

# Índice general

|  |              |
|--|--------------|
| <b>Resumen</b>   | <b>xxiii</b> |
| <b>Introducción</b>  | <b>xxv</b>   |
| <b>1. Antecedentes</b>   | <b>1</b>     |
| 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            |
| <b>2. Descripción de la zona de estudio</b>  | <b>9</b>     |
| 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           |
| <b>3. Elementos de Probabilidad y Estadística</b>  | <b>43</b>    |
| 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<br>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<br>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        |
| <b>4. Estimación de Avenidas de Diseño . . . . .</b>   | <b>75</b> |
| 4.1. Introducción . . . . .  | 75        |
| 4.2. Cálculo de avenidas de diseño mediante el análisis estadístico de escurrimientos medios<br>diarios . . . . .                      | 75        |
| 4.2.1. Método desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) y la<br>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        |
| <b>5.</b> | <b>Actualización de las avenidas de diseño del sistema de presas del Río Grijalva</b> . . . . .   | <b>115</b> |
| 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        |
| <b>6.</b> | <b>Conclusiones y Recomendaciones</b>   | <b>243</b> |
|           | <b>Apéndice A</b>   | <b>249</b> |
|           | <b>Apéndice B</b>   | <b>257</b> |
|           | <b>Apéndice C</b>   | <b>269</b> |
|           | <b>Bibliografía</b>   | <b>273</b> |

# 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 $\Delta t_1$ . . . . .  | 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.<br>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 <sup>3</sup> /s). Presa Malpaso, Chis. . . . .                         | 181 |
| 5.29. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /s). Presa Peñitas, Tab. . . . .                          | 216 |
| 5.42. Gastos medios diarios máximos anuales para distintas duraciones, (m <sup>3</sup> /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 |