos estudios; para una avenida con periodo de retorno de 10,000 años correspondiente al estudio del 2008, el NAME podría excederse hasta 22 (cm), de modo que aún queda un bordo libre respecto a la corona de 3.78 (msnm). Debido al análisis presentado anteriormente se propone la posibilidad de aumentar la ley de descarga y así disminuir el volumen total y por lo tanto reducir la elevación máxima.

Al transitar las avenidas de diseño que se estimaron con periodos de retorno de 50, 100 y 10,000 años correspondientes a la cuenca propia de la **Presa Peñitas** y tomando en cuenta el criterio conservador que en la Presa Malpaso se esté descargando en todo momento por sus turbinas un gasto de 1440 (m^3/s), se observó que ante las nuevas avenidas presentadas en el año 2008, el gasto pico de entrada para $\text{Tr}=10,000$ años tuvo

un valor de 22,624 (m^3/s) que es 7.71% mayor a los 21,005 (m^3/s) reportados en el estudio del año 2006. El volumen de la avenida estimado con $\text{Tr}=10,000$ años tomó un valor de 3,140 (Mm^3) que es 2.75% mayor a los 3,056 (Mm^3) obtenidos en el estudio del 2006. Las avenidas de diseño que se estimaron tienen la forma del pico de la avenida histórica del año 2003, debido a que en el momento de transitarlas éstas reportaron los casos más críticos.

Según la tabla 5.49, la elevación del NAME de la presa Peñitas es de 93.5 (msnm) y su corona está a 98 (msnm), con forme a éstos parámetros, los resultados de los tránsitos se analizan de la siguiente manera; para avenidas con periodos de retorno hasta de 10,000 años no se rebasaría el NAME, el nivel del agua quedaría aproximadamente 1.14 (m) por debajo del NAME, de modo que aún queda un bordo libre respecto a la corona de 5.64 (m), en ningún caso se tendría riesgo de rebasarse la corona de la presa.

En este trabajo solamente se discutieron los casos que representan las condiciones más críticas, como son los eventos para periodos de retorno de 5,000 y 10,000 años, incluidas las correspondientes descargas de la Presa La Angostura hacia las Presas Chicoasén y Malpaso, de igual manera con la Presa Malpaso hacia la Presa Peñitas.

Se sabe que las Presas La Angostura y Malpaso tienen mayor capacidad de almacenamiento, de acuerdo a este panorama, es conveniente continuar con un análisis más detallado para determinar políticas de operación óptimas en sus vertedores. Según los resultados de los tránsitos de avenidas estimados en los estudios de los años 2006 y 2009, el nivel del embalse en la Presa La Angostura podría rebasar el NAME para periodos de retorno de 5,000 y 10,000 años, en tanto que en la Presa Malpaso sucedería algo similar para un periodo de retorno de 10,000 años.

Para la Presa Chicoasén no se debe de descartar la posibilidad de tener otra alternativa en la política de operación, ya que la diferencia entre el NAME y la elevación máxima que se estimó es pequeña para $\text{Tr}=10,000$ años. En lo que respecta a la Presa Peñitas no existen problemas aún de que el nivel del embalse rebase el NAME.

Se recomienda que en los embalses de las hidroeléctricas La Angostura y Malpaso se disminuya su volumen de almacenamiento en algunos metros, como margen de seguridad para evitar que en temporada de lluvias se realicen desfuegos de urgencia hacia la planicie tabasqueña.

Se recomienda implementar un sistema de alerta contra crecientes, para dar avisos a la población y de éste modo evitar daños catastróficos a la comunidad.

En cuanto a los métodos de cálculo para estimar avenidas de diseño, se sabe que la descarga máxima sobre el vertedor no sólo depende del gasto pico, sino también del volumen total, la duración y la forma del hidrograma de entrada. Es por ello, que las técnicas que son capaces de modelar más de una componente de los hidrogramas podrán proporcionar avenidas de diseño con una incertidumbre inherente más baja, de modo que es importante implementar análisis de distribuciones multivariadas (bivariadas, trivariadas) y hacer comparaciones entre los resultados para tomar la mejor decisión respecto a la selección de la avenida de diseño.

Apéndice A

Algoritmo de Rosenbrock para variables no restringidas

A.1 Introducción

El inglés Howard Harry Rosenbrock en la década de los sesenta creó un método de optimización para encontrar el máximo o mínimo de funciones no lineales con variables restringidas y no restringidas. El método se basa en la técnica de búsqueda directa, en otras palabras, esta técnica no requiere derivadas de la función objetivo. Una de las aplicaciones en Ingeniería Civil correspondiente al área de hidrología, es por ejemplo: El cálculo de parámetros estadísticos de las distribuciones de probabilidad de una muestra de gastos máximos históricos, otra aplicación es el análisis del hidrograma unitario.

A.2 Procedimiento del algoritmo

El procedimiento supone una función unimodal y dependiente de múltiples variables no restringidas como:

$$F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Sea un conjunto de direcciones $E_n(e_1, e_2, e_3, \dots, e_n)$ de vectores unitarios linealmente independientes y mutuamente ortogonales entre sí, paralelos a los ejes x_n , es decir que $v_i^T \cdot v_j = 0$ para $i \neq j$. Además de considerar un conjunto de longitudes de paso $P_n(\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n)$. Los cambios sucesivos en los ejes x_n están dados por $\xi_n = e_n \cdot \delta_n$

Se supone un vector inicial de variables independientes x_n , un conjunto de direcciones E_n y un conjunto de longitudes de paso P_n . Después de cada evaluación en la función objetivo F , el nuevo valor $F_1 = x + \xi$ se compara con el mejor valor anterior F_0 obtenido hasta el momento. Si se desea encontrar un mínimo entonces $F_1(x + \xi) \leq F_0$, de modo que la solución se mueve hacia adelante ($x + \xi$), es decir, el “punto actual” x_i se sustituye por

$$B_2 = A_2 - (A_2 \cdot e_1^2) \cdot e_1^2 \tag{A.4}$$

$$e_2^2 = \frac{B_2}{\|B_2\|} \tag{A.5}$$

: : : : :

$$B_n = A_n - \sum_{i=1}^n (A_n \cdot e_i^2) \cdot e_i^2 \tag{A.6}$$

$$e_n^2 = \frac{B_n}{\|B_n\|} \tag{A.7}$$

A cada rotación de ejes se le llama **etapa**. El proceso termina cuando algún criterio de convergencia se satisface.

A.3 Código del Algoritmo

Proponer:

- Un punto inicial $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$
- Una tolerancia o criterio de convergencia $\varepsilon > 0$;
- Un factor de expansión α , en el intervalo, $\alpha > 1$
- Un factor de contracción β , en el intervalo, $0 \leq \beta \leq 1$
- Las direcciones iniciales (vectores unitarios) e_1, e_2, \dots, e_n
- Las longitudes de paso iniciales $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n > 0$

```

=====
!===      OPTIMIZACION DE UNA FUNCION NO LINEAL MEDIANTE EL METODO DE ROSENBROCK      =====
!===
!=== Algoritmo de Rosenbrock para minimizar una función no lineal, unimodal y      =====
!=== dependiente de múltiples variables no restringidas. FORTRAN 2003      =====
!===                                                                                               Por Luis Eusebio Ramírez Salazar 2010 =====
!=====

PROGRAM Optimizacion_fx
  IMPLICIT NONE

  INTEGER, PARAMETER      :: dim = 5
  REAL, DIMENSION(1:dim)  :: xi
  INTEGER                  :: in_reo, maxrot_ejes
  REAL                     :: tol, delta, falpha, fbeta
  OPEN(UNIT=100, FILE='Resultados.dat', STATUS='UNKNOWN', ACTION='WRITE')

  tol      = 1.0E-10
  delta    = 0.1
  falpha   = 3.0
  fbeta    = 0.5
  in_reo   = 3
  maxrot_ejes = 20

  xi(1) = 5.0
  xi(2) = -1.0
  xi(3) = 11.0
  xi(4) = -3.0
  xi(5) = 8.0

  CALL Optimizar_fx (dim, xi, tol, delta, falpha, fbeta, in_reo, maxrot_ejes)

```


CONTAINS

```

!*****
!*** Subrutina Optimizar_fx ( ) ***
!*** Esta subrutina calcula los valores óptimos xi de la función no lineal, ***
!*** utilizando el Algoritmo de Rosenbrock para variables no restringidas. ***
!*****

SUBROUTINE Optimizar_fx (n,x,tole,delt,alpha,beta,in,max_rrotejes)
  IMPLICIT NONE

  INTEGER, INTENT(IN) :: n
  REAL, DIMENSION(1:n) :: x,deltta,cond,d
  REAL, DIMENSION(n,n) :: e,a
  INTEGER :: i,j,k,l,m,p,r,h,ip,ix,jx,in,jn,neval_Fx,nrot_ejes,max_rrotejes
  REAL :: tole,delt,alpha,beta,F0,F1,b,bety

  !Primera evaluación de la Función Objetivo, utilizando los valores propuestos xi.

  CALL Fx(n,x,F0)
  neval_Fx = 1
  nrot_ejes = 1

  !Se proponen valores de longitud de paso delta(i) y vectores unitarios e(i,j).

  DO i=1,n
    deltta(i) = delt
  END DO
  DO i=1,n
    DO j=1,n
      e(i,j) = 0.0
      IF (i==j) e(i,j) = 1.0
    END DO
  END DO

  !Impresión de las condiciones iniciales propuestas por el usuario.

  WRITE(100,05) ('=',i=1,62),'OPTIMIZACION DE UNA FUNCION NO LINEAL "METODO DE
    ROSEN BROCK"',('=',i=1,62)
  WRITE(100,08)
  WRITE(100,10) alpha,beta,tole
  WRITE(100,15)
  DO i=1,n
    WRITE(100,20) i,deltta(i)
  END DO
  WRITE(100,25)
  DO i=1,n
    WRITE(100,30) i,(e(i,j),j=1,n)
  END DO
  WRITE(100,35)
  DO i=1,n
    WRITE(100,40) i,x(i)
  END DO
  WRITE(100,45) F0
  WRITE(100,48) ('*',i=1,9),('*',i=1,9)

  !Comienza la optimización mediante el Algoritmo de Rosenbrock para variables
  no restringidas.

  DO WHILE (F0 >= tole)
    DO i=1,n
      cond(i) = 2.0
      d(i) = 0.0
    END DO

```

```

99 DO i=1,n
  DO j=1,n
    x(j) = x(j) + delttta(i) * e(i,j)
  END DO
  CALL Fx(n,x,F1)
  neval_Fx = neval_Fx + 1
  IF (F1 <= F0) THEN
    d(i) = d(i) + delttta(i)
    delttta(i) = alpha * delttta(i)
    F0 = F1
    IF (cond(i) > 1.5) cond(i) = 1.0
  ELSE
    DO j=1,n
      x(j) = x(j) - delttta(i) * e(i,j)
    END DO
    delttta(i) = -beta * delttta(i)
    IF (cond(i) < 1.5) cond(i) = 0.0
  END IF
END DO
DO jx=1,n
  IF(cond(jx) > 0.5) GO TO 99
END DO

```

!Rotación de ejes mediante el proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt.

```

DO k=1,n
  DO l=1,n
    a(k,l) = 0.0
  END DO
END DO
DO h=1,n
  DO j=1,n
    DO l=h,n
      a(h,j) = a(h,j) + d(l) * e(l,j)
    END DO
  END DO
END DO
b = 0.0
DO j=1,n
  b = b + a(1,j)**2
END DO
b = SQRT(b)
DO j=1,n
  e(1,j) = a(1,j)/b
END DO
DO jn=1,in
  DO p=2,n
    ip = p-1
    DO m=p,n
      bety = 0.0
      DO k=1,n
        bety = bety - a(m,k) * e(ip,k)
      END DO
      DO j=1,n
        a(m,j) = a(m,j) + bety * e(ip,j)
      END DO
    END DO
    bety = 0.0
    DO k=1,n
      bety = bety + a(p,k)**2
    END DO
    bety = SQRT(bety)
    DO k=1,n
      e(p,k) = a(p,k)/bety
    END DO
  END DO
END DO

```

```

        END DO
    END DO
    IF (jn == in) EXIT
    DO r=2,n
        DO j=1,n
            a(r,j) = e(r,j)
        END DO
    END DO
END DO

!Impresión de resultados parciales.

WRITE(100,50) nrot_ejes
WRITE(100,55) neval_Fx
WRITE(100,60) F0
WRITE(100,65)
DO ix=1,n
    WRITE(100,70) ix,x(ix)
END DO

nrot_ejes = nrot_ejes + 1
IF (nrot_ejes >= max_rotejes) EXIT

END DO

!Impresión de resultados finales.

WRITE(100,75) ('-',i=1,62),('-',i=1,62)
WRITE(100,80) nrot_ejes
WRITE(100,85) neval_Fx
WRITE(100,90) F0
WRITE(100,95)
DO ix=1,n
    WRITE(100,97) ix,x(ix)
END DO

!Formatos para impresiones de resultados

05 FORMAT(/,2X,62A1,/,3X,A60,/,2X,62A1,/,2X,'PARAMETROS INICIALES')
08 FORMAT(/,2X,'f(x)=5*(X(1)-1)**2+4*(X(2)-2)**2+3*(X(3)-3)**2+2*(X(4)-4)**2+
(X(5)-5)**2')
10 FORMAT(/,2X,'Alpha =',F5.2,4X,'Beta =',F5.2,/,2X,'Tolerancia al error =',1PE8.1)
15 FORMAT(/,2X,'Valores iniciales de longitud de paso :')
20 FORMAT(/,2X,'delta',I2,X,'=',F4.1)
25 FORMAT(/,2X,'Vectores unitarios iniciales ei:')
30 FORMAT(/,2X,'e',I2,X,'= ('',5F4.1,X,'')')
35 FORMAT(/,2X,'Valores iniciales de las variables independientes xi:')
40 FORMAT(/,2X,'x',I2,X,'=',F10.3)
45 FORMAT(/,2X,'Valor inicial de la función objetivo F(x) =',E16.6)
48 FORMAT(/,2X,9A1,3X,'COMIENZA LA OPTIMIZACION DE LA FUNCION',3X,9A1)
50 FORMAT(/,2X,'Etapa numero',I3)
55 FORMAT(/,5X,'Numero de veces que se evaluó la función objetivo :',I4)
60 FORMAT(/,5X,'Valor parcial de la función objetivo =',E16.6)
65 FORMAT(/,5X,'Valores óptimos de las variables independientes ;')
70 FORMAT(/,5X,'x',I2,X,'=',E16.6)
75 FORMAT(/,2X,62A1,/,25X,'RESULTADOS FINALES',/,2X,62A1)
80 FORMAT(/,2X,'Numero total de etapas :',I3)
85 FORMAT(/,5X,'Numero de veces que se evaluó la función objetivo :',I4)
90 FORMAT(/,5X,'Valor optimo de la función objetivo F(x) =',F16.6)
95 FORMAT(/,5X,'Valores óptimos de las variables independientes ;')
97 FORMAT(/,5X,'x',I2,X,'=',F16.5)

END SUBROUTINE Optimizar_fx

```

```

!*****
!*** Subrutina Fx() ***
!*** Esta subrutina calcula el valor parcial de la Función Objetivo Fx ***
!*****

SUBROUTINE Fx(n,x,F)
  IMPLICIT NONE

  INTEGER, INTENT(IN)  ::n
  REAL, DIMENSION(1:n)  ::x
  REAL  ::F

  !Ingresar la función para minimizarla con el Algoritmo de Rosenbrock
  !Si el usuario desea maximizar la función, únicamente cambiar los signos

  F = (5*(X(1)-1)**2)+(4*(X(2)-2)**2)+(3*(X(3)-3)**2)+(2*(X(4)-4)**2)+((X(5)-5)**2)

END SUBROUTINE Fx

END PROGRAM Optimizacion_fx

```

Referencias

- A.1. Bazaraa, M.S., Shetty, C.M. **“Nonlinear programming: Theory and algorithms”**. Wiley-Interscience, New Jersey, USA, 2006.
- A.2. Beveridge, Gordon, S.G. **“Optimization: Theory and practice”**. McGraw-Hill, New York, USA, 1970.
- A.3. Bultheel, A. **“Remark on Algorithm 450”**. Communication of the ACM. Vol. 17, No 8 (August 1974), 470.
- A.4. Chapman, S.J. **“FORTRAN 90/95 for Scientist and Engineers”**. McGraw-Hill Higher Education, Boston, USA, 2004.
- A.5. Davies, M.A **“Remark on Algorithm 450”**. ACM Transactions on Mathematical Software. Vol. 2, No 3 (September 1976), 300-301.
- A.6. Himmelblau, D.M. **“Applied nonlinear programming”**. McGraw-Hill, New York, USA, 1972.
- A.7. Kuester, J.L., Mize, J.H. **“Optimization techniques with FORTRAN”**. McGraw-Hill, New York, USA, 1973.
- A.8. Machura, M., Mulawa, A. **“Rosenbrock function minimization”**. Communication of the ACM. Vol. 16, No 8 (August 1973), 482-483.
- A.9. Martínez, B.J., Requena, R.I., Marín, R.N **“Programación estructurada con FORTRAN 90/95”**. Universidad de Granada, España, 2006.
- A.10. Mordecai, A. **“Nonlinear programming: Analysis and methods”**. Prentice-Hall, New Jersey, 1976.
- A.11. Rojas, V.F.J. **“Aplicación del método de Rosenbrock en la optimización de parámetros hidrológicos”**. Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM, 1978.
- A.12. Rosenbrock, H.H. **“An automatic method for finding the greatest or least value of a function”**. The Computer Journal. Vol. 3, No 3 (March 1960), 175-184.
- A.13. Rosenbrock, H.H., Storey, C. **“Computational techniques for chemical engineers”**. Pergamon, Oxford, UK, 1966.
- A.14. Schwefel, H.P. **“Evolution and optimum seeking”**. John-Wiley, New York, USA, 1994.

Apéndice B

Ajuste de una serie de gastos máximos anuales por medio de la función de distribución de probabilidad “Gumbel Dos Poblaciones”

```
!=====  
!===          AJUSTE DE UNA SERIE DE GASTOS MEDIOS MAXIMOS ANUALES MEDIANTE          ===  
!===          LA FUNCION DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD "GUMBEL DOS POBLACIONES" (G2P)  ===  
!===  
!=== Este programa calcula la magnitud de un cierto Gasto Máximo Anual asociado a un    ===  
!=== periodo de retorno Tr, por medio del ajuste de una función de probabilidad G2P ó    ===  
!=== Gumbel Mixta. La estimación de parámetros estadísticos de dicha función se        ===  
!=== realiza con el algoritmo de Rosenbrock para minimizar una función no lineal,       ===  
!=== unimodal y dependiente de múltiples variables no restringidas. Para estimar la    ===  
!=== extrapolación de eventos de diseño para diferentes periodos de retorno se emplea   ===  
!=== el Método Numérico de Newton-Raphson.                                           ===  
!===  
!=== Lenguaje de programación utilizado: FORTRAN 2003.                               ===  
!=== Elaborado por: Luis Eusebio Ramírez Salazar 2010 (Tesis de Licenciatura UNAM).    ===  
!=====
```

```
PROGRAM Eventos_Qd  
  IMPLICIT NONE  
  
  INTEGER, PARAMETER :: dimqff = 150, dimqc = 2  
  INTEGER, PARAMETER :: dimp = 5  
  INTEGER, PARAMETER :: dalf = 11  
  INTEGER, PARAMETER :: dTr = 12  
  REAL, DIMENSION(1:dimqff) :: Qi,Qr,P,Tre,Z,Qc,fQc  
  REAL, DIMENSION(1:dimp) :: pi,x  
  REAL, DIMENSION(1:dalf) :: fa  
  REAL, DIMENSION(1:dTr) :: Tr,QTr,fQTr  
  REAL, DIMENSION(dimqff,dimqc) :: QA  
  INTEGER :: i,j,k,dimqf,nqc,nre,nmre,A1,A2,Salida  
  REAL :: tol,delta,falpha,fbeta,fQ,Media1,Media2,DesEst1,&  
         DesEst2,sumq,EEA  
  
  CHARACTER(LEN=30) :: Estación  
  OPEN(UNIT=100,FILE='Registros.dat',STATUS='UNKNOWN',ACTION='READ')
```

!Condiciones iniciales para optimizar la Función G2P con el Método de Rosenbrock.

```
tol    = 1.0E-10
delta  = 0.1
fa     = (/2.0,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,2.6,2.7,2.8,2.9,3.0/) ! falpha >= 1
fbeta  = 0.5                                     ! 0 < fbeta <= 1
nre    = 3
```

!Ingreso de información general.

!-----

```
WRITE(*,01) ("=",i=1,87),("=",i=1,87)
WRITE(*,02)
WRITE(*,03)
WRITE(*,04)
WRITE(*,05)
READ(*,*) Estación
WRITE(*,06)
READ(*,'(I4)') A1
WRITE(*,07)
READ(*,'(I4)') A2
WRITE(*,08)
READ(*,*) dimqf
WRITE(*,09)
READ(*,*) nqc
WRITE(*,10)
READ(*,*) nmre
CALL SYSTEM('CLS')
WRITE(*,11)
PAUSE
CALL SYSTEM('CLS')
```

!Lectura del registro de Gastos Máximos de la estación hidrométrica requerida.

!-----

```
DO j=1,dimqc
  DO i=1,dimqf
    READ(100,*) QA(i,j)
  END DO
END DO
CLOSE(UNIT=100)

DO k=1,dimqf
  Qi(k)=QA(k,1)
END DO
```

!IMPRESION DE RESULTADOS FINALES.

!-----

```
WRITE(*,12) ("=",i=1,87),("=",i=1,87)
WRITE(*,13)
WRITE(*,14)
WRITE(*,15)
WRITE(*,16) Estación
WRITE(*,17) A1
WRITE(*,18) A2
WRITE(*,19) dimqf
WRITE(*,20) nqc
```

```

!Impresión de parámetros estadísticos iniciales de la Función G2P.
!-----

WRITE(*,21) ("-",k=1,87),("-",k=1,87)

CALL Estadistica (dimp,dimqf,pi,Qi,nqc,Medial,Media2,DesEst1,DesEst2)

WRITE(*,22)
WRITE(*,'(/,5X,"Medial =",F10.3)') Medial
WRITE(*,'(/,5X,"DesEst1 =",F10.3)') DesEst1
WRITE(*,'(/,5X,"Media2 =",F10.3)') Media2
WRITE(*,'(/,5X,"DesEst2 =",F10.3)') DesEst2
WRITE(*,23)
DO i=1,dimp
    WRITE(*,'(/,5X,"p",I1,1X,"=",F10.3)') i,pi(i)
END DO
CALL Funcion_fQ (dimp,dimqf,pi,Qi,fQ)
WRITE(*,24) fQ                                     !Evaluación inicial de la Función Objetivo f(Q).

DO i=1, dimp
    x(i)=pi(i)                                     ! Parámetros estadísticos iniciales.
END DO
DO j=1,dimqf
    P(j)=REAL(j)/(dimqf+1)                         !Probabilidad P(Qr).
END DO
DO k=1,dimqf
    Tre(k)=1/(1-P(k))                               !Periodo de retorno Tr.
END DO
DO i=1,dimqf
    Z(i)=-LOG(LOG(Tre(i)/(Tre(i)-1)))               !Abscisa Z para bosquejar la grafica Z vs (Qr,Qc)
END DO

!Impresión de parámetros estadísticos óptimos de la Función G2P.
!-----

WRITE(*,25) ("-",k=1,87),("-",k=1,87)
CALL MinEEA (dimp,dimqf,dalf,pi,Qi,fa,P,tol,delta,falpha,fbeta,nre,nmre)
WRITE(*,26) falpha
WRITE(*,27) fbeta
DO k=1, dimp
    pi(k)= x(k)
END DO
CALL Optimizar_fQ (dimp,dimqf,pi,Qi,tol,delta,falpha,fbeta,nre,nmre)
CALL Funcion_fQ (dimp,dimqf,pi,Qi,fQ)

WRITE(*,28)
DO i=1,dimp
    WRITE(*,29) i,pi(i)
END DO
WRITE(*,30) fQ                                     !Evaluación final de la Función Objetivo f(Q).

!Ajuste a la serie Qi con la distribución G2P e impresión de tabla de cálculo final.
!-----

WRITE(*,31) ("-",j=1,87),("-",j=1,87)

CALL Ajuste_G2P (dimp,dimqf,pi,Qi,P,Qc,fQc)

WRITE(*,32)
WRITE(*,33) ("=",i=1,4),("=",i=1,9),("=",i=1,3),("=",i=1,9),("=",i=1,5),&
    ("=",i=1,8),("=",i=1,6),("=",i=1,10),("=",i=1,5)
DO k=1,dimqf
    WRITE(*,34) INT(QA(k,2)),QA(k,1),K,Qr(k),P(k),Tre(K),Z(K),Qc(k),fQc(k)
END DO
WRITE(*,35) ("-",k=1,87)

```



```

sumq=0.0
DO i=1,dimqf
    sumq=sumq+(Qr(i)-Qc(i))*2
END DO
EEA=SQRT(sumq/(dimqf-dimp))
WRITE(*,36) EEA

!Extrapolación probabilística de los eventos de diseño Qc, para distintos periodos de retorno Tr.
!-----

CALL Extr_GastDis (dimp,dimqf,dTr,pi,Qc,Tr,QTr,fQTr)

WRITE(*,37)
WRITE(*,38)
WRITE(*,39) ("=",i=1,8),("=",i=1,10),("=",i=1,5)
DO j=1,dTr
    WRITE(*,40) INT(Tr(j)),QTr(j),fQTr(j)
END DO
WRITE(*,41) ("*",i=1,10),("*",i=1,10)
WRITE(*,*) 'Presiona l+Enter para salir del programa QG2P'
READ(*,*) Salida

!Formatos de impresión.
!-----

01 FORMAT(/,87A1,/,12X,'AJUSTE DE UNA SERIE DE GASTOS MEDIOS MAXIMOS ANUALES MEDIANTE'&
    ,/,7X,'LA FUNCION DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD "GUMBEL DOS POBLACIONES"
    (G2P)',/,87A1)
02 FORMAT(/,'Lenguaje de Programación: FORTRAN 2003',/,&
    ,/, 'Ajuste de Distribución de Probabilidad: Gumbel Dos Poblaciones (Gonzales
    1970)')
03 FORMAT(/,'f(Q) = (exp(-exp(-((Q-b1)/a1)))*p+((1-p)*(exp(-exp(-((Q-b2)/a2))))))')
04 FORMAT(/,'** INGRESE LA INFORMACION REQUERIDA')
05 FORMAT(/,'Nombre de la Estación Hidrométrica: (30 caracteres)')
06 FORMAT(/,'Año de registro inicial:')
07 FORMAT(/,'Año de registro final:')
08 FORMAT(/,'Tamaño del registro de Gastos Máximos Anuales')
09 FORMAT(/,'Número de Gastos Máximos Ciclónicos')
10 FORMAT(/,'Número máximo de rotación de ejes (nmre = 20)')
11 FORMAT(/,2X,'*** PRECAUCION !!!',/,&
    ,/,2X,'Para que se pueda ejecutar este programa es necesario generar un
    archivo que tenga'&
    ,/,2X,'por nombre "Registros" con extensión .dat, pegarlo en la misma carpeta
    en donde'&
    ,/,2X,'se localice este archivo ejecutable .exe. El archivo generado
    Registros.dat, for-'&
    ,/,2X,'zosamente tendrá que contener la siguiente información y orden que se
    indica',/,&
    ,/,2X,'Escribir o pegar en el archivo .dat, los Gastos Máximo Anuales
    (originales, sin'&
    ,/,2X,'ordenar) en forma de columnas. Dejar un espacio al termino de dicha
    columna y pos-'&
    ,/,2X,'teriormente pegar las fechas (anos) de registro: véase el siguiente
    ejemplo',/,&
    ,/,2X,'Q1',/,2X,'Q2',/,2X,'Qn',/,2X,'espacio',/,2X,'1945',/,2X,'1946',/,2X,'2
    010',/,&
    ,/,2X,'Es aconsejable generar primero el archivo .dat, para evitar errores
    fatales.'&
    ,/,2X,'Si ya genero el archivo .dat presione ENTER para continuar.',/)
12 FORMAT(/,2X,87A1,/,13X,'AJUSTE DE UNA SERIE DE GASTOS MEDIOS MAXIMOS ANUALES
    MEDIANTE'&
    ,/,8X,'LA FUNCION DE DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD "GUMBEL DOS
    POBLACIONES"(G2P)',/,2X,87A1)
13 FORMAT(/,5X,'Este programa calcula la magnitud de un cierto Gasto Máximo Anual

```

```

asociado a un'&
/,5X,'periodo de retorno Tr, por medio del ajuste de una función de
probabilidad G2P'&
/,5X,'o Gumbel Mixta. La estimación de parámetros estadísticos de dicha
función se '&
/,5X,'realiza con el algoritmo de Rosenbrock para minimizar una función no
lineal,'&
/,5X,'unimodal y dependiente de múltiples variables no restringidas. Para
estimar'&
/,5X,'los gastos máximos anuales o eventos de diseño y las extrapolaciones
para dife-'&
/,5X,'rentes periodos de retorno se emplea el Método Numérico de Newton
Raphson.')
14 FORMAT(/,5X,'Lenguaje de Programación: FORTRAN 2003',/,&
/,5X,'Ajuste de Distribución de Probabilidad: Gumbel Dos Poblaciones
(Gonzales 1970)')
15 FORMAT(/,5X,'f(Q) = (exp(-exp(-(Q-p2)/p1)))*(p5+((1-p5)*(exp(-exp(-(Q-p4)&
/p3))))))')
16 FORMAT(/,5X,'Nombre de la Estación Hidrometrica:',1X,A30)
17 FORMAT(/,5X,'Año de registro inicial:',1X,I4)
18 FORMAT(/,5X,'Año de registro final:',1X,I4)
19 FORMAT(/,5X,'Tamano del registro de Gastos Máximo Anuales; dimqf =',1X,I3)
20 FORMAT(/,5X,'Numero de Gastos Máximo Ciclónicos; nqc =',1X,I2)
21 FORMAT(/,2X,87A1,/,17X,"ESTIMACION DE PARAMETROS ESTADISTICOS INICIALES &
(X MOMENTOS)",/,2X,87A1)
22 FORMAT(/,5X,"Estadísticos muestrales;")
23 FORMAT(/,5X,"Parametros estadísticos de la función Gumbel dos Poblaciones;")
24 FORMAT(/,5X,"Valor inicial de la función objetivo f(Q) =",F10.6)
25 FORMAT(/,2X,87A1,/,11X,"OPTIMIZACION DE DE PARAMETROS ESTADISTICOS &
(ALGORITMO DE ROSENBROCK)",/,2X,87A1)
26 FORMAT(/,5X,'Factor de escala de aumento en los incrementos; a =',1X,F3.1)
27 FORMAT(/,5X,'Factor de escala de reducción en los incrementos; b =',1X,F3.1)
28 FORMAT(/,5X,"Parametros estadísticos óptimos de la función Gumbel dos Poblaciones;")
29 FORMAT(/,5X,"p",I1,1X,"=",F10.3)
30 FORMAT(/,5X,"Valor optimo de la función objetivo f(Q) =",F10.6)
31 FORMAT(/,2X,87A1,/,15X,"CALCULO DE GASTOS MAXIMOS DE DISENO Qc(m3/s) &
(Newton Raphson)",/,2X,87A1)
32 FORMAT(/,T5,"Año",T12,1X,"Q(m3/s)",T24,1X,"k",T30,1X,"Qr(m3/s)",T42,"P(Qr)",&
T50,"Tr(anos)",T61,2X,"Z",T70,1X,"Qc(m3/s)",T83,"F(Qc)")
33 FORMAT(T5,4A1,T12,9A1,T24,3A1,T30,9A1,T42,5A1,T50,8A1,T61,6A1,T70,10A1,T83,5A1,/)
34 FORMAT(T5,I4,T12,F9.2,T24,I3,T30,F9.2,T42,F5.3,T50,F7.3,T61,F6.3,T70,F10.3,T83,F5.3)
35 FORMAT(2X,87A1)
36 FORMAT(/,4X,"Error Estándar de Ajuste EEA =",F10.3,1X,"m3/s")
37 FORMAT(/,4X,"Extrapolacion probabilística de los eventos de diseño Qc")
38 FORMAT(/,T5,"Tr(años)",T16,1X,"Qc(m3/s)",T29,"F(Qc)")
39 FORMAT(T5,8A1,T16,10A1,T29,5A1,/)
40 FORMAT(T5,1X,I5,T16,F10.3,T29,F5.3)
41 FORMAT(/,2X,10A1,5X,"Programa elaborado por RAMIREZ SALAZAR &
LUIS EUSEBIO 2010",5X,10A1,/)

```

CONTAINS

```

!*****
!*** Subrutina Estadística ( ) ***
!*** Esta subrutina calcula el análisis estadístico; Estadísticos muestrales de ***
!*** Gastos Q, y Estimación de los parámetros estadísticos por momentos de la ***
!*** Función de Distribución G2P. ***
!*****

```

```

SUBROUTINE Estadistica (dp,dqf,p,Q,nqci,Media_1,Media_2,DesEst_1,DesEst_2)
IMPLICIT NONE

INTEGER, INTENT(IN) :: dp,dqf,nqci
REAL, DIMENSION(1:dqf) :: Q

```

```

REAL, DIMENSION(1:dp)  :: p
INTEGER                 :: i, j, k, r
REAL                   :: temp, sumx1, sumx2, sums1, sums2, Media_1, Media_2, &
                       DesEst_1, DesEst_2

DO i=1,dqf-1
  DO j=i+1,dqf
    IF (Q(i)>Q(j)) THEN
      temp=Q(i)
      Q(i)=Q(j)
      Q(j)=temp
    END IF
  END DO
END DO

sumx1=0.0
DO i=1,dqf-nqci
  sumx1=sumx1+Q(i)
END DO
Media_1=sumx1/(dqf-nqci)

sumx2=0.0
DO j=dqf-nqci+1,dqf
  sumx2=sumx2+Q(j)
END DO
Media_2=sumx2/nqci

sums1=0.0
DO k=1,dqf-nqci
  sums1=sums1+(Q(k)-Media_1)**2
END DO
DesEst_1=SQRT(sums1/((dqf-nqci)-1))

sums2=0.0
DO r=dqf-nqci+1,dqf
  sums2=sums2+(Q(r)-Media_2)**2
END DO
DesEst_2=SQRT(sums2/(nqci-1))

p(1) = 0.779697*DesEst_1           !Alfa1
p(2) = Media_1-(0.450053*DesEst_1) !Beta1
p(3) = 0.779697*DesEst_2           !Alfa2
p(4) = Media_2-(0.450053*DesEst_2) !Beta2
p(5) = (REAL(dqf)-nqci)/dqf        !P

END SUBROUTINE Estadistica

!*****
!*** Subrutina Funcion_fQ ( ) ***
!*** Esta subrutina calcula el valor parcial de la Función Objetivo f(Q) ***
!*****

SUBROUTINE Funcion_fQ (dp,dqf,p,Q,FO)
  IMPLICIT NONE

  INTEGER, INTENT(IN)  :: dp,dqf
  REAL, DIMENSION(1:dp) :: p
  REAL, DIMENSION(1:dqf) :: Q
  INTEGER              :: i
  REAL                 :: a1,a2,E,FO

  E = 0.0
  DO i=1,dqf
    a1 = EXP(-EXP(-(Q(i)-p(2))/p(1)))

```

```

a2 = EXP(-EXP(-((Q(i)-p(4))/p(3))))
E = E+(((REAL(i)/(dqf+1))-a1*(p(5)+((1-p(5))*a2))))**2)*1.0
END DO
FO = E

```

END SUBROUTINE Funcion_fQ

```

!*****
!*** Subrutina Optimizar_fQ ( ) ***
!*** Esta subrutina calcula los parámetros estadísticos óptimos p(i) ***
!*** utilizando el algoritmo de Rosenbrock para variables no restringidas. ***
!*****

```

SUBROUTINE Optimizar_fQ (dp,dqf,p,Q,tole,delt,alpha,beta,nr,max_rrotejes)
 IMPLICIT NONE

```

INTEGER, INTENT(IN)      :: dp,dqf
REAL, DIMENSION(1:dp)   :: p,deltta,cond,d
REAL, DIMENSION(1:dqf)  :: Q
REAL, DIMENSION(dp,dp)  :: e,a
INTEGER                  :: i,j,k,m,r,s,t,ni,nr,nrot_ejes,max_rrotejes
REAL                     :: tole,delt,alpha,beta,F0,F1,b,bb

```

!Primera evaluación de la Función Objetivo, utilizando los valores propuestos xi.

CALL Funcion_fQ (dp,dqf,p,Q,F0)

nrot_ejes = 1

!Se proponen valores de longitud de paso delta(i) y vectores unitarios e(i,j).

```

DO i=1,dp
    deltta(i) = delt
END DO
DO j=1,dp
    DO k=1,dp
        e(j,k) = 0.0
        IF (j==k) e(j,k) = 1.0
    END DO
END DO

```

!Comienza la optimización mediante el método de Rosenbrock para variables no restringidas.

```

DO WHILE (F0 >= tole)
    DO i=1,dp
        cond(i) = 2.0
        d(i) = 0.0
    END DO
    90 DO j=1,dp
        DO k=1,dp
            p(k) = p(k) + deltta(j) * e(j,k)
        END DO

        CALL Funcion_fQ (dp,dqf,p,Q,F1)

        IF (F1 <= F0) THEN
            d(j) = d(j) + deltta(j)
            deltta(j) = alpha * deltta(j)
            F0 = F1
            IF (cond(j) > 1.5) cond(j) = 1.0
        ELSE
            DO m=1,dp
                p(m) = p(m) - deltta(j) * e(j,m)
            END DO
        END IF
    END DO

```

```

        delttta(j) = -beta * delttta(j)
        IF (cond(j) < 1.5) cond(j) = 0.0
    END IF
END DO
DO r=1,dp
    IF(cond(r) > 0.5) GO TO 90
END DO

!Rotación de ejes mediante el proceso de ortogonalización de Gram-Schmidt.

DO i=1,dp
    DO j=1,dp
        a(i,j) = 0.0
    END DO
END DO
DO k=1,dp
    DO m=1,dp
        DO r=k,dp
            a(k,m) = a(k,m) + d(r) * e(r,m)
        END DO
    END DO
END DO
b = 0.0
DO s=1,dp
    b = b + a(1,s)**2
END DO
b = SQRT(b)
DO t=1,dp
    e(1,t) = a(1,t)/b
END DO
DO ni=1,nr
    DO i=2,dp
        j = i-1
        DO k=i,dp
            bb = 0.0
            DO m=1,dp
                bb = bb - a(k,m) * e(j,m)
            END DO
            DO r=1,dp
                a(k,r) = a(k,r) + bb * e(j,r)
            END DO
        END DO
        bb = 0.0
        DO s=1,dp
            bb = bb + a(i,s)**2
        END DO
        bb = SQRT(bb)
        IF (bb == 0.0) EXIT
        DO t=1,dp
            e(i,t) = a(i,t)/bb
        END DO
    END DO
    IF (ni == nr) EXIT
    DO i=2,dp
        DO j=1,dp
            a(i,j) = e(i,j)
        END DO
    END DO
    nrot_ejes = nrot_ejes + 1
    IF (nrot_ejes >= max_rrotejes) EXIT
END DO

END SUBROUTINE Optimizar_fQ

```

```

!*****
!*** Subrutina Ajuste_G2P ( ) ***
!*** Esta subrutina calcula los Gastos Máximos de Diseño Qc(m3/s) para ***
!*** diferentes periodos de retorno Tr(anos), utilizando el método de Newton-Raphson. ***
!*****

SUBROUTINE Ajuste_G2P (dp,dqf,p,Q,PQ,Qcal,fQcal)
  IMPLICIT NONE

  INTEGER, INTENT(IN)      :: dp,dqf
  REAL, DIMENSION(1:dp)   :: p
  REAL, DIMENSION(1:dqf)  :: Q,PQ,Qcal,fQcal
  INTEGER                  :: i
  REAL                     :: tol,Gast,Prob

  Tol = 1.0E-07

  DO i=1,dqf
    Gast = Q(i)
    Prob = PQ(i)
    DO WHILE (ABS(fQ_NR(dp,p,Gast,Prob)) >= tol)
      Gast = Gast - fQ_NR(dp,p,Gast,Prob)/dfQ(dp,p,Gast)
    END DO
    Qcal(i) = Gast
    fQcal(i) = fQ_NR(dp,p,Gast,Prob)
  END DO

END SUBROUTINE Ajuste_G2P

!*****
!** Función fQ_NR() **
!** "Esta función calcula el valor parcial de la función objetivo f(Qc) **
!*****

REAL FUNCTION fQ_NR (dp,p,Gast,Prob)
  IMPLICIT NONE

  REAL, INTENT(IN):: Gast,Prob
  INTEGER          :: dp
  REAL             :: a,b,p(dp)

  a = EXP(-EXP(-((Gast-p(2))/p(1))))
  b = EXP(-EXP(-((Gast-p(4))/p(3))))

  fQ_NR = (a*(p(5)+((1-p(5))*b))) - Prob

END FUNCTION fQ_NR

!*****
!** Función dfQ() **
!** "Esta función calcula el valor la derivada de la función f(Qc)" **
!*****

REAL FUNCTION dfQ (dp,p,Gast)
  IMPLICIT NONE

  REAL, INTENT(IN):: Gast
  INTEGER          :: dp
  REAL             :: a,b,c,d,p(dp)

  a = EXP(-EXP(-((Gast-p(2))/p(1))))
  b = EXP(-EXP(-((Gast-p(4))/p(3))))
  c = EXP(-((Gast-p(2))/p(1)))
  d = EXP(-((Gast-p(4))/p(3)))

```

```

dfQ = a*((p(5)/p(1))*c)+(((1-p(5))/(p(1)*p(3)))*b*((p(3)*c)+(p(1)*d)))

END FUNCTION dfQ

!*****
!*** Subrutina MinEEA ( ) ***
!*** Esta subrutina estima el Mínimo Error Estándar de Ajuste ***
!*** MIM(EEA) y posteriormente ***
!*** calcula los factores óptimos a y b para el Algoritmo de Rosenbrock. ***
!*****

SUBROUTINE MinEEA (dp,dqf,dal,p,Q,fal,PQ,tole,delt,alfa,beta,nr,max_rrotejes)
  IMPLICIT NONE

  INTEGER, INTENT(IN)      :: dp,dqf,dal
  REAL, DIMENSION(1:dp)   :: p,x
  REAL, DIMENSION(1:dqf)  :: Q,PQ,Qcal,fQcal
  REAL, DIMENSION(1:dal)  :: fal,EE
  INTEGER                  :: i,j,k,m,r,nr,max_rrotejes
  REAL                     :: tole,delt,alfa,beta,alpha,sq,Minimo

  sq=0.0
  DO i=1,dp
    x(i)=p(i)
  END DO

  DO j=1,dal
    DO k=1,dp
      p(k)=x(k)
    END DO
    alpha=fal(j)
    CALL Optimizar_fQ (dp,dqf,p,Q,tole,delt,alpha,beta,nr,max_rrotejes)
    CALL Ajuste_G2P (dp,dqf,p,Q,PQ,Qcal,fQcal)
    DO m=1,dqf
      sq=sq+(Q(m)-Qcal(m))**2
    END DO
    EE(j)=SQRT(sq/(dqf-dp))
    sq=0.0
  END DO
  Minimo = MIN(EE(1),EE(2),EE(3),EE(4),EE(5),EE(6),EE(7),EE(8),EE(9),EE(10),EE(11))
  DO r=1,dal
    IF(Minimo == EE(r)) EXIT
  END DO
  alfa = fal(r)

END SUBROUTINE MinEEA

!*****
!** Subrutina Extr_GastDis ( ) **
!** Esta subrutina extrapola los eventos de diseño para diferentes Periodos **
!** de Retorno TR = 2,5,10,20,50,100,200,500,1000,2000,5000,10000 (anos) **
!*****

SUBROUTINE Extr_GastDis (dp,dqf,dT,p,Qcal,T,QT,fQT)
  IMPLICIT NONE

  INTEGER, INTENT(IN)      :: dp,dqf,dT
  REAL, DIMENSION(1:dp)   :: p
  REAL, DIMENSION(1:dT)   :: T,QT,fQT,PQ
  REAL, DIMENSION(1:dqf)  :: Qcal
  INTEGER                  :: i,j,k
  REAL                     :: tol,Gast,Prob

```

```

tol = 1.0E-07
IF (MOD(dqf,2)==0) THEN
  k=dqf/2      !Tr *= 2 años
ELSE
  k=(dqf+1)/2 !Tr = 2 años
END IF
Gast = Qcal(k)

T = (/2,5,10,20,50,100,200,500,1000,2000,5000,10000/)

DO i=1,dT
  PQ(i)=1-(1/REAL(T(i)))
END DO

DO j=1,dT
  Prob = PQ(j)
  DO WHILE (ABS(fQ_NR(dp,p,Gast,Prob)) >= tol)
    Gast = Gast - fQ_NR(dp,p,Gast,Prob)/dfQ(dp,p,Gast)
  END DO
  QT(j) = Gast
  fQT(j) = fQ_NR(dp,p,Gast,Prob)
END DO

END SUBROUTINE Extr_GastDis

END PROGRAM Eventos_Qd

```


Referencias

- B.1. Campos A. D.F., “*Estimación de los parámetros óptimos de la distribución Gumbel mixta por medio del algoritmo de Rosenbrock*”. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. IV No. 1, enero-abril, 1989. pp 9-18.
- B.2. Chapman, S.J. “*FORTRAN 90/95 for Scientist and Engineers*”. McGraw-Hill Higher Education, Boston, USA, 2004.
- B.3. Davies, M.A “*Remark on Algorithm 450*”. ACM Transactions on Mathematical Software. Vol. 2, No 3, september 1976, pp 300-301.
- B.4. Kuester, J.L., Mize.J.H. “*Optimization techniques with FORTRAN*”. McGraw-Hill, New York, USA, 1973.
- B.5. Martinez, B.J., Requena.R.I., Marín, R.N “*Programación estructurada con FORTRAN 90/95*”. Universidad de Granada, España, 2006.
- B.6. V. Balderrama. “*Métodos Numéricos*”. Trillas, México, 1990.

Apéndice C

Componentes de un vaso de almacenamiento de una presa

C.1. Introducción

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre tal que, si fuera impermeable, todas las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas hacia un punto de salida, una cuenca se delimita por un parteaguas. Un embalse es una ampliación del valle por donde escurre una corriente, susceptible de cerrarse por medio de una presa con el fin de almacenar sus aguas. Una presa es una barrera que se construye al paso de una corriente de agua para almacenarla.

En este apartado se hace referencia a los conceptos hidrológicos fundamentales para el diseño de vasos, que son de gran importancia en hidrología, ya que constituyen las bases para el dimensionamiento de las presas y obras de aprovechamiento y protección contra inundaciones.

C.2. Características de los almacenamientos

Los vasos de almacenamiento de una presa sirven para regular los escurrimientos de un río, es decir, almacenan el volumen de agua en exceso que se acumula de la temporada de lluvia para utilizarlo en la época de estiaje.

En la Fig. C.1, se presenta, en forma esquemática, el hidrograma anual de escurrimiento en un río y una demanda considerada constante durante todo el año, que es mayor que la aportación del río en los meses de julio a noviembre, por lo que sería necesario, almacenar el volumen sobrante para satisfacer la demanda en los meses en que los escurrimientos del río no alcanzan, éste volumen se necesitaría guardar en un vaso de almacenamiento.

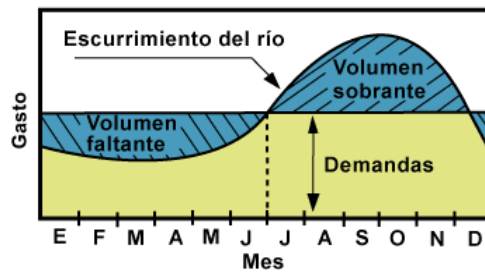


Figura C.1. Hidrograma anual de escurrimiento.

Los vasos de almacenamiento pueden tener los siguientes propósitos: irrigación, generación de energía eléctrica, control de avenidas, abastecimiento de agua potable, navegación, acuicultura, recreación, retención de sedimentos.

Los principales componentes, capacidades y niveles de un vaso de almacenamiento se muestran en la Fig. C.2.

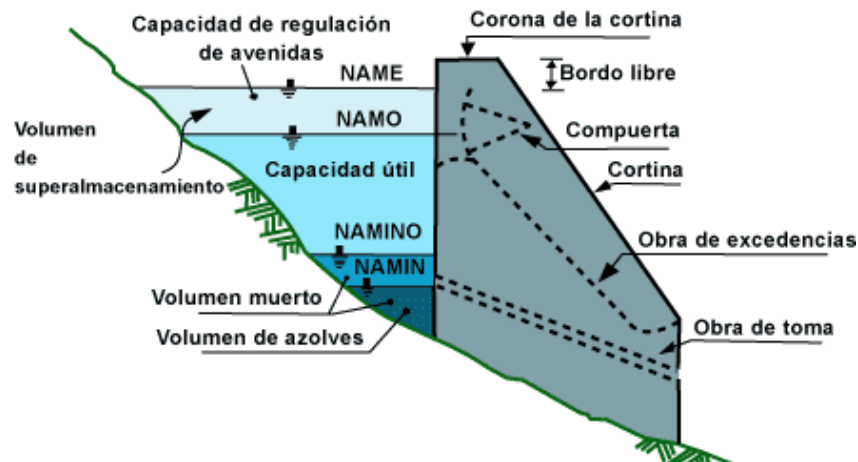


Figura C.2. Principales componentes de un vaso de almacenamiento.

El **NAMINO** (nivel de aguas mínimas de operación) es el nivel más bajo con el que puede operar la presa. En el caso de presas para generación de energía eléctrica, el **NAMINO** se fija de acuerdo a la carga mínima requerida por las turbinas.

El volumen muerto es el que queda bajo del **NAMINO**; es un volumen del que no se puede disponer. El volumen de azolves es el que queda abajo del nivel de la toma y se reserva para recibir el acarreo de sólidos por el río durante la vida útil de la presa. Los sedimentos en una presa se reparten a lo largo del embalse, depositándose los más gruesos al principio del mismo y los más finos cerca de la cortina.

El **NAMO** (nivel de aguas máximas ordinarias o de operación) es el nivel máximo del agua en que se debe operar la presa para satisfacer las demandas.

El vertedor u obra de excedencias es la estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que pueden poner el peligro la seguridad de la obra. Si el vertedor no es controlado por compuertas, el **NAMO** coincide con su cresta o punto más alto. En el caso de que la descarga por el vertedor esté controlada (generalmente por compuertas), el

NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso cambiar a lo largo del año. De tal forma, que en el estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en época de avenidas, ya que la probabilidad de que se presente una avenida de consideración es menor en el estiaje. En la operación de una presa los niveles del agua fluctúan entre el NAMINO y el NAMO. El volumen que se almacena entre el NAMINO y el NAMO se llama volumen o capacidad útil y es con el que se satisfacen las demandas de agua.

El **NAME** (nivel de aguas máximas extraordinarias) es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición. El volumen que queda entre este nivel y el NAMO, llamado superalmacenamiento, se emplea para controlar las avenidas que se presentan cuando el nivel en el vaso está cercano al NAMO. El bordo libre es el espacio entre el NAME y la máxima elevación de la cortina (corona) y está destinado a contener el oleaje y la marea producidos por el viento, así como a compensar las reducciones en la altura de la cortina provocadas por sus asentamientos (Aparicio, M.F.J., 2005).

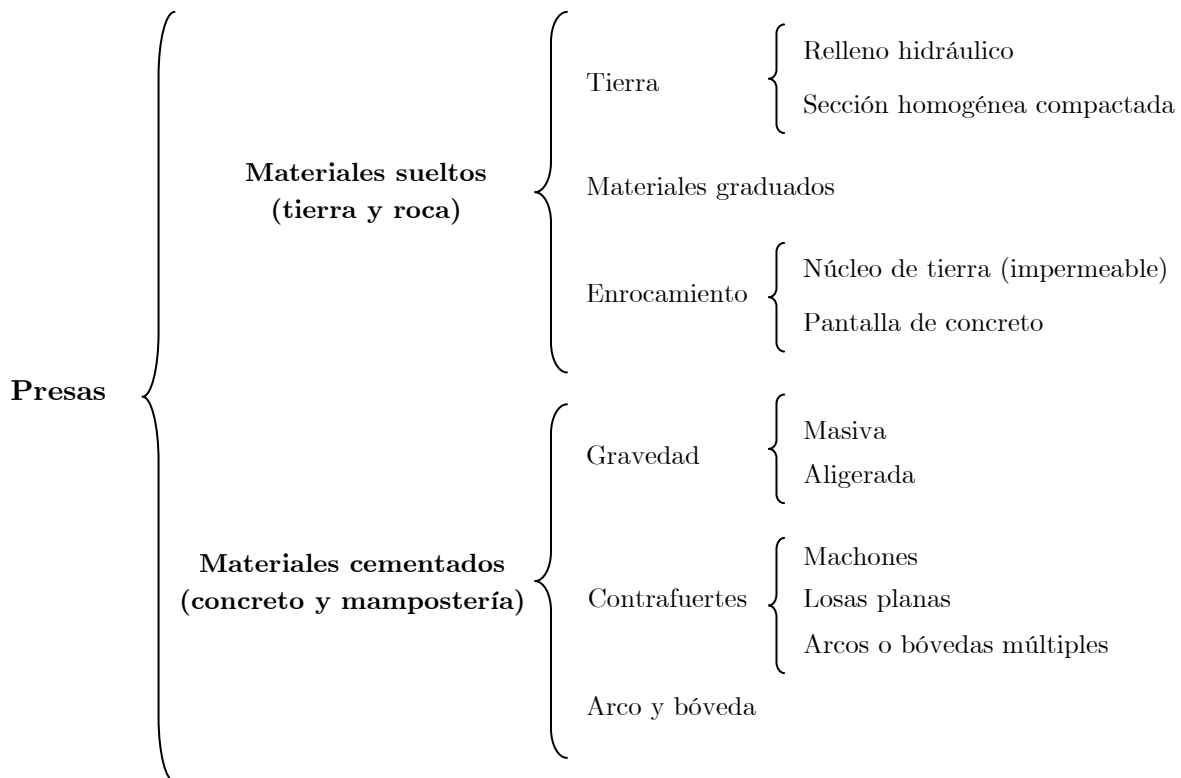
Obra de toma. Estructura que permite la extracción de agua en forma controlada del embalse para demandar algún fin deseado.

Obra de excedencias. Estructura que permite que los excedentes de agua pasen de nuevo a la corriente, sin peligro para la presa.

Obra de desvío. Son obras de carácter temporal, que tienen por objeto controlar adecuadamente la corriente durante la construcción de la presa.

C.3. Clasificación de las presas

La clasificación de las presas es de acuerdo a sus materiales de construcción y a su concepción estructural, a continuación se presenta un cuadro sinóptico con la clasificación de las mismas. En la Fig. C.3 se esquematiza los elementos de un aprovechamiento hidráulico superficial (Vega et al., 1992).



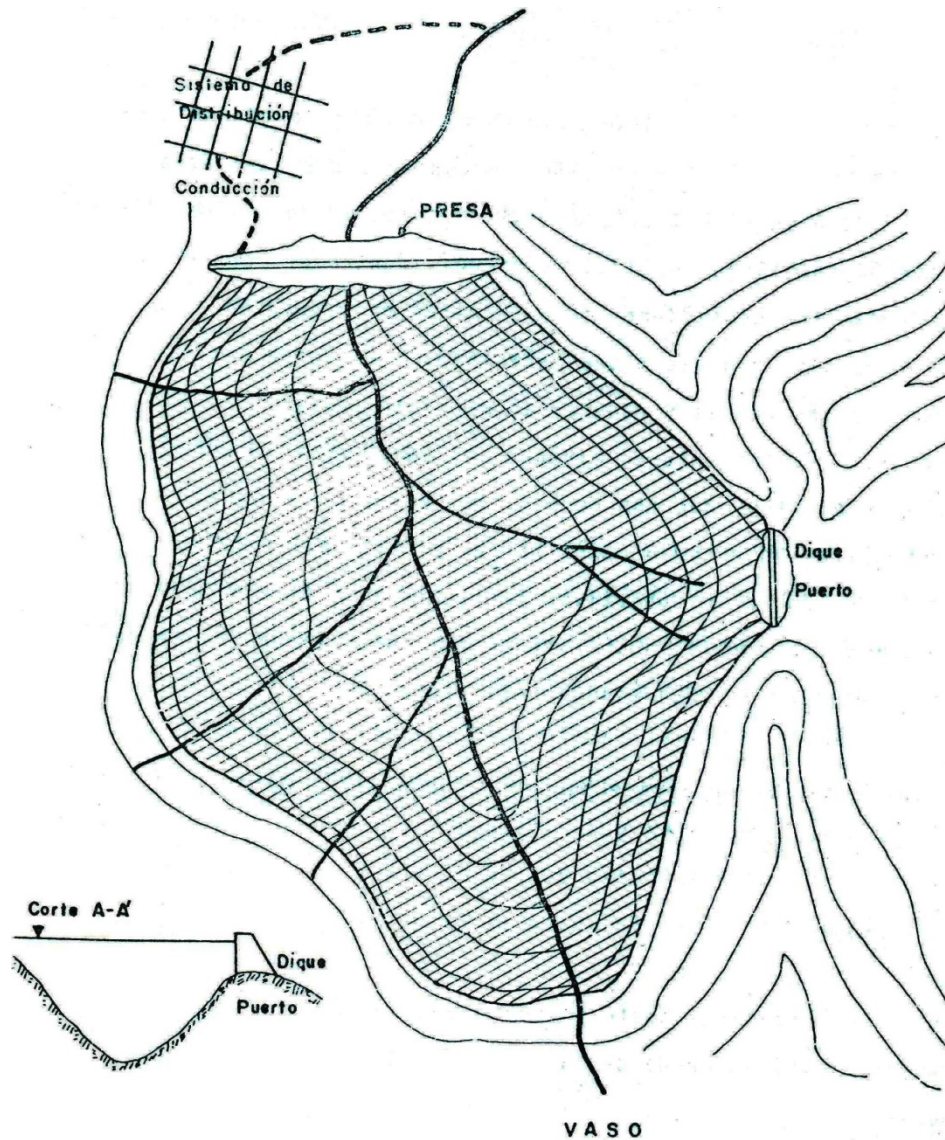


Figura C.3. Elementos de un aprovechamiento hidráulico superficial.

Referencias

- C.1. Aparicio, M.F.J. *“Fundamentos de Hidrología de superficie”*. Limusa, México, 2005.
- C.2. Vega, R.O., Arreguín, C.F.I. *“Presas de almacenamiento y derivación”*. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1992.

Bibliografía

Alvarado, C.A.J. “*Cálculo de Avenidas de Diseño para vertedores de presas de almacenamiento*”. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1993.

Aparicio, M.F.J. “*Fundamentos de Hidrología de superficie*”. Limusa, México, 2005.

Arganis, J.M.L. “*Tránsito de Avenidas en Embalses y Cauces*”. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1998.

Bazaraa, M.S., Shetty, C.M. “*Nonlinear programming: Theory and algorithms*”. Wiley-Interscience, New Jersey, USA, 2006.

Benjamín, J.R., Coronell, C.A. “*Probability, statistics and decision for civil engineers*”. McGraw-Hill. New York, 1970.

Berezowsky V.M., Fuentes M.O. “*Métodos Numéricos, Capítulo A.2.16.3 Tránsito de Avenidas en Vasos. Manual de Diseño de Obras Civiles*”. CFE. México, 1981.

Beveridge, Gordon, S.G. “*Optimization: Theory and practice*”. McGraw-Hill, New York, USA, 1970.

Borras, H. “*Apuntes de Probabilidad y Estadística*”. Facultad de Ingeniería, UNAM. 1985.

Bultheel, A. “*Remark on Algorithm 450*”. Communication of the ACM. Vol. 17, No 8 (August 1974), 470.

Campos, A.D.F. “*Análisis probabilístico univariado de datos hidrológicos*”. Asociación mexicana de hidráulica: Instituto mexicano de tecnología de agua. México, 2006.

Campos, A.D.F. “*Estimación de los parámetros óptimos de la distribución Gumbel mixta por medio del algoritmo de Rosenbrock*”. Revista Ingeniería hidráulica en México, Vol. IV No 1, enero-abril, 1989. pp 9-18.

Campos, A.D.F. “*Procesos del ciclo hidrológico*”. San Luis Potosí, México. Universitaria Potosina, 2003.

Chapman, S.J. “*FORTTRAN 90/95 for Scientist and Engineers*”. McGraw-Hill Higher Education, Boston, USA, 2004.

Chow, V.T. “*Applied Hydrology*”. McGraw-Hill, USA, 1988.

Chow, V.T. “*Hidráulica de canales abiertos*”. McGraw-Hill, Colombia, 1994.

Comisión Federal de Electricidad (2009). <http://www.cfe.gob.mx>

Comisión Federal de Electricidad (2009). Subdirección de Generación. <http://h06814.iic.org.mx/cuencas/>

Comisión Federal de Electricidad. *“Comportamiento de Presas construidas en México”*, Vol. VII. Comisión Federal de Electricidad, 1985.

Comisión Nacional del Agua (2009). <http://www.cna.gob.mx>

Comisión Nacional del Agua. *“Presas de México 14 vols”*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1994.

Davies, M.A. *“Remark on Algorithm 450”*. ACM Transactions on Mathematical Software. Vol. 2, No 3 (September 1976), 300-301.

Domínguez M. R., Arganis, J.M.L., *“Cálculo de registros sintéticos de ingresos por cuenca propia de un sistema de presas de la región noroeste de México caracterizada por eventos invernales”*. Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología. Vol. X No. 4, Octubre-diciembre, 2009. pp 353-361

Domínguez M.R., Fuentes M.O., Franco, V. *“Avenida de diseño, Capítulo A.1.10 del Manual de Diseño de Obras Civiles”*. CFE. México, 1981.

Domínguez, M.R., Carlóz, G.T. *“Análisis Estadístico, Capítulo A.1.6 del Manual de Diseño de Obras Civiles”*. CFE. México, 1981.

Domínguez, M.R. *“Análisis regional de Tormentas y Avenidas de Diseño, aplicación a la cuenca del río papaloapan”*. Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1981.

Domínguez, M.R., Arganis, J.M.L., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Echeverri, V.C.A. *“Determinación de Avenidas de Diseño y ajuste de los parámetros del modelo de optimización de las políticas de operación del sistema de presas del Río Grijalva”*. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Diciembre 2006.

Domínguez, M.R., Carrizosa, E.E., Fuentes, M.G.E, Arganis, J.M.L. Estudio de diferentes aspectos sobre el funcionamiento de la obra de excedencias del Proyecto Hidroeléctrico, la Angostura, Chiapas y actualización de la hidrología para el sistema de presas del Río Grijalva. *“Estudio Hidrológico de la Cuenca alta del Río Grijalva”*. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Septiembre del 2000.

Domínguez, M.R., Mendoza, R.R., Alvarado, C.A, Márquez, U.L.E. *“Operación integral del sistema hidroeléctrico del Río Grijalva”*. Informe final del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Para CFE. Julio de 1993.

Escalante, S.C., Reyes, C.L *“Técnicas estadísticas en Hidrología”*. Facultad de Ingeniería, UNAM. 2005.

Fuentes M.O., Franco, V. *“Tránsito de Avenidas en vasos, Capítulo A.1.8 del Manual de Diseño de Obras Civiles”*. CFE. México, 1981.

González, V.F. *“Contribución al análisis de frecuencias de valores extremos de los gastos máximos en un río”*. Pub 277. Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1970.

Gumbel, E.J. *“Statistics of extremes”*. Columbia Univ. Press, 1958.

Hernández, A.R. *“Métodos para determinar avenidas de diseño en grandes cuencas y ejemplo de aplicación a la cuenca del río Santiago hasta el sitio del proyecto hidroeléctrico aguamilpa Nayarit”*. Tesis de Licenciatura, UNAM CAMPUS ACATLÁN. 2001.

Himmelblau, D.M. *“Applied nonlinear programming”*. McGraw-Hill, New York, USA, 1972.

- Hines, W.W., Montgomery, C.D. "Probabilidad y estadística para ingeniería". CECSA, 2000.
- Instituto Nacional de Ecología (2005). "La cuenca de los ríos Grijalva y Usumacinta". <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/402/cuencas.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009). <http://www.inegi.gob.mx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario Estadístico de Chiapas, 2007. <http://www.inegi.gob.mx>
- Jiménez, E.M. "Manual de operación de los programas AX.exe y CARACHID.exe (para hidrología)", CENAPRED, México, 1997.
- Kite, G. "Frequency and risk analyses in Hydrology". Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA, 1988.
- Kuester, J.L., Mize.J.H. "Optimization techniques with FORTRAN". McGraw-Hill, New York, USA, 1973.
- Luthe, R., Olivera, A., Schutz, F. "Métodos Numéricos". Limusa. México, 1985.
- Lynsley, R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H. "Hydrology for engineers". McGraw-Hill, 1975.
- Machura, M., Mulawa, A. "Rosenbrock function minimization". Communication of the ACM. Vol. 16, No 8 (August 1973), 482-483.
- Marengo, M.H., Salinas, U.O. "Eventos extremos de 1999 en el sureste mexicano. Actualización del análisis hidrológico del complejo hidroeléctrico Grijalva, en Chiapas, México". Ingeniería hidráulica en México. Vol. XVIII, No 4, octubre-diciembre 2003. pp. 87-118.
- Márquez, U,L,E. "Avenidas de Diseño para los Vertedores de la Presas del Río Grijalva". Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM. 1993.
- Martinez, B.J., Requena.R.I., Marín, R.N "Programación estructurada con FORTRAN 90/95". Universidad de Granada, España, 2006.
- Maza, A.JA. "La necesidad de construir presas". Ingeniería del agua. Vol. 11, No 4, 2004. México. Comisión del Grijalva. "Presa Netzahualcóyotl": Chiapas. Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1964.
- México. Comisión Federal de Electricidad. "México construye: Proyectos Hidroeléctricos Chicoasén y La Angostura". Comisión Federal de Electricidad, 1976.
- México. Comisión Federal de Electricidad. "Proyecto Hidroeléctrico Peñitas". Comisión Federal de Electricidad, 1988.
- México. Comisión Federal de Electricidad. "Proyecto Hidroeléctrico Chicoasén". Comisión Federal de Electricidad, 1976.
- México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Región Hidrológica No 30 (Grijalva-Usumacinta). Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1971.
- Monsalve, S.G. "Hidrología en la Ingeniería". Alfaomega, México, 1999.
- Mordecari, A. "Nonlinear programming: Analysis and methods". Prentice-Hall, New Jersey, 1976.

- Ocegueda, H.V.M. "*Avenidas de Diseño*". Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM. 1987.
- Olivera, S.A. "*Serie de Probabilidad y Estadística*". 7 volúmenes, Limusa, México, 1987.
- Raynal, V., Guevara J. "*Maximum likelihood estimators for the two populations Gumbel distributions*". Hydrological Science and Technology Journal, 13(1-4): 47-56. 1997.
- Rojas, V.F.J. "*Aplicación del método de Rosenbrock en la optimización de parámetros hidrológicos*". Tesis de Licenciatura Facultad de Ingeniería, UNAM, 1978.
- Rosenbrock, H.H. "*An automatic method for finding the greatest or least value of a function*". The Computer Journal. Vol. 3, No 3 (March 1960), 175-184.
- Rosenbrock, H.H., Storey, C. "*Computational techniques for chemical engineers*". Pergamon, Oxford, UK, 1966.
- Rubio G. H., Triana R. C., "*Gestión integrada de crecientes caso de estudio México: Río Grijalva*". Programa Asociado de Gestión de Crecientes, Organización Meteorológica Mundial (OMM), Global Water Partnership (GWP). Septiembre del 2006. pp. 1-14.
- Ruíz, U.M.R. "*Programa de automatización de los métodos estadísticos en hidrología*". Facultad de Ingeniería, UNAM. 2002.
- Schwefel, H.P. "*Evolution and optimum seeking*". John-Wiley, New York, USA, 1994.
- Secretaría de Energía (2009). <http://www.sener.gob.mx>
- Solís, M.J. "*Paquete interactivo para análisis hidrológico*". Tesis de Licenciatura, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, 2003.
- Toledo, A. "*Ríos, costas, mares; Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México*". Instituto Nacional de Ecología, El colegio de México, El colegio de Michoacán, México, 2003.
- V. Balderrama. "*Métodos Numéricos*". Trillas, México, 1990.
- Vázquez, C.M.T. "*Procedimiento sistemático para el cálculo de la avenida de diseño en presas con gran capacidad de regulación*". Tesis de Maestría, DEPFI.UNAM.1995.
- Vega, R.O., Arreguín, C.F.I. "*Presas de almacenamiento y derivación*". División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1992.
- Yevjevich, V. "*Probability and Statistics in Hydrology*". Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, USA, 1972.