



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**TORMENTAS SINTÉTICAS EN LA CUENCA DEL RÍO
CHURUBUSCO Y COMPARACIÓN CON FACTORES DE AJUSTE
REGIONALES EN EL VALLE DE MÉXICO**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN HIDRÁULICA

PRESENTA:

ING. ARIADNE SOFÍA DRUST NACARINO

DIRECTOR DE TESINA: **DRA. MARITZA LILIANA ARGANIS JUÁREZ**

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Índice

| | |
|---|----|
| Capítulo 1. Introducción | 3 |
| 1.1 Introducción..... | 3 |
| 1.2 Descripción de capítulos de la tesis | 6 |
| | |
| Capítulo 2. Antecedentes..... | 7 |
| 2.1 Introducción..... | 7 |
| 2.2 Descripción del sitio de estudio | 8 |
| 2.3 Generación de tormentas sintéticas..... | 10 |
| 2.4 Factores de ajuste..... | 12 |
| | |
| Capítulo 3. Metodología | 13 |
| 3.1 Tormentas sintéticas para 10 estaciones cercanas al Río Churubusco..... | 13 |
| 3.2 Obtención de precipitaciones máximas horarias anuales, medias diarias máximas anuales y precipitaciones máximas anuales por estación | 17 |
| 3.3 Ajuste de distribución de probabilidad | 31 |
| | |
| Capítulo 4. Comparación y análisis de resultados | 50 |
| 4.1 Distribución Gumbel | 50 |
| 4.2 Comparación de factores por duración y periodo de retorno | 54 |
| | |
| Capítulo 5. Conclusiones..... | 57 |
| | |
| Capítulo 6. Bibliografía | 60 |

1.1 Introducción

En la actualidad existen diversas metodologías para analizar series de tiempo y para la obtención de registros sintéticos a partir de registros históricos, tanto de series anuales como de series periódicas (semestrales, mensuales, diarias); entre esos métodos cabe destacar los modelos autor regresivos de promedios móviles ARMA (p,q) (Salas *et al.*, 1988), modelos ARIMA y de Thomas Fiering (Yurekly *et al.*, 2004), el método de Fragmentos de Svanidze (Svanidze, 1980).

Los modelos ARMA tienen el inconveniente de que su aplicación se limita a series de datos cuya distribución debe ser normal y aunque existen técnicas para efectuar una transformación normalizante a la serie original, tales como el cálculo del logaritmo natural o el método de Box y Cox (Escalante, 2002), por tratarse de transformaciones no lineales, al aplicar la transformación inversa se incurre en una deformación de los resultados finales.

Para el estudio y análisis de eventos extremos aplicados en el campo de la hidrología, el contar con registros de precipitaciones históricas, estos registros se obtienen de estaciones pluviográficas que registran información en tiempo real; la desventaja es que los datos no siempre son continuos; para resolver este problema y poder generar series de tiempo más largas que permitan simular el posible comportamiento de un sistema hidrológico se ha empleado el método de Svanidze Modificado para generar tormentas sintéticas en la ciudad de México (Domínguez *et al.*, 2002, Domínguez *et al.*, 2005, Arganis *et al.*, 2008).

Los registros sintéticos pueden usarse posteriormente para simular el comportamiento del sistema hidrológico analizado, siempre será necesario estudiar las lluvias de gran magnitud puntual, y tampoco hay que descartar aquellas que por su extensión espacial pueden causar problemas al sistema general de drenaje y control de crecientes.

Domínguez et al., (2012) realizaron una selección de tormentas medidas en los años 1988 y 1993 a 2008 obtenidos de las 49 estaciones del sistema de aguas de la Ciudad de México; las lluvias pertenecientes a los años 1988 y 1999 a 2005 fueron validadas con información de los boletines hidrológicos de la Comisión Nacional del Agua y del año 1993 a 1998 con lluvias máximas seleccionadas de un estudio previo (Domínguez et al., 2004).

En los trabajos realizados aplicaron un modelo de generación de tormentas basado en el método de Svanidze en el que con un doble procedimiento seleccionaron, aleatoriamente, por un lado, un valor de la precipitación máxima sintética obtenida a partir de la función de distribución que se determina de los registros de precipitaciones máximas anuales y, por otro lado, eligieron aleatoriamente una tormenta histórica y escalaron multiplicando los valores registrados en cada estación por una constante tal que en el centro de la tormenta se obtuviera la precipitación máxima sintética.

El método de Svanidze modificado, ha sido utilizado con éxito en la generación sintética de los volúmenes de escurrimiento de sistemas de presas que operan en cascada (Domínguez et al., 2001, 2002); la ventaja de este método es que no es necesario que los datos sean normales y que logra reproducir las correlaciones y correlaciones cruzadas. El problema que tiene es la preservación de la correlación entre el último periodo del año i y el primer periodo del año $i+1$, pero lo anterior se resuelve identificando los periodos de más baja correlación y redefiniendo los años (en lugar de usar años cronológicos, se utilizan años hidrológicos).

Los datos de entrada al proceso son las n series periódicas históricas analizadas. Para cada año del registro histórico se calculan los totales de cada serie y la suma de los n totales; adicionalmente, para cada una de las series se obtiene la fracción del ingreso mensual con respecto al total anual y se determina, para cada total anual de cada serie, el porcentaje con respecto al total suma. A la serie anual formada por la suma de los n totales se le hace un análisis estadístico para determinar la función de distribución de probabilidades de mejor ajuste.

La generación sintética se realiza mediante un doble procedimiento aleatorio; el primero consiste en utilizar la función de distribución de mejor ajuste, con la que se obtienen m valores aleatorios con la función de distribución de la suma de los n totales. El segundo procedimiento es la selección aleatoria de entre m años históricos para obtener el porcentaje sintético tanto de los totales anuales de cada serie, como las fracciones mensuales correspondientes. Se obtienen los totales anuales sintéticos para cada serie multiplicando el total suma aleatorio por el porcentaje correspondiente al año seleccionado aleatoriamente. Se multiplica el total anual sintético de cada serie por las fracciones mensuales correspondientes al año seleccionado, con lo que se determinan las m series periódicas sintéticas.

Por otro lado el Método propuesto por Franco y Domínguez (1982), considera conveniente utilizar un estudio regional que permite aprovechar las características comunes de las precipitaciones en el Valle de México, desarrollaron un método para determinar la precipitación de diseño y obtuvieron factores de reducción por duración tomando en cuenta las lluvias convectivas y las lluvias con larga duración.

Los resultados obtenidos del estudio mostraron que el valor promedio de los factores de ajuste para distintas duraciones era prácticamente el mismo en toda el área de la cuenca.

Tomando en cuenta el aporte de los dos métodos mencionados anteriormente, el objetivo de este trabajo es obtener las tormentas sintéticas de las estaciones

cercanas al río Churubusco obteniendo sus factores por periodo de retorno y por duración, y compararlos contra los factores obtenidos en el análisis regional de lluvias convectivas aplicadas al Valle de México.

1.2 Descripción de capítulos de la tesis

En el capítulo 1 se da una breve introducción de los trabajos realizados por Domínguez et al, aplicando el método Svanidze modificado para la generación de tormentas sintéticas, y del método Franco y Domínguez 1982 para determinar precipitaciones de diseño donde obtuvieron factores de ajuste por duración y por periodo de retorno para la cuenca del valle de México.

En el capítulo 2 se describe la utilidad de la generación de tormentas sintéticas, una breve descripción del sitio de estudio que en este caso es el Río Churubusco y descripción de los factores de ajuste.

El capítulo 3 se realizó una selección de las estaciones cercanas al Río Churubusco para lograr obtener los datos de tormentas sintéticas; obteniendo así los máximos anuales; promedio, diario y por estación para realizar los ajustes de probabilidad necesarios y así lograr el mejor ajuste.

El capítulo 4 con los datos obtenidos del análisis de tormentas sintéticas del Río Churubusco, y tomando en cuenta los resultados del trabajo de análisis regional de lluvias convectivas se hizo una comparación de los factores por duración y periodo de retorno obtenidos en ambos casos.

En el capítulo 5 con los datos de las comparaciones obtenidas en los trabajos y capítulos anteriores se presentan las conclusiones de los factores de reducción y periodo de retorno.

2.1 Introducción

La precipitación como tal, es una variable hidrológica que puede ser caracterizada por medio de su distribución espacio-temporal, intensidad y la probabilidad de ocurrencia o frecuencia. Su caracterización depende de las mediciones realizadas en pluviógrafos para deducir su patrón de comportamiento en una zona determinada y llevar a cabo un análisis a posteriori. Sin embargo, no siempre se dispone de datos de intensidades para precipitaciones máximas de corta duración, por lo que es común el uso de registros pluviométricos para determinar las intensidades por medio de ecuaciones diseñadas para tal fin. (González y Domínguez, 2013)

Varela (2003) ha analizado variables: intervalo de tiempo entre tormentas, duración de la tormenta, intensidad máxima, intensidad media, posición del baricentro de la tormenta respecto de la duración total y posición de la máxima intensidad respecto de la duración total del evento.

Los modelos matemáticos que permiten realizar simulaciones en el largo plazo., usualmente emplean información de entrada generada en forma sintética ante la falta de datos de gran extensión temporal. Generalmente se formulan modelos probabilísticos para la generación sintética de tormentas puntuales (Zimmerman et al., 1996, 1998-9. Normalmente las series generadas de esta forma, son expandidas uniformemente hacia toda la superficie de captación de una cuenca. (Zimmerman, 2000).

2.2 Descripción del sitio de estudio

El Río Churubusco es una corriente de agua ubicada en el Distrito Federal (México). Fue entubado como parte de las obras de modernización de la Ciudad de México emprendidas desde el inicio de la década de 1960. A los costados del cajón por el que todavía corre el río se construyó la parte sur y oriente del Circuito Interior, que es una de las principales arterias viales de la zona metropolitana del valle de México.

El Río Churubusco es un cauce artificial, se formó después de la desecación del Valle de México, siguiendo aproximadamente la antigua ribera sudoccidental del lago de Texcoco. Se encuentra dentro de la subcuenca de Texcoco-Zumpango, de la cuenca hidrológica del río Pánuco. El Churubusco recibe las aguas de los ríos que bajan de la sierra de las Cruces y desembocaban en ese cuerpo de agua, entre ellos el Magdalena y el Mixcoac. A través del Churubusco, la cuenca desembocaba hacia los remanentes del lago, que se encuentran al oriente de la zona urbana.

En lo referente a la hidrografía, dos son los ríos que cruzan la demarcación: el río Magdalena (casi totalmente entubado) penetra en la Delegación Coyoacán por el sureste, cerca de los Viveros de Coyoacán se le une el río Mixcoac (entubado), para juntos formar el río Churubusco que sirve como límite natural con la Delegación Benito Juárez, al norte.

El esquema general de hidrografía ubica a estos ríos como las corrientes principales. También al interior de la demarcación se localiza el canal Nacional. De acuerdo con la carta hidrográfica de Aguas Superficiales, el 100% de la Delegación Coyoacán se encuentra en la Región del Pánuco, en la Cuenca Rey Moctezuma y en la Sub cuenca Lago Texcoco Zumpango.

El río artificial de Churubusco, que conduce sus aguas hacia el oriente, desagua en los vasos reguladores de la ciudad y sale de la cuenca por el sistema de drenaje profundo y el Gran Canal.

Actualmente hay pocos ríos que circulan a cielo abierto por la cuenca del Valle de México sobreviviendo al proceso de expulsión de lagos, de entubamiento de los ríos, del crecimiento urbano que los deteriora y elimina.

El exceso de agua en la ciudad generó una constante movilización para eliminar las constantes inundaciones, construyéndose obras de drenaje cada vez más complejas que modificaron la naturaleza lacustre en una ciudad con escasez de agua, imposibilitada a cubrir su propia demanda de agua potable.

Los Ríos Magdalena y Eslava, afluentes del Río Churubusco al sur poniente de la cuenca son hoy los únicos ríos vivos del sistema natural. Estos ríos que nacen en la sierra de las cruces y siguiendo las pendientes naturales incorporaban su caudal al río Churubusco a través de cañadas de bosques, conformaban un ecosistema de galera en torno a sus márgenes proporcionando el abastecimiento de asentamientos prehispánicos como la Magdalena Atlitlic o coloniales como las haciendas de Chimalistac y del Batán y de Convento del Carmen en San Ángel, conocido por sus huertos que ocupaban ambas márgenes del río.

Actualmente Río Churubusco constituye la infraestructura básica para el drenaje de las cuencas de la zona situada al sur de su trayectoria y descarga las crecientes en los nuevos lagos de Texcoco (el Churubusco y el de Regulación horaria), que las regulan antes de descargarlas en el Dren General del Valle.

El Río Churubusco es el principal elemento del sistema de drenaje (Figura 1) y control de avenidas en la zona sur. Recibe las aportaciones de una cuenca total de 119.2 km² de los cuales 110 km² corresponden a zonas urbanizadas. (Disponible en internet Delegación Coyoacán).

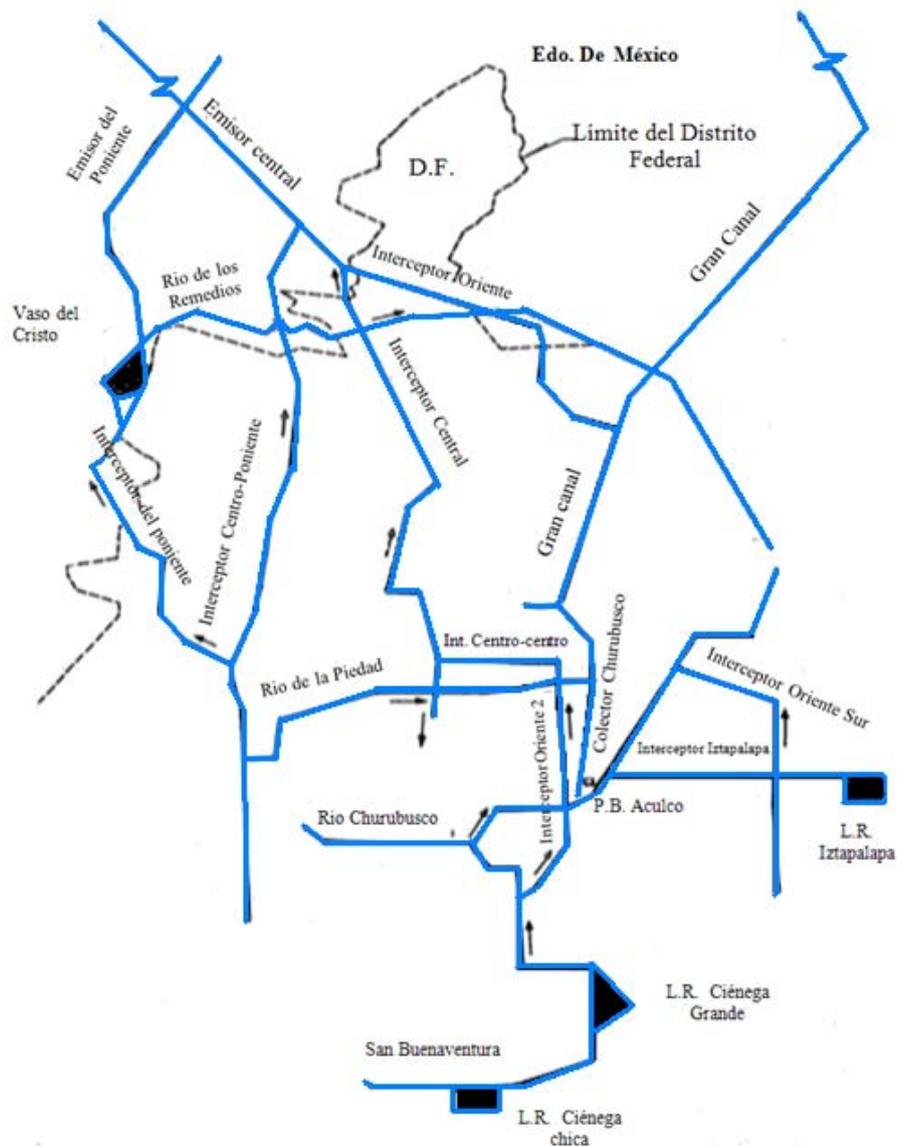


Figura 1. Red de drenaje

2.3 Generación de tormentas sintéticas

Por 22 años el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) ha operado una red de 49 estaciones pluviográficas que registran información en tiempo real. De ellos sólo 12 años de información son continuos. El crecimiento acelerado de la ciudad de México hace necesario estudiar tanto las lluvias de gran magnitud puntual, como aquellas que por su extensión espacial pueden causar problemas al sistema general de drenaje y control de crecientes. (Domínguez et al, 2012)

Las estadísticas de lluvias en 24 horas pueden considerarse confiables, pero no abarcan suficientes escenarios extremos. Los modelos de generación de tormentas deben considerar la posible dependencia entre el máximo puntual y la extensión espacial de las tormentas o la persistencia temporal. Es importante contar con modelos que constituyan una herramienta práctica y sencilla para generar eventos de tormentas que pueden tener condiciones más extremas que los históricos.

A continuación se muestran los números de las tormentas sintéticas que se asignaron a cada año, tomados de la aplicación del método Svanidze para la generación de tormentas sintéticas en la ciudad de México.

Tabla 1. Tormentas sintéticas correspondientes a cada año.

| Año | Tormentas | Año | Tormentas | Año | Tormentas | Año | Tormentas | Año | Tormentas |
|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-------------|-----|-------------|
| 1 | 1 a 5 | 30 | 290 a 296 | 59 | 564 a 577 | 88 | 853 a 860 | 117 | 1107 a 1114 |
| 2 | 6 a 18 | 31 | 297 a 304 | 60 | 578 a 584 | 89 | 861 a 866 | 118 | 1115 a 1124 |
| 3 | 19 a 31 | 32 | 305 a 315 | 61 | 585 a 589 | 90 | 867 a 872 | 119 | 1125 a 1131 |
| 4 | 32 a 38 | 33 | 316 a 320 | 62 | 590 a 597 | 91 | 873 a 882 | 120 | 1132 a 1140 |
| 5 | 39 a 48 | 34 | 321 a 327 | 63 | 598 a 600 | 92 | 883 a 889 | 121 | 1141 a 1151 |
| 6 | 49 a 57 | 35 | 328 a 342 | 64 | 601 a 606 | 93 | 890 a 898 | 122 | 1152 a 1163 |
| 7 | 58 a 64 | 36 | 343 a 352 | 65 | 607 a 616 | 94 | 899 a 908 | 123 | 1164 a 1174 |
| 8 | 65 a 77 | 37 | 353 a 363 | 66 | 617 a 632 | 95 | 909 a 916 | 124 | 1175 a 1181 |
| 9 | 78 a 88 | 38 | 364 a 370 | 67 | 633 a 644 | 96 | 917 a 920 | 125 | 1182 a 1189 |
| 10 | 89 a 96 | 39 | 371 a 379 | 68 | 645 a 651 | 97 | 921 a 930 | 126 | 1190 a 1207 |
| 11 | 97 a 105 | 40 | 380 a 387 | 69 | 652 a 658 | 98 | 931 a 936 | 127 | 1208 a 1214 |
| 12 | 106 a 112 | 41 | 388 a 396 | 70 | 659 a 665 | 99 | 937 a 943 | 128 | 1215 a 1229 |
| 13 | 113 a 123 | 42 | 397 a 400 | 71 | 666 a 675 | 100 | 944 a 955 | 129 | 1230 a 1235 |
| 14 | 124 a 132 | 43 | 401 a 410 | 72 | 676 a 686 | 101 | 956 a 963 | 130 | 1236 a 1244 |
| 15 | 133 a 137 | 44 | 411 a 417 | 73 | 687 a 694 | 102 | 964 a 977 | 131 | 1245 a 1255 |
| 16 | 138 a 149 | 45 | 418 a 426 | 74 | 695 a 701 | 103 | 978 a 986 | 132 | 1256 a 1264 |
| 17 | 150 a 159 | 46 | 427 a 437 | 75 | 702 a 716 | 104 | 987 a 997 | 133 | 1265 a 1273 |
| 18 | 160 a 164 | 47 | 438 a 441 | 76 | 717 a 728 | 105 | 998 a 1004 | 134 | 1274 a 1280 |
| 19 | 165 a 174 | 48 | 442 a 446 | 77 | 729 a 745 | 106 | 1005 a 1013 | 135 | 1281 a 1287 |
| 20 | 175 a 191 | 49 | 447 a 458 | 78 | 746 a 765 | 107 | 1014 a 1022 | 136 | 1288 a 1297 |
| 21 | 192 a 202 | 50 | 459 a 468 | 79 | 766 a 778 | 108 | 1023 a 1029 | 137 | 1298 a 1308 |
| 22 | 203 a 208 | 51 | 469 a 472 | 80 | 779 a 789 | 109 | 1030 a 1038 | 138 | 1309 a 1319 |
| 23 | 209 a 220 | 52 | 473 a 481 | 81 | 790 a 799 | 110 | 1039 a 1046 | 139 | 1320 a 1331 |
| 24 | 221 a 230 | 53 | 482 a 492 | 82 | 800 a 813 | 111 | 1047 a 1061 | 140 | 1332 a 1337 |
| 25 | 231 a 238 | 54 | 493 a 504 | 83 | 814 a 820 | 112 | 1062 a 1065 | 141 | 1338 a 1342 |
| 26 | 239 a 250 | 55 | 505 a 524 | 84 | 821 a 827 | 113 | 1066 a 1073 | 142 | 1343 a 1350 |
| 27 | 251 a 263 | 56 | 525 a 540 | 85 | 828 a 838 | 114 | 1074 a 1079 | | |
| 28 | 264 a 278 | 57 | 541 a 550 | 86 | 839 a 845 | 115 | 1080 a 1087 | | |
| 29 | 279 a 289 | 58 | 551 a 563 | 87 | 846 a 852 | 116 | 1088 a 1106 | | |

2.4 Factores de ajuste de probabilidad

La Cuenca del Valle de México tiene un área aproximada de 9 600 Km²; la planicie central se encuentra rodeada de montañas y tiene una altitud de 2 240 m en el sur y 2 390 m en el Norte.

Esta cuenca cuenta con un amplio periodo de registros; se encuentra instrumentada con más de 60 estaciones climatológicas en el Distrito Federal, operadas por la dirección General de construcción y Operación hidráulica y con más de 70 estaciones operadas por la comisión Nacional del Agua.

Los factores de ajuste por periodo de retorno y duración fueron obtenidos por Franco (1998) a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica con ayuda de datos recopilados de 49 pluviógrafos, donde se obtuvieron los valores máximos de intensidad de lluvia para cada año de registro, para cada estación y para 5 distintas duraciones.

Franco utilizó el programa AX, elaborado por el Centro Nacional de Prevención y Desastres para poder ajustar distintas funciones de probabilidad a la muestra de datos que obtuvo y así calcular el error cuadrático de cada una de ellas con respecto a la muestra.

El programa AX contempla las funciones de probabilidad Normal, Log Normal, Exponencial, Gamma, Gumbel y Doble Gumbel; utilizando los parámetros por momentos y por máxima verosimilitud.

Con los datos ajustados se puede realizar una extrapolación para la obtención de cualquier periodo de retorno requerido.

3.1 Tormentas sintéticas para 10 estaciones cercanas al Rio Churubusco

Para poder localizar las estaciones cercanas al sitio de estudio utilizamos el google Earth para ver la ubicación geográfica del Rio Churubusco dentro del Distrito Federal. (Figura 2).



Figura 2. Ubicación del Rio Churubusco

Desde el año de 1988, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México opera una red de estaciones pluviográficas en 49 sitios de la ciudad (Figura 3), las cuales transmiten la información en tiempo real cada que los equipos emiten un pulso equivalente a 0.25 mm.

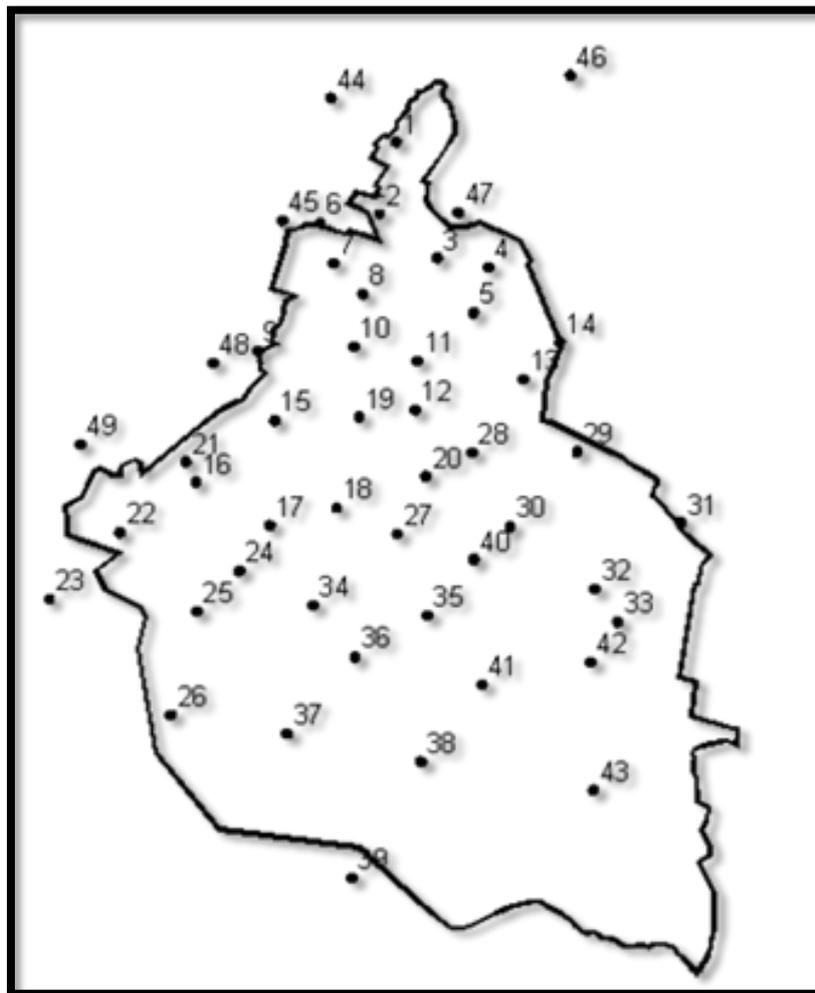


Figura 3. Estaciones pluviométricas del distrito Federal

En la tabla 2 se muestran las coordenadas geográficas de las 49 estaciones obtenidas del boletín meteorológico 46 y se destacan las 10 estaciones cercanas al Río Churubusco.

Tabla 2. Coordenadas geograficas de 49 estaciones en el D.F.

| ESTACION | | LATITUD | | | LONGITUD | | |
|----------|-----------------------|----------------|----|----|----------|----|----|
| | | ° | ' | " | ° | ' | " |
| 1 | TANQUES CHALMITA | 19 | 33 | 0 | 99 | 8 | 20 |
| 2 | O.T. RIO REMEDIOS | 19 | 30 | 30 | 99 | 9 | 0 |
| 3 | P.B. LINDAVISTA | 19 | 28 | 30 | 99 | 7 | 30 |
| 4 | COYOL | 19 | 28 | 0 | 99 | 5 | 30 |
| 5 | P. GENERADORA 101 | 19 | 27 | 15 | 99 | 6 | 0 |
| 6 | P.T. ROSARIO | 19 | 30 | 0 | 99 | 11 | 34 |
| 7 | CAMPO MECOAYA | 19 | 29 | 15 | 99 | 11 | 8 |
| 8 | P.B. NVA SANTA MARIA | 19 | 27 | 0 | 99 | 10 | 10 |
| 9 | TANQUE SAN JOAQUIN | 19 | 25 | 45 | 99 | 14 | 55 |
| 10 | P.B. TIZOC | 19 | 26 | 0 | 99 | 10 | 35 |
| 11 | DEPTO DEL D.F | Sin coordenada | | | | | |
| 12 | SANTA CRUZ ACATLAN | 19 | 24 | 45 | 99 | 7 | 15 |
| 13 | P.B. LOPEZ MATEOS | 19 | 24 | 0 | 99 | 3 | 30 |
| 14 | P.B. CHURUBUSCO L. | 19 | 25 | 15 | 99 | 3 | 0 |
| 15 | TRIANGULO | 19 | 23 | 0 | 99 | 14 | 5 |
| 16 | TRIF, SANTA LUCIA | 19 | 20 | 50 | 99 | 16 | 10 |
| 17 | TANQUE EL LIENZO | 19 | 20 | 15 | 99 | 14 | 7 |
| 18 | CENTRO UNIVERSIDAD | 19 | 20 | 45 | 99 | 11 | 5 |
| 19 | RADIOCOMUNICACION | 19 | 23 | 25 | 99 | 10 | 30 |
| 20 | P.B. MUNICIPIO LIBRE | 19 | 21 | 25 | 99 | 8 | 0 |
| 21 | TANQUE EL CARTERO | 19 | 22 | 30 | 99 | 17 | 0 |
| 22 | LA VENTA | 19 | 20 | 0 | 99 | 20 | 35 |
| 23 | EL ZARCO | 19 | 17 | 58 | 99 | 22 | 15 |
| 24 | T SAN FRANCISCO | 19 | 19 | 0 | 99 | 14 | 55 |
| 25 | P.T. RIO MAGDALENA | 19 | 17 | 16 | 99 | 15 | 53 |
| 26 | MONTE ALEGRE | 19 | 12 | 45 | 99 | 18 | 0 |
| 27 | PLANTA XOTEPINGO | 19 | 19 | 50 | 99 | 3 | 30 |
| 28 | P.B. ACULCO | 19 | 22 | 40 | 99 | 6 | 30 |
| 29 | P.B. U.E. DE OTE | 19 | 25 | 15 | 99 | 2 | 0 |
| 30 | P.T. LA ESTRELLA | 19 | 19 | 35 | 99 | 5 | 40 |
| 31 | S. ELEC. S . CATARINA | 19 | 18 | 15 | 98 | 57 | 30 |
| 32 | P.T. STA CATARINA | 19 | 17 | 0 | 99 | 0 | 30 |
| 33 | SN PEDRO TLAHUAC | 19 | 15 | 40 | 99 | 0 | 20 |
| 34 | REBOMBEO BOSQUE T | 19 | 17 | 45 | 99 | 13 | 0 |
| 35 | P.B. VILLA COAPA | 19 | 16 | 15 | 99 | 8 | 25 |
| 36 | T.SN PEDRO MARTIR | 19 | 14 | 36 | 99 | 10 | 30 |
| 37 | AJUSCO | 19 | 13 | 7 | 99 | 13 | 20 |
| 38 | TOPILEJO | 19 | 10 | 30 | 99 | 9 | 51 |
| 39 | CASETA FORESTAL | 19 | 5 | 20 | 99 | 12 | 30 |
| 40 | OFIC, GAVM SUR | 19 | 17 | 30 | 99 | 6 | 30 |
| 41 | PLANTA NATIVITAS | 19 | 13 | 50 | 99 | 6 | 10 |
| 42 | PLANTA SAN LUIS | 19 | 14 | 0 | 99 | 3 | 0 |
| 43 | MILPA ALTA | 19 | 9 | 20 | 99 | 3 | 0 |
| 44 | P. BARRIENTOS | 19 | 34 | 30 | 99 | 10 | 30 |
| 45 | VASO DE CRISTO | 19 | 30 | 0 | 99 | 13 | 30 |
| 46 | P. CHICONAUTLA 1 | 19 | 35 | 36 | 99 | 2 | 7 |
| 47 | P. CHICONAUTLA 2 | 19 | 30 | 49 | 99 | 6 | 29 |
| 48 | PALMAS | 19 | 24 | 30 | 99 | 16 | 0 |
| 49 | EL VENADO | 19 | 22 | 56 | 99 | 20 | 3 |

Con ayuda de las coordenadas geográficas de cada estación pluviométrica, se representan gráficamente las estaciones más cercanas al Río Churubusco; como observamos en la figura se consideraran las estaciones:

Tabla 3. Estaciones cercanas al Río Churubusco

| | |
|----|--------------------------|
| 12 | SANTA CRUZ ACATLAN |
| 13 | P.B. LOPEZ MATEOS |
| 14 | P.B. CHURUBUSCO LAGO |
| 18 | CENTRO UNIVERSIDAD |
| 19 | RADIO COMUNICACIÓN |
| 20 | P.B. MUNICIPIO LIBRE |
| 27 | P.B. XOTEPINGO |
| 28 | P.B. ACULCO |
| 29 | P.B. EJERCITO DE ORIENTE |
| 30 | P.T. C. DE LA ESTRELLA |

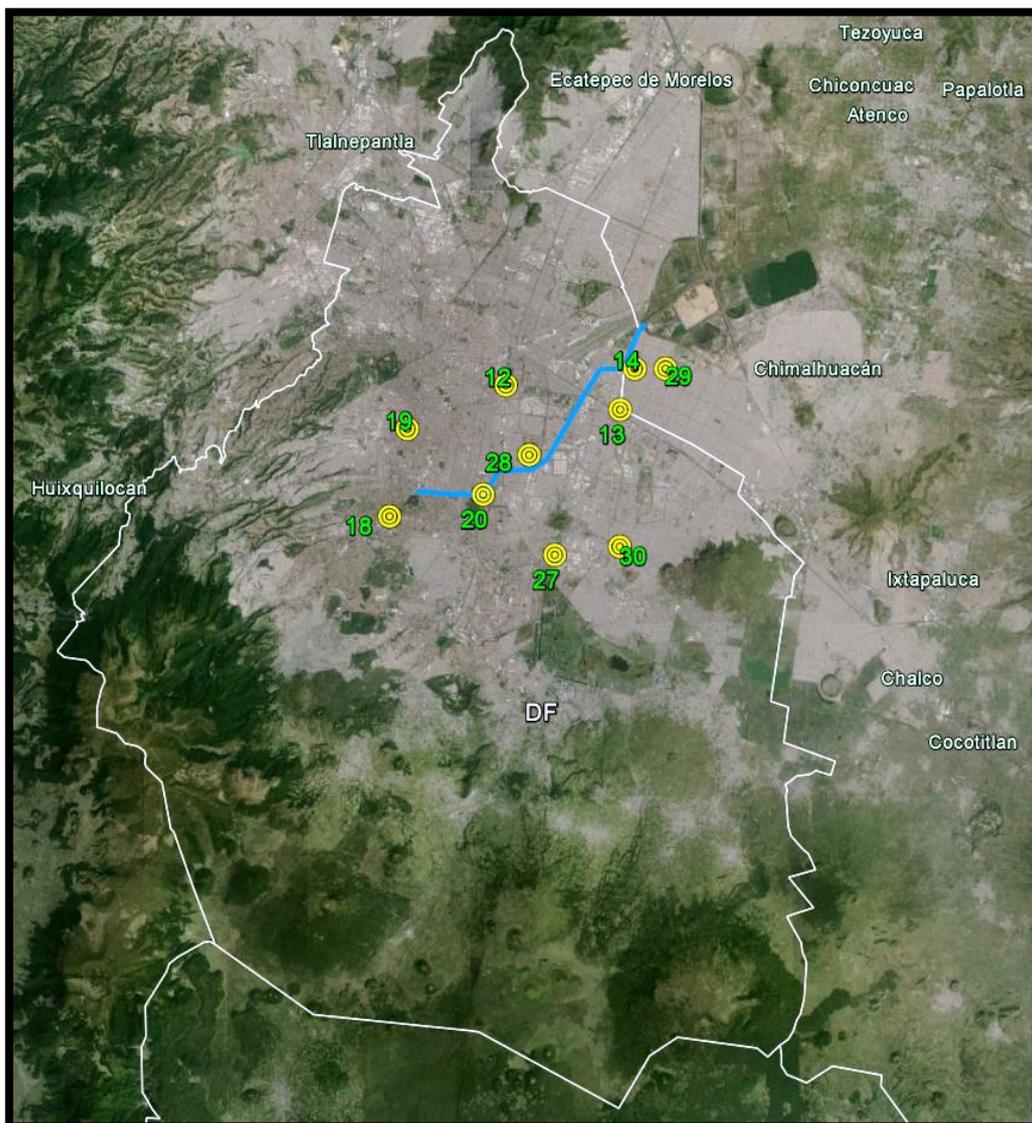


Figura 4. Localización de estaciones cercanas a Río Churubusco

3.2 Obtención de precipitaciones máximas horarias anuales, medias diarias máximas anuales y precipitaciones máximas anuales por estación

Para cada uno de los 142 años se consideraron solo las estaciones 12, 13, 14, 18, 19, 20, 27, 28, 29 y 30. A continuación se muestra el ejemplo para el año 1.

Tabla 4. Precipitaciones sintéticas para el año 1.

| Año sintético 1. Precipitaciones en mm. | | | | | | | | | | | |
|---|----------|--------|--------|----------|--------|-----------|----------|--------|--------|--------|------------|
| Fecha / Estación | 12 | 13 | 14 | 18 | 19 | 20 | 27 | 28 | 29 | 30 | Promedio |
| 6:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17:00 | 0 | 0 | 0 | 3.57E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00357181 |
| 18:00 | 0 | 0.1595 | 1.6246 | 0.2679 | 0 | 0 | 8.02E-02 | 0.4876 | 1.3453 | 0.227 | 0.41920913 |
| 19:00 | 1.34529 | 1.9908 | 1.871 | 1.0417 | 0.4277 | 3.9008147 | 19.559 | 7.3194 | 10.939 | 21.919 | 7.03133511 |
| 20:00 | 3.307703 | 4.4702 | 4.1074 | 1.3122 | 4.2367 | 2.1914383 | 1.8288 | 3.9345 | 1.6401 | 4.5288 | 3.15577498 |
| 21:00 | 1.130702 | 3.4051 | 2.9607 | 5.8464 | 6.0085 | 3.7237939 | 4.2878 | 3.7121 | 2.7094 | 3.7956 | 3.75801713 |
| 22:00 | 7.735424 | 2.0793 | 1.7205 | 5.6513 | 8.1612 | 6.0626418 | 6.8238 | 4.9907 | 2.2887 | 4.4003 | 4.99138344 |
| 23:00 | 1.589124 | 0.8077 | 0.6285 | 1.1832 | 2.4258 | 1.874932 | 1.3176 | 1.3453 | 0.452 | 0.6472 | 1.22713223 |
| 24:00 | 8.22E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2648 | 0 | 0.03470342 |
| 25:00 | 8.22E-02 | 0 | 0 | 0.2648 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.03470342 |
| 26:00 | 6.58E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00657705 |
| 27:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 29:00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Con cada una de las tormentas seleccionadas para los 142 años, se obtuvo el máximo anual promedio diario, el máximo anual promedio en una hora y el máximo horario en una estación; además de estos máximos promedio, se pone el máximo horario de la estación en la que dicho máximo fue más grande. (Tabla 5) el resumen de los datos recopilados se muestra a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 5. Precipitaciones máxima anual promedio diario, máxima anual promedio en una hora y máxima horaria en una estación.

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|--------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 1 | | | |
| 1 | 20.7 | 7.0 | 21.9 |
| 2 | 12.4 | 6.5 | 32.4 |
| 3 | 25.6 | 14.6 | 32.9 |
| 4 | 14.6 | 4.8 | 21.4 |
| 5 | 9.5 | 3.9 | 36.5 |
| | 25.6 | 14.6 | 36.5 |
| AÑO 2 | | | |
| 6 | 6.2 | 1.2 | 5.8 |
| 7 | 11.5 | 4.5 | 9.4 |
| 8 | 12.6 | 2.8 | 17.6 |
| 9 | 16.4 | 7.7 | 16.0 |
| 10 | 20.7 | 7.0 | 20.7 |
| 11 | 22.1 | 6.9 | 17.7 |
| 12 | 16.0 | 5.1 | 15.0 |
| 13 | 19.3 | 6.9 | 32.8 |
| 14 | 9.2 | 4.1 | 24.8 |
| 15 | 7.3 | 2.8 | 16.0 |
| 16 | 9.9 | 4.7 | 20.1 |
| 17 | 7.6 | 2.9 | 16.5 |
| 18 | 1.0 | 0.5 | 3.2 |
| | 22.1 | 7.7 | 32.8 |
| AÑO 3 | | | |
| 19 | 5.9 | 2.0 | 11.2 |
| 20 | 13.6 | 5.9 | 56.1 |
| 21 | 9.5 | 3.9 | 36.7 |
| 22 | 12.6 | 6.6 | 32.8 |
| 23 | 20.7 | 5.5 | 22.7 |
| 24 | 13.9 | 4.1 | 9.7 |
| 25 | 7.8 | 3.0 | 12.9 |
| 26 | 7.5 | 1.9 | 6.0 |
| 27 | 11.6 | 3.4 | 13.5 |
| 28 | 8.0 | 3.7 | 16.2 |
| 29 | 8.2 | 3.4 | 26.1 |
| 30 | 11.7 | 3.6 | 23.1 |
| 31 | 16.1 | 5.0 | 19.4 |
| | 20.7 | 6.6 | 56.1 |
| AÑO 4 | | | |
| 32 | 11.1 | 3.3 | 11.7 |
| 33 | 23.8 | 7.4 | 19.0 |
| 34 | 5.7 | 2.4 | 6.3 |
| 35 | 15.6 | 5.6 | 26.5 |
| 36 | 7.3 | 5.6 | 8.2 |
| 37 | 8.4 | 2.1 | 6.7 |
| 38 | 5.2 | 1.3 | 5.9 |
| | 23.8 | 7.4 | 26.5 |
| AÑO 5 | | | |
| 39 | 16.7 | 4.8 | 12.0 |
| 40 | 5.7 | 1.5 | 6.5 |
| 41 | 13.2 | 3.9 | 15.4 |
| 42 | 10.2 | 5.1 | 18.1 |
| 43 | 13.8 | 3.3 | 14.1 |
| 44 | 14.6 | 4.2 | 25.2 |
| 45 | 8.8 | 2.7 | 15.2 |
| 46 | 15.2 | 7.9 | 39.6 |
| 47 | 8.5 | 4.2 | 9.0 |
| 48 | 15.1 | 5.5 | 17.9 |
| | 16.7 | 7.9 | 39.6 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 6 | | | |
| 49 | 15.4 | 6.3 | 16.6 |
| 50 | 4.5 | 2.8 | 10.5 |
| 51 | 12.0 | 2.7 | 12.1 |
| 52 | 18.6 | 4.7 | 12.0 |
| 53 | 17.5 | 9.8 | 25.3 |
| 54 | 1.4 | 0.7 | 5.7 |
| 55 | 26.3 | 12.4 | 51.9 |
| 56 | 21.3 | 6.7 | 17.0 |
| 57 | 7.8 | 3.1 | 7.6 |
| | 26.3 | 12.4 | 51.9 |
| AÑO 7 | | | |
| 58 | 21.2 | 4.9 | 23.0 |
| 59 | 10.4 | 8.0 | 11.8 |
| 60 | 24.6 | 8.9 | 17.2 |
| 61 | 15.7 | 4.2 | 22.3 |
| 62 | 17.4 | 11.6 | 33.2 |
| 63 | 5.1 | 3.0 | 9.6 |
| 64 | 9.9 | 3.8 | 8.1 |
| | 24.6 | 11.6 | 33.2 |
| AÑO 8 | | | |
| 65 | 21.4 | 7.8 | 34.8 |
| 66 | 14.0 | 3.3 | 17.5 |
| 67 | 6.5 | 1.9 | 9.4 |
| 68 | 26.1 | 11.5 | 30.5 |
| 69 | 2.7 | 1.7 | 5.4 |
| 70 | 11.1 | 4.8 | 46.0 |
| 71 | 13.4 | 4.6 | 14.1 |
| 72 | 24.0 | 12.9 | 28.5 |
| 73 | 3.9 | 2.4 | 9.1 |
| 74 | 7.1 | 4.2 | 13.3 |
| 75 | 17.4 | 10.6 | 21.5 |
| 76 | 21.2 | 9.3 | 17.1 |
| 77 | 18.4 | 8.5 | 22.3 |
| | 26.1 | 12.9 | 46.0 |
| AÑO 9 | | | |
| 78 | 24.1 | 7.5 | 19.2 |
| 79 | 40.3 | 7.4 | 30.0 |
| 80 | 40.3 | 7.4 | 30.0 |
| 81 | 20.2 | 7.2 | 46.4 |
| 82 | 19.8 | 4.5 | 21.4 |
| 83 | 6.9 | 2.0 | 17.5 |
| 84 | 6.6 | 2.1 | 12.1 |
| 85 | 19.1 | 7.4 | 29.4 |
| 86 | 9.8 | 6.8 | 12.3 |
| 87 | 7.3 | 3.1 | 8.2 |
| 88 | 28.9 | 10.3 | 66.3 |
| | 40.3 | 10.3 | 66.3 |
| AÑO 10 | | | |
| 89 | 4.6 | 1.4 | 6.7 |
| 90 | 13.2 | 6.9 | 34.4 |
| 91 | 10.1 | 5.2 | 10.9 |
| 92 | 12.1 | 5.7 | 24.7 |
| 93 | 4.0 | 1.5 | 3.1 |
| 94 | 7.6 | 4.6 | 14.4 |
| 95 | 7.6 | 4.6 | 14.4 |
| 96 | 4.3 | 4.3 | 14.9 |
| | 13.2 | 6.9 | 34.4 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 11 | | | |
| 97 | 25.1 | 13.5 | 29.8 |
| 98 | 31.5 | 14.9 | 62.2 |
| 99 | 11.9 | 4.3 | 9.9 |
| 100 | 3.6 | 2.2 | 8.4 |
| 101 | 15.5 | 3.7 | 13.2 |
| 102 | 17.6 | 12.9 | 34.2 |
| 103 | 8.1 | 3.7 | 16.3 |
| 104 | 13.9 | 4.1 | 16.2 |
| 105 | 7.7 | 2.9 | 16.7 |
| | 31.5 | 14.9 | 62.2 |
| AÑO 12 | | | |
| 106 | 13.4 | 3.2 | 11.4 |
| 107 | 14.0 | 5.7 | 15.1 |
| 108 | 17.4 | 9.9 | 22.3 |
| 109 | 14.5 | 5.2 | 24.6 |
| 110 | 21.7 | 7.8 | 18.1 |
| 111 | 14.5 | 7.5 | 15.6 |
| 112 | 15.7 | 6.2 | 25.6 |
| | 21.7 | 9.9 | 25.6 |
| AÑO 13 | | | |
| 113 | 17.8 | 4.5 | 11.4 |
| 114 | 15.9 | 3.8 | 10.2 |
| 115 | 7.9 | 5.0 | 22.7 |
| 116 | 19.3 | 8.5 | 26.4 |
| 117 | 6.6 | 2.6 | 6.4 |
| 118 | 9.6 | 7.2 | 26.9 |
| 119 | 7.9 | 5.0 | 22.6 |
| 120 | 6.1 | 1.7 | 14.5 |
| 121 | 7.7 | 2.9 | 16.7 |
| 122 | 9.9 | 2.2 | 9.9 |
| 123 | 7.8 | 3.5 | 21.0 |
| | 19.3 | 8.5 | 26.4 |
| AÑO 14 | | | |
| 124 | 4.5 | 2.6 | 23.1 |
| 125 | 7.8 | 3.8 | 8.2 |
| 126 | 18.5 | 6.8 | 30.1 |
| 127 | 13.9 | 7.3 | 36.3 |
| 128 | 16.1 | 11.8 | 31.2 |
| 129 | 17.6 | 10.8 | 21.8 |
| 130 | 12.1 | 4.1 | 15.6 |
| 131 | 14.1 | 6.6 | 13.8 |
| 132 | 23.8 | 12.8 | 28.3 |
| | 23.8 | 12.8 | 36.3 |
| AÑO 15 | | | |
| 133 | 7.1 | 2.1 | 8.0 |
| 134 | 20.9 | 9.7 | 23.8 |
| 135 | 4.1 | 2.8 | 8.5 |
| 136 | 20.0 | 5.6 | 25.7 |
| 137 | 20.1 | 4.6 | 15.8 |
| | 20.9 | 9.7 | 25.7 |
| AÑO 16 | | | |
| 138 | 11.7 | 2.9 | 20.8 |
| 139 | 16.0 | 5.6 | 20.4 |
| 140 | 8.8 | 3.6 | 27.8 |
| 141 | 4.8 | 4.3 | 8.0 |
| 142 | 24.3 | 7.6 | 19.4 |
| 143 | 15.3 | 5.1 | 13.5 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 16 | | | |
| 144 | 5.3 | 1.4 | 6.1 |
| 145 | 18.6 | 7.7 | 20.2 |
| 146 | 28.7 | 12.8 | 26.1 |
| 147 | 18.8 | 6.7 | 43.2 |
| 148 | 20.9 | 4.8 | 22.6 |
| 149.0 | 10.35 | 4.9 | 21.1 |
| | 24.3 | 7.6 | 27.8 |
| AÑO 17 | | | |
| 150 | 8.9 | 6.9 | 10.1 |
| 151 | 4.8 | 1.4 | 6.9 |
| 152 | 7.6 | 3.0 | 7.4 |
| 153 | 13.0 | 8.8 | 39.5 |
| 154 | 21.1 | 5.4 | 13.5 |
| 155 | 12.8 | 3.6 | 11.5 |
| 156 | 6.3 | 1.9 | 9.1 |
| 157 | 21.4 | 7.7 | 49.2 |
| 158 | 6.3 | 2.0 | 11.6 |
| 159 | 8.1 | 3.5 | 9.1 |
| | 21.4 | 8.8 | 49.2 |
| AÑO 18 | | | |
| 160 | 14.9 | 5.0 | 13.1 |
| 161 | 6.4 | 4.8 | 15.9 |
| 162 | 14.0 | 3.4 | 18.4 |
| 163 | 17.0 | 5.3 | 20.5 |
| 164 | 22.9 | 4.2 | 17.0 |
| | 22.9 | 5.3 | 20.5 |
| AÑO 19 | | | |
| 165 | 2.6 | 1.2 | 10.3 |
| 166 | 8.0 | 3.7 | 16.3 |
| 167 | 7.5 | 3.4 | 26.4 |
| 168 | 18.0 | 4.6 | 11.6 |
| 169 | 34.8 | 6.4 | 25.9 |
| 170 | 12.7 | 3.5 | 11.4 |
| 171 | 5.6 | 2.1 | 12.2 |
| 172 | 21.2 | 10.8 | 73.8 |
| 173 | 14.3 | 4.2 | 9.9 |
| 174 | 1.0 | 0.5 | 3.2 |
| | 34.8 | 6.4 | 26.4 |
| AÑO 20 | | | |
| 175 | 18.8 | 5.0 | 20.6 |
| 176 | 16.0 | 4.5 | 30.0 |
| 177 | 17.2 | 4.3 | 18.1 |
| 178 | 20.3 | 7.4 | 18.4 |
| 179 | 18.3 | 3.9 | 11.2 |
| 180 | 14.3 | 4.8 | 12.6 |
| 181 | 11.2 | 5.6 | 19.9 |
| 182 | 8.3 | 2.1 | 6.7 |
| 183 | 12.4 | 5.4 | 51.2 |
| 184 | 13.6 | 3.3 | 11.6 |
| 185 | 20.8 | 9.1 | 16.8 |
| 186 | 4.9 | 4.4 | 8.2 |
| 187 | 14.4 | 5.2 | 24.5 |
| 188 | 16.2 | 7.0 | 19.5 |
| 189 | 7.3 | 1.7 | 7.5 |
| 190 | 22.0 | 9.6 | 17.8 |
| 191 | 12.9 | 8.9 | 16.1 |
| | 20.8 | 9.1 | 51.2 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 21 | | | |
| 192 | 7.3 | 4.4 | 13.6 |
| 193 | 13.9 | 4.0 | 24.0 |
| 194 | 15.9 | 5.0 | 19.1 |
| 195 | 21.2 | 7.2 | 22.5 |
| 196 | 12.8 | 4.6 | 21.7 |
| 197 | 10.1 | 2.0 | 9.5 |
| 198 | 14.5 | 4.9 | 15.2 |
| 199 | 13.9 | 4.1 | 16.2 |
| 200 | 12.7 | 8.8 | 15.9 |
| 201 | 14.4 | 3.4 | 12.2 |
| 202 | 22.2 | 9.8 | 25.9 |
| | 22.2 | 9.8 | 25.9 |
| AÑO 22 | | | |
| 203 | 7.2 | 3.0 | 22.9 |
| 204 | 5.2 | 1.6 | 5.8 |
| 205 | 7.7 | 2.6 | 9.9 |
| 206 | 16.8 | 4.0 | 10.7 |
| 207 | 10.3 | 5.3 | 35.9 |
| 208 | 19.1 | 5.1 | 20.9 |
| | 16.8 | 5.3 | 35.9 |
| AÑO 23 | | | |
| 209 | 10.8 | 4.1 | 23.5 |
| 210 | 3.1 | 1.8 | 15.9 |
| 211 | 8.2 | 4.0 | 8.7 |
| 212 | 8.8 | 4.3 | 9.2 |
| 213 | 17.0 | 6.2 | 20.2 |
| 214 | 12.0 | 3.0 | 21.3 |
| 215 | 15.3 | 4.5 | 22.7 |
| 216 | 18.0 | 4.0 | 25.2 |
| 217 | 18.8 | 6.7 | 32.0 |
| 218 | 7.9 | 2.4 | 11.6 |
| 219 | 11.2 | 4.3 | 15.1 |
| 220 | 10.1 | 4.4 | 57.9 |
| | 18.8 | 6.7 | 57.9 |

| | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|
| AÑO 24 | | | |
| 221 | 11.6 | 5.9 | 40.4 |
| 222 | 17.8 | 4.1 | 11.1 |
| 223 | 21.2 | 9.2 | 17.1 |
| 224 | 18.8 | 7.2 | 28.8 |
| 225 | 15.3 | 4.1 | 21.8 |
| 226 | 0.9 | 0.4 | 2.8 |
| 227 | 12.4 | 3.5 | 21.3 |
| 228 | 16.8 | 11.2 | 32.0 |
| 229 | 7.5 | 1.8 | 7.7 |
| 230 | 8.4 | 5.1 | 15.8 |
| | 21.2 | 11.2 | 40.4 |
| AÑO 25 | | | |
| 231 | 8.4 | 3.4 | 26.6 |
| 232 | 9.2 | 7.1 | 10.4 |
| 233 | 11.1 | 4.8 | 46.1 |
| 234 | 17.4 | 6.4 | 28.3 |
| 235 | 12.0 | 3.4 | 12.9 |
| 236 | 6.1 | 2.3 | 8.3 |
| 237 | 13.6 | 3.2 | 13.8 |
| 238 | 8.99 | 4.4 | 16.2 |
| | 17.4 | 7.1 | 46.1 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 26 | | | |
| 239 | 4.0 | 1.2 | 10.1 |
| 240 | 39.2 | 17.5 | 35.7 |
| 241 | 12.4 | 3.0 | 16.4 |
| 242 | 19.8 | 5.0 | 12.7 |
| 243 | 8.8 | 3.4 | 7.1 |
| 244 | 5.6 | 1.0 | 8.8 |
| 245 | 11.9 | 5.4 | 24.1 |
| 246 | 9.0 | 3.0 | 9.0 |
| 247 | 13.5 | 4.5 | 12.0 |
| 248 | 12.0 | 4.6 | 16.2 |
| 249 | 22.5 | 5.2 | 17.7 |
| 250 | 9.1 | 3.0 | 13.3 |
| | 39.2 | 17.5 | 35.7 |
| AÑO 27 | | | |
| 251 | 11.1 | 3.8 | 11.7 |
| 252 | 9.8 | 2.2 | 10.6 |
| 253 | 15.4 | 2.2 | 21.6 |
| 254 | 6.7 | 1.9 | 15.8 |
| 255 | 5.5 | 2.1 | 11.9 |
| 256 | 8.4 | 1.9 | 9.0 |
| 257 | 12.3 | 2.8 | 12.4 |
| 258 | 9.2 | 2.9 | 15.8 |
| 259 | 17.1 | 5.0 | 12.3 |
| 260 | 21.4 | 4.9 | 16.8 |
| 261 | 0.1 | 0.1 | 1.2 |
| | 21.4 | 5.0 | 21.6 |

| | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|
| AÑO 28 | | | |
| 264 | 12.6 | 5.9 | 12.3 |
| 265 | 9.0 | 7.7 | 23.9 |
| 266 | 1.4 | 0.5 | 2.4 |
| 267 | 20.8 | 4.0 | 19.4 |
| 268 | 11.7 | 4.0 | 12.4 |
| 269 | 12.5 | 3.7 | 14.6 |
| 270 | 7.4 | 3.7 | 7.9 |
| 271 | 15.5 | 10.4 | 47.0 |
| 272 | 6.3 | 2.4 | 4.9 |
| 273 | 20.8 | 4.0 | 19.3 |
| 274 | 5.8 | 2.2 | 7.9 |
| 275 | 6.1 | 4.5 | 15.0 |
| 276 | 6.1 | 4.3 | 18.2 |
| 277 | 11.0 | 6.7 | 19.6 |
| 278 | 20.9 | 2.9 | 18.4 |
| | 20.8 | 7.7 | 23.9 |
| AÑO 29 | | | |
| 279 | 21.0 | 9.3 | 24.5 |
| 280 | 7.3 | 1.5 | 6.9 |
| 281 | 4.7 | 1.8 | 3.6 |
| 282 | 7.8 | 1.6 | 7.4 |
| 283 | 13.3 | 4.0 | 9.2 |
| 284 | 19.7 | 5.3 | 21.6 |
| 285 | 13.2 | 8.9 | 40.0 |
| 286 | 13.7 | 3.8 | 12.3 |
| 287 | 21.6 | 7.8 | 18.1 |
| 288 | 27.9 | 10.2 | 45.4 |
| 289 | 2.5 | 1.6 | 5.1 |
| | 27.9 | 10.2 | 45.4 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 30 | | | |
| 290 | 14.5 | 8.2 | 18.5 |
| 291 | 15.4 | 7.5 | 21.7 |
| 292 | 7.0 | 4.2 | 13.2 |
| 293 | 13.0 | 4.4 | 13.7 |
| 294 | 5.8 | 2.4 | 6.3 |
| 295 | 11.0 | 9.4 | 29.0 |
| 296 | 22.8 | 12.3 | 27.1 |
| | 22.8 | 12.3 | 29.0 |
| AÑO 31 | | | |
| 297 | 3.7 | 1.4 | 2.9 |
| 298 | 4.3 | 2.7 | 10.2 |
| 299 | 20.0 | 7.2 | 16.7 |
| 300 | 16.7 | 5.2 | 20.1 |
| 301 | 12.9 | 4.0 | 25.5 |
| 302 | 13.9 | 4.8 | 17.7 |
| 303 | 0.1 | 0.1 | 1.1 |
| 304 | 19.4 | 5.5 | 25.0 |
| | 20.0 | 7.2 | 25.5 |
| AÑO 32 | | | |
| 305 | 9.8 | 4.2 | 40.4 |
| 306 | 30.9 | 11.2 | 28.0 |
| 307 | 16.3 | 9.8 | 28.7 |
| 308 | 7.3 | 5.4 | 20.3 |
| 309 | 5.7 | 1.7 | 8.3 |
| 310 | 6.9 | 1.6 | 7.1 |
| 311 | 19.5 | 5.0 | 12.5 |
| 312 | 13.6 | 7.0 | 14.7 |
| 313 | 49.5 | 9.1 | 36.8 |
| 314 | 27.4 | 6.3 | 21.6 |
| 315 | 37.6 | 6.9 | 27.9 |
| | 49.5 | 11.2 | 40.4 |
| AÑO 33 | | | |
| 316 | 11.7 | 4.6 | 9.6 |
| 317 | 2.6 | 1.7 | 5.3 |
| 318 | 6.1 | 2.4 | 13.4 |
| 319 | 25.8 | 12.2 | 51.0 |
| 320 | 11.2 | 2.5 | 15.6 |
| | 25.8 | 12.2 | 51.0 |
| AÑO 34 | | | |
| 321 | 16.8 | 4.5 | 23.9 |
| 322 | 20.3 | 3.9 | 18.9 |
| 323 | 22.5 | 5.2 | 14.1 |
| 324 | 7.0 | 2.8 | 6.8 |
| 325 | 19.3 | 4.4 | 15.2 |
| 326 | 6.4 | 4.8 | 15.8 |
| 327 | 8.2 | 6.3 | 9.3 |
| | 22.5 | 6.3 | 23.9 |
| AÑO 35 | | | |
| 328 | 24.1 | 8.2 | 25.5 |
| 329 | 6.9 | 2.1 | 10.0 |
| 330 | 19.0 | 8.9 | 18.5 |
| 331 | 8.3 | 2.1 | 6.6 |
| 332 | 14.5 | 4.0 | 13.0 |
| 333 | 28.2 | 12.3 | 38.5 |
| 334 | 16.2 | 3.6 | 10.9 |
| 335 | 5.2 | 2.1 | 5.7 |
| 336 | 7.9 | 2.6 | 7.9 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 35 | | | |
| 337 | 17.0 | 10.2 | 30.0 |
| 338 | 8.3 | 2.7 | 8.3 |
| 339 | 9.2 | 0.0 | 17.2 |
| 340 | 7.3 | 2.8 | 5.7 |
| 341 | 33.9 | 15.1 | 30.8 |
| 342 | 14.6 | 8.2 | 21.1 |
| | 33.9 | 15.1 | 38.5 |
| AÑO 36 | | | |
| 343 | 9.3 | 3.6 | 7.6 |
| 344 | 1.1 | 0.4 | 1.9 |
| 345 | 12.7 | 6.3 | 26.4 |
| 346 | 13.4 | 4.0 | 9.3 |
| 347 | 7.2 | 2.1 | 8.1 |
| 348 | 5.3 | 2.0 | 11.5 |
| 349 | 20.2 | 11.5 | 25.9 |
| 350 | 5.3 | 3.2 | 10.0 |
| 351 | 18.8 | 4.8 | 12.1 |
| 352 | 16.4 | 3.7 | 11.1 |
| | 20.2 | 11.5 | 26.4 |
| AÑO 37 | | | |
| 353 | 10.9 | 4.7 | 45.2 |
| 354 | 7.8 | 3.4 | 8.8 |
| 355 | 34.8 | 5.4 | 11.2 |
| 356 | 6.6 | 6.0 | 11.1 |
| 357 | 16.4 | 3.9 | 16.7 |
| 358 | 23.6 | 4.5 | 22.0 |
| 359 | 15.4 | 4.8 | 18.6 |
| 360 | 6.0 | 1.6 | 5.3 |
| 361 | 6.2 | 4.6 | 15.4 |
| 362 | 18.4 | 4.7 | 11.8 |
| 363 | 1.4 | 0.6 | 5.5 |
| | 34.8 | 6.0 | 45.2 |
| AÑO 38 | | | |
| 364 | 12.5 | 4.8 | 10.2 |
| 365 | 11.5 | 3.2 | 12.3 |
| 366 | 20.6 | 9.6 | 23.5 |
| 367 | 10.4 | 8.9 | 27.7 |
| 368 | 3.7 | 1.9 | 18.6 |
| 369 | 17.4 | 4.4 | 15.0 |
| 370 | 15.3 | 4.5 | 22.7 |
| | 20.6 | 9.6 | 27.7 |
| AÑO 39 | | | |
| 371 | 8.1 | 1.9 | 8.7 |
| 372 | 15.1 | 3.6 | 15.4 |
| 373 | 17.9 | 16.2 | 53.8 |
| 374 | 26.5 | 9.6 | 18.5 |
| 375 | 12.3 | 4.8 | 16.7 |
| 376 | 13.3 | 4.5 | 11.8 |
| 377 | 14.3 | 7.0 | 20.0 |
| 378 | 19.8 | 4.9 | 35.1 |
| 379 | 36.5 | 5.6 | 11.8 |
| | 36.5 | 16.2 | 53.8 |
| AÑO 40 | | | |
| 380 | 10.0 | 3.9 | 8.1 |
| 381 | 19.2 | 8.4 | 26.3 |
| 382 | 5.8 | 3.5 | 10.9 |
| 383 | 12.8 | 4.3 | 11.3 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 40 | | | |
| 384 | 5.8 | 2.0 | 12.8 |
| 385 | 14.1 | 3.8 | 20.1 |
| 386 | 16.7 | 4.9 | 12.0 |
| 387 | 6.2 | 2.0 | 11.3 |
| | 19.2 | 8.4 | 26.3 |
| AÑO 41 | | | |
| 388 | 7.0 | 2.1 | 10.2 |
| 389 | 14.8 | 4.4 | 22.0 |
| 390 | 3.3 | 1.9 | 17.0 |
| 391 | 13.9 | 4.1 | 16.2 |
| 392 | 18.7 | 7.7 | 20.3 |
| 393 | 20.1 | 9.3 | 24.3 |
| 394 | 20.6 | 4.3 | 13.4 |
| 395 | 8.6 | 3.8 | 23.2 |
| 396 | 11.9 | 4.6 | 16.1 |
| | 20.6 | 9.3 | 24.3 |
| AÑO 42 | | | |
| 397 | 16.5 | 6.0 | 21.5 |
| 398 | 6.2 | 1.9 | 9.0 |
| 399 | 27.8 | 5.9 | 17.1 |
| 400 | 9.8 | 3.0 | 16.9 |
| | 27.8 | 6.0 | 21.5 |
| AÑO 43 | | | |
| 401 | 9.1 | 3.0 | 9.1 |
| 402 | 5.3 | 3.2 | 10.1 |
| 403 | 3.8 | 2.4 | 8.9 |
| 404 | 21.5 | 7.8 | 19.5 |
| 405 | 14.5 | 9.7 | 43.8 |
| 406 | 5.2 | 1.4 | 6.0 |
| 407 | 22.2 | 7.6 | 23.6 |
| 408 | 5.3 | 2.1 | 5.1 |
| 409 | 13.4 | 9.0 | 40.5 |
| 410 | 22.1 | 9.7 | 17.9 |
| | 22.2 | 9.7 | 43.8 |
| AÑO 44 | | | |
| 411 | 12.3 | 3.5 | 21.2 |
| 412 | 14.7 | 4.2 | 25.3 |
| 413 | 16.1 | 14.5 | 48.4 |
| 414 | 6.9 | 4.1 | 13.1 |
| 415 | 17.9 | 11.9 | 34.2 |
| 416 | 20.5 | 8.9 | 16.5 |
| 417 | 17.6 | 5.6 | 18.3 |
| | 20.5 | 14.5 | 48.4 |
| AÑO 45 | | | |
| 418 | 12.8 | 4.1 | 13.3 |
| 419 | 15.0 | 9.2 | 18.6 |
| 420 | 4.3 | 2.9 | 8.8 |
| 421 | 18.7 | 6.4 | 19.9 |
| 422 | 13.7 | 4.6 | 12.2 |
| 423 | 15.1 | 3.6 | 9.6 |
| 424 | 14.9 | 4.4 | 10.4 |
| 425 | 6.8 | 2.0 | 7.6 |
| 426 | 15.7 | 3.7 | 10.0 |
| | 18.7 | 9.2 | 18.7 |
| AÑO 46 | | | |
| 427 | 12.5 | 6.4 | 43.5 |
| 428 | 12.3 | 6.1 | 25.7 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 46 | | | |
| 429 | 5.8 | 3.5 | 10.9 |
| 430 | 33.7 | 16.2 | 49.2 |
| 431 | 12.1 | 2.9 | 16.0 |
| 432 | 16.2 | 3.9 | 13.8 |
| 433 | 19.0 | 8.2 | 22.9 |
| 434 | 18.6 | 6.7 | 15.5 |
| 435 | 4.5 | 2.4 | 17.5 |
| 436 | 8.6 | 3.5 | 33.1 |
| 437 | 5.3 | 2.8 | 20.6 |
| | 33.7 | 16.2 | 49.2 |
| AÑO 47 | | | |
| 438 | 20.1 | 4.6 | 21.8 |
| 439 | 8.2 | 3.2 | 6.7 |
| 440 | 5.5 | 2.1 | 4.3 |
| 441 | 13.5 | 8.2 | 25.4 |
| | 20.1 | 8.2 | 25.4 |
| AÑO 48 | | | |
| 442 | 8.0 | 3.0 | 6.3 |
| 443 | 2.6 | 1.7 | 5.2 |
| 444 | 24.1 | 8.7 | 16.8 |
| 445 | 13.9 | 6.8 | 19.5 |
| 446 | 13.7 | 4.0 | 14.3 |
| | 24.1 | 8.7 | 19.5 |
| AÑO 49 | | | |
| 447 | 31.2 | 12.4 | 50.6 |
| 448 | 7.9 | 6.7 | 20.9 |
| 449 | 1.0 | 0.5 | 3.1 |
| 450 | 6.5 | 2.1 | 7.2 |
| 451 | 7.2 | 2.2 | 10.4 |
| 452 | 14.7 | 5.2 | 33.7 |
| 453 | 16.9 | 7.5 | 19.7 |
| 454 | 8.4 | 1.9 | 9.1 |
| 455 | 1.6 | 0.8 | 6.5 |
| 456 | 21.0 | 10.1 | 30.6 |
| 457 | 21.1 | 11.4 | 25.1 |
| 458 | 16.0 | 3.8 | 10.2 |
| | 31.2 | 12.4 | 50.6 |
| AÑO 50 | | | |
| 459 | 16.8 | 4.9 | 12.1 |
| 460 | 6.2 | 1.9 | 6.8 |
| 461 | 17.0 | 9.5 | 24.5 |
| 462 | 14.6 | 9.3 | 38.2 |
| 463 | 14.8 | 10.8 | 28.7 |
| 464 | 3.3 | 1.9 | 16.8 |
| 465 | 14.7 | 6.8 | 16.7 |
| 466 | 23.7 | 8.1 | 25.2 |
| 467 | 8.0 | 1.6 | 7.5 |
| 468 | 17.8 | 4.6 | 15.4 |
| | 23.7 | 10.8 | 38.2 |
| AÑO 51 | | | |
| 469 | 24.1 | 5.0 | 15.8 |
| 470 | 0.3 | 3.5 | 27.8 |
| 471 | 23.0 | 7.2 | 18.3 |
| 472 | 5.5 | 2.1 | 7.5 |
| | 24.1 | 7.2 | 27.8 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 52 | | | |
| 473 | 19.9 | 8.7 | 16.1 |
| 474 | 9.6 | 4.6 | 19.6 |
| 475 | 15.8 | 7.7 | 22.2 |
| 476 | 5.9 | 3.5 | 11.1 |
| 477 | 14.3 | 4.2 | 9.9 |
| 478 | 18.8 | 8.9 | 37.2 |
| 479 | 10.2 | 4.4 | 11.5 |
| 480 | 12.7 | 2.8 | 17.8 |
| 481 | 23.2 | 9.3 | 37.8 |
| | 23.2 | 9.3 | 37.8 |
| AÑO 53 | | | |
| 482 | 6.9 | 2.8 | 21.8 |
| 483 | 5.0 | 3.4 | 10.3 |
| 484 | 13.6 | 3.6 | 10.7 |
| 485 | 16.0 | 6.6 | 17.4 |
| 486 | 22.7 | 5.2 | 24.5 |
| 487 | 13.4 | 3.0 | 9.0 |
| 488 | 24.5 | 8.9 | 17.1 |
| 489 | 22.2 | 5.1 | 17.5 |
| 490 | 17.7 | 7.8 | 20.7 |
| 491 | 14.4 | 4.0 | 27.0 |
| 492 | 19.1 | 8.4 | 15.5 |
| | 24.5 | 8.9 | 27.0 |
| AÑO 54 | | | |
| 493 | 4.0 | 2.8 | 8.3 |
| 494 | 4.1 | 1.3 | 10.3 |
| 495 | 4.2 | 2.8 | 8.6 |
| 496 | 14.5 | 3.9 | 20.6 |
| 497 | 13.6 | 3.2 | 8.7 |
| 498 | 7.0 | 2.1 | 10.2 |
| 499 | 7.9 | 6.0 | 8.9 |
| 500 | 21.1 | 11.4 | 25.1 |
| 501 | 29.2 | 12.8 | 40.0 |
| 502 | 8.4 | 0.0 | 8.4 |
| 503 | 13.2 | 9.2 | 16.5 |
| 504 | 9.2 | 5.0 | 23.8 |
| | 29.2 | 12.8 | 40.0 |
| AÑO 55 | | | |
| 505 | 7.9 | 2.6 | 7.9 |
| 506 | 14.3 | 4.2 | 10.3 |
| 507 | 14.1 | 4.5 | 14.6 |
| 508 | 3.2 | 2.0 | 6.4 |
| 509 | 18.7 | 8.2 | 15.1 |
| 510 | 3.1 | 2.0 | 7.4 |
| 511 | 21.9 | 0.0 | 23.2 |
| 512 | 14.8 | 3.3 | 11.9 |
| 513 | 18.3 | 4.6 | 11.7 |
| 514 | 6.1 | 2.6 | 6.8 |
| 515 | 18.2 | 8.5 | 20.7 |
| 516 | 14.4 | 9.6 | 27.5 |
| 517 | 14.1 | 4.0 | 33.4 |
| 518 | 5.8 | 4.3 | 14.3 |
| 519 | 8.5 | 2.1 | 6.8 |
| 520 | 11.0 | 9.4 | 29.1 |
| 521 | 10.9 | 3.6 | 15.9 |
| 522 | 8.0 | 3.6 | 21.5 |
| 523 | 4.0 | 1.3 | 4.4 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 55 | | | |
| 524 | 7.5 | 3.4 | 26.1 |
| | 21.9 | 9.6 | 33.4 |
| AÑO 56 | | | |
| 525 | 5.1 | 3.0 | 9.6 |
| 526 | 10.3 | 2.0 | 5.6 |
| 527 | 0.2 | 0.2 | 2.0 |
| 528 | 7.0 | 2.3 | 12.9 |
| 529 | 20.3 | 5.4 | 22.2 |
| 530 | 18.3 | 5.2 | 23.6 |
| 531 | 9.8 | 4.8 | 10.3 |
| 532 | 24.2 | 5.0 | 15.8 |
| 533 | 22.2 | 9.7 | 17.9 |
| 534 | 8.1 | 3.7 | 28.3 |
| 535 | 3.5 | 1.8 | 17.9 |
| 536 | 4.5 | 1.3 | 6.5 |
| 537 | 11.0 | 5.6 | 38.2 |
| 538 | 19.9 | 7.2 | 18.0 |
| 539 | 13.7 | 3.0 | 19.2 |
| 540 | 15.8 | 5.0 | 19.1 |
| | 24.2 | 9.7 | 38.2 |
| AÑO 57 | | | |
| 541 | 0.8 | 0.4 | 2.7 |
| 542 | 4.3 | 1.3 | 10.9 |
| 543 | 4.3 | 2.5 | 22.0 |
| 544 | 5.4 | 2.2 | 5.9 |
| 545 | 0.2 | 0.2 | 1.4 |
| 546 | 16.2 | 4.5 | 16.9 |
| 547 | 25.0 | 5.7 | 15.6 |
| 548 | 6.5 | 2.5 | 14.1 |
| 549 | 0.2 | 0.2 | 1.4 |
| 550 | 20.8 | 5.6 | 22.8 |
| | 25.0 | 5.7 | 22.8 |
| AÑO 58 | | | |
| 551 | 23.0 | 12.4 | 27.4 |
| 552 | 14.4 | 9.2 | 37.7 |
| 553 | 19.7 | 4.1 | 12.8 |
| 554 | 1.8 | 0.6 | 3.0 |
| 555 | 23.6 | 9.4 | 38.3 |
| 556 | 7.5 | 1.5 | 4.1 |
| 557 | 16.3 | 4.2 | 14.1 |
| 558 | 11.3 | 3.5 | 22.3 |
| 559 | 24.5 | 10.8 | 28.7 |
| 560 | 16.9 | 4.4 | 20.8 |
| 561 | 11.0 | 5.5 | 23.0 |
| 562 | 9.6 | 6.1 | 27.7 |
| 563 | 11.9 | 3.8 | 12.3 |
| | 24.5 | 12.4 | 38.3 |
| AÑO 59 | | | |
| 564 | 14.1 | 9.0 | 37.1 |
| 565 | 19.8 | 9.4 | 39.2 |
| 566 | 7.7 | 1.6 | 7.3 |
| 567 | 14.2 | 3.4 | 14.5 |
| 568 | 9.2 | 1.9 | 8.7 |
| 569 | 19.1 | 5.1 | 20.9 |
| 570 | 11.0 | 4.5 | 35.1 |
| 571 | 4.7 | 4.2 | 7.9 |
| 572 | 5.1 | 2.1 | 5.6 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 59 | | | |
| 573 | 3.4 | 1.9 | 18.2 |
| 574 | 16.6 | 3.9 | 20.7 |
| 575 | 5.3 | 1.4 | 6.1 |
| 576 | 1.2 | 0.4 | 2.1 |
| 577 | 6.3 | 1.9 | 9.2 |
| | 19.8 | 9.4 | 39.2 |
| AÑO 60 | | | |
| 578 | 24.2 | 8.8 | 16.9 |
| 579 | 13.6 | 5.4 | 22.2 |
| 580 | 6.5 | 2.7 | 7.2 |
| 581 | 28.6 | 12.8 | 26.0 |
| 582 | 26.7 | 5.1 | 24.9 |
| 583 | 7.6 | 3.1 | 24.2 |
| 584 | 7.9 | 2.3 | 19.9 |
| | 28.6 | 12.8 | 26.0 |
| AÑO 61 | | | |
| 585 | 29.5 | 10.8 | 48.0 |
| 586 | 18.4 | 5.8 | 22.2 |
| 587 | 13.8 | 4.1 | 14.4 |
| 588 | 5.6 | 4.2 | 13.8 |
| 589 | 3.1 | 1.7 | 16.4 |
| | 29.5 | 10.8 | 48.0 |
| AÑO 62 | | | |
| 590 | 3.5 | 1.9 | 18.8 |
| 591 | 13.8 | 3.8 | 25.8 |
| 592 | 4.4 | 2.2 | 22.1 |
| 593 | 16.4 | 4.0 | 29.1 |
| 594 | 15.6 | 9.4 | 27.5 |
| 595 | 15.9 | 5.5 | 20.2 |
| 596 | 16.0 | 6.9 | 19.3 |
| 597 | 6.7 | 1.4 | 6.3 |
| | 16.4 | 9.4 | 29.1 |
| AÑO 63 | | | |
| 598 | 20.0 | 4.6 | 21.6 |
| 599 | 6.5 | 4.9 | 18.1 |
| 600 | 19.7 | 9.2 | 22.4 |
| | 20.0 | 9.2 | 22.4 |
| AÑO 64 | | | |
| 601 | 23.2 | 12.5 | 27.6 |
| 602 | 9.4 | 1.9 | 5.1 |
| 603 | 15.4 | 6.1 | 25.1 |
| 604 | 17.1 | 11.3 | 32.6 |
| 605 | 8.5 | 3.7 | 9.6 |
| 606 | 15.5 | 5.0 | 16.1 |
| | 23.2 | 12.5 | 32.6 |
| AÑO 65 | | | |
| 607 | 24.2 | 8.7 | 16.8 |
| 608 | 18.4 | 11.3 | 22.8 |
| 609 | 12.1 | 2.4 | 6.6 |
| 610 | 1.1 | 0.4 | 1.9 |
| 611 | 26.0 | 8.1 | 20.7 |
| 612 | 4.1 | 1.3 | 4.6 |
| 613 | 16.4 | 3.9 | 16.7 |
| | 26.0 | 11.3 | 22.8 |
| AÑO 66 | | | |
| 617 | 21.1 | 7.6 | 35.9 |
| 618 | 8.1 | 3.1 | 6.6 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 66 | | | |
| 619 | 9.4 | 3.6 | 7.6 |
| 620 | 7.1 | 2.1 | 10.3 |
| 621 | 6.7 | 2.2 | 12.3 |
| 622 | 15.5 | 3.4 | 21.7 |
| 623 | 2.5 | 1.2 | 10.1 |
| 624 | 18.4 | 4.2 | 11.5 |
| 625 | 15.8 | 5.7 | 27.0 |
| 626 | 4.9 | 1.5 | 7.2 |
| 627 | 12.9 | 3.8 | 13.5 |
| 628 | 3.8 | 3.6 | 10.4 |
| 629 | 9.9 | 0.8 | 12.6 |
| 630 | 17.5 | 3.9 | 24.5 |
| 631 | 16.0 | 4.5 | 16.7 |
| 632 | 27.5 | 5.1 | 20.4 |
| | 27.5 | 7.6 | 35.9 |
| AÑO 67 | | | |
| 633 | 7.1 | 3.2 | 24.7 |
| 634 | 6.7 | 2.2 | 12.3 |
| 635 | 8.5 | 2.8 | 8.5 |
| 636 | 3.9 | 2.0 | 19.8 |
| 637 | 8.8 | 3.4 | 14.6 |
| 638 | 15.1 | 3.6 | 15.4 |
| 639 | 17.2 | 4.1 | 11.0 |
| 640 | 9.2 | 1.8 | 5.0 |
| 641 | 19.3 | 5.1 | 21.1 |
| 642 | 3.9 | 1.5 | 3.0 |
| 643 | 36.7 | 16.4 | 33.4 |
| 644 | 8.2 | 6.1 | 22.9 |
| | 19.3 | 5.1 | 24.7 |
| AÑO 68 | | | |
| 645 | 12.4 | 6.2 | 25.9 |
| 646 | 7.3 | 2.3 | 13.3 |
| 647 | 3.0 | 1.9 | 6.1 |
| 648 | 35.9 | 5.5 | 11.6 |
| 649 | 8.6 | 4.2 | 9.1 |
| 650 | 24.1 | 12.9 | 28.6 |
| 651 | 19.5 | 4.1 | 12.7 |
| | 35.9 | 12.9 | 28.6 |
| AÑO 69 | | | |
| 652 | 29.6 | 5.7 | 27.6 |
| 653 | 27.6 | 5.9 | 17.0 |
| 654 | 8.9 | 7.6 | 23.5 |
| 655 | 10.0 | 3.1 | 17.3 |
| 656 | 8.1 | 6.9 | 21.5 |
| 657 | 10.9 | 4.7 | 45.3 |
| 658 | 23.4 | 8.5 | 16.3 |
| | 29.6 | 8.5 | 45.3 |
| AÑO 70 | | | |
| 659 | 24.7 | 11.8 | 36.0 |
| 660 | 6.8 | 3.1 | 23.8 |
| 661 | 7.0 | 2.1 | 10.2 |
| 662 | 14.3 | 3.4 | 12.2 |
| 663 | 16.4 | 7.6 | 19.9 |
| 664 | 21.7 | 4.2 | 20.2 |
| 665 | 18.6 | 10.5 | 26.9 |
| | 24.7 | 11.8 | 36.0 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 71 | | | |
| 666 | 16.4 | 5.3 | 17.0 |
| 667 | 9.8 | 2.9 | 10.3 |
| 668 | 0.8 | 0.4 | 2.7 |
| 669 | 2.4 | 1.6 | 4.9 |
| 670 | 11.5 | 2.6 | 11.6 |
| 671 | 13.1 | 3.9 | 15.3 |
| 672 | 16.6 | 5.9 | 38.0 |
| 673 | 22.8 | 8.2 | 19.0 |
| 674 | 19.2 | 9.1 | 37.9 |
| 675 | 1.9 | 0.9 | 7.6 |
| | 22.8 | 9.1 | 38.0 |
| AÑO 72 | | | |
| 676 | 6.4 | 2.1 | 11.8 |
| 677 | 21.8 | 4.5 | 14.2 |
| 678 | 14.2 | 7.3 | 15.3 |
| 679 | 26.6 | 11.7 | 31.1 |
| 680 | 13.6 | 5.3 | 22.1 |
| 681 | 15.3 | 9.2 | 27.0 |
| 682 | 16.6 | 4.4 | 23.6 |
| 683 | 24.3 | 4.5 | 18.1 |
| 684 | 18.2 | 7.0 | 28.0 |
| 685 | 8.9 | 3.7 | 28.4 |
| 686 | 8.9 | 3.7 | 28.4 |
| | 26.6 | 11.7 | 31.1 |
| AÑO 73 | | | |
| 687 | 10.1 | 2.3 | 10.2 |
| 688 | 9.5 | 2.3 | 7.6 |
| 689 | 15.5 | 10.5 | 47.1 |
| 690 | 14.9 | 5.3 | 34.2 |
| 691 | 26.6 | 9.6 | 18.6 |
| 692 | 10.3 | 4.2 | 32.8 |
| 693 | 7.2 | 2.3 | 13.1 |
| 694 | 5.4 | 1.0 | 8.6 |
| | 26.6 | 10.5 | 47.1 |
| AÑO 74 | | | |
| 695 | 9.6 | 1.8 | 18.0 |
| 696 | 16.7 | 5.8 | 19.8 |
| 697 | 11.0 | 2.3 | 22.3 |
| 698 | 4.1 | 1.3 | 19.8 |
| 699 | 12.0 | 2.1 | 11.4 |
| 700 | 22.8 | 9.2 | 30.2 |
| 701 | 14.1 | 6.6 | 13.7 |
| | 22.8 | 9.2 | 30.2 |
| AÑO 75 | | | |
| 702 | 10.5 | 4.5 | 11.8 |
| 703 | 23.4 | 9.4 | 38.1 |
| 704 | 13.8 | 7.1 | 48.2 |
| 705 | 18.8 | 4.9 | 23.2 |
| 706 | 3.1 | 1.8 | 16.0 |
| 707 | 6.9 | 2.2 | 12.6 |
| 708 | 8.4 | 2.8 | 10.9 |
| 709 | 14.6 | 4.9 | 12.9 |
| 710 | 20.2 | 8.8 | 10.6 |
| 711 | 16.1 | 4.7 | 9.5 |
| 712 | 8.3 | 1.9 | 4.7 |
| 713 | 8.9 | 2.1 | 5.1 |
| 714 | 32.7 | 6.0 | 24.3 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 715 | 18.6 | 5.9 | 19.3 |
| 716 | 14.9 | 3.3 | 10.0 |
| | 23.4 | 9.4 | 48.2 |
| AÑO 76 | | | |
| 717 | 9.9 | 4.9 | 17.6 |
| 718 | 13.2 | 3.9 | 9.2 |
| 719 | 25.2 | 13.5 | 29.9 |
| 720 | 16.5 | 4.8 | 11.9 |
| 721 | 18.4 | 8.5 | 22.2 |
| 722 | 3.3 | 2.1 | 7.8 |
| 723 | 6.9 | 3.0 | 7.8 |
| 724 | 4.4 | 2.4 | 17.2 |
| 725 | 6.5 | 2.1 | 11.9 |
| 726 | 12.5 | 6.4 | 13.4 |
| 727 | 14.3 | 3.5 | 25.4 |
| 728 | 26.0 | 9.5 | 42.4 |
| | 26.0 | 13.5 | 42.4 |
| AÑO 77 | | | |
| 729 | 14.0 | 3.3 | 14.3 |
| 730 | 16.1 | 5.6 | 20.5 |
| 731 | 16.7 | 6.4 | 25.7 |
| 732 | 4.8 | 1.5 | 12.1 |
| 733 | 9.9 | 3.2 | 14.4 |
| 734 | 11.5 | 2.7 | 14.4 |
| 735 | 9.8 | 3.0 | 16.9 |
| 736 | 9.6 | 3.0 | 16.6 |
| 737 | 9.1 | 4.1 | 31.7 |
| 738 | 8.5 | 2.0 | 9.2 |
| 739 | 18.1 | 6.6 | 29.4 |
| 740 | 18.9 | 6.9 | 30.8 |
| 741 | 26.3 | 4.9 | 19.6 |
| 742 | 9.6 | 3.0 | 16.6 |
| 743 | 9.1 | 3.6 | 15.1 |
| 744 | 8.6 | 4.1 | 17.5 |
| 745 | 8.4 | 2.8 | 8.4 |
| | 26.3 | 6.9 | 31.7 |
| AÑO 78 | | | |
| 746 | 10.9 | 2.9 | 9.5 |
| 747 | 12.9 | 2.8 | 20.9 |
| 748 | 7.9 | 5.7 | 10.0 |
| 749 | 13.7 | 3.9 | 15.5 |
| 750 | 4.4 | 1.5 | 6.1 |
| 751 | 10.2 | 2.4 | 7.8 |
| 752 | 19.3 | 3.7 | 8.1 |
| 753 | 20.5 | 8.3 | 27.2 |
| 754 | 14.7 | 2.9 | 14.9 |
| 755 | 17.5 | 3.3 | 7.4 |
| 756 | 21.5 | 4.6 | 34.8 |
| 757 | 0.0 | 8.0 | 18.5 |
| 758 | 15.4 | 3.3 | 23.2 |
| 759 | 13.7 | 1.0 | 20.7 |
| 760 | 15.9 | 4.5 | 11.6 |
| 761 | 9.2 | 2.2 | 7.1 |
| 762 | 18.4 | 6.3 | 12.3 |
| 763 | 21.9 | 8.8 | 14.9 |
| 764 | 13.2 | 3.2 | 10.5 |
| 765 | 6.8 | 2.7 | 9.1 |
| | 21.9 | 8.8 | 34.8 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 79 | | | |
| 766 | 5.0 | 1.3 | 5.7 |
| 767 | 7.6 | 3.0 | 12.7 |
| 768 | 14.2 | 3.4 | 14.5 |
| 769 | 16.7 | 4.8 | 12.0 |
| 770 | 10.1 | 3.3 | 14.7 |
| 771 | 21.0 | 6.7 | 19.7 |
| 772 | 0.2 | 0.2 | 1.8 |
| 773 | 3.5 | 1.9 | 18.4 |
| 774 | 15.3 | 6.0 | 25.0 |
| 775 | 1.1 | 0.4 | 2.0 |
| 776 | 3.4 | 1.9 | 18.4 |
| 777 | 4.5 | 0.8 | 7.1 |
| 778 | 21.8 | 5.6 | 18.9 |
| | 21.8 | 6.7 | 25.0 |
| AÑO 80 | | | |
| 779 | 9.6 | 3.0 | 16.6 |
| 780 | 19.1 | 8.3 | 15.4 |
| 781 | 20.0 | 5.6 | 25.8 |
| 782 | 22.3 | 5.1 | 24.0 |
| 783 | 7.0 | 2.1 | 7.9 |
| 784 | 15.8 | 6.8 | 19.0 |
| 785 | 13.5 | 4.0 | 9.3 |
| 786 | 11.0 | 2.7 | 19.5 |
| 787 | 7.5 | 5.6 | 18.7 |
| 788 | 1.5 | 0.7 | 6.0 |
| 789 | 19.3 | 5.4 | 24.9 |
| | 22.3 | 8.3 | 25.8 |
| AÑO 81 | | | |
| 790 | 11.1 | 5.4 | 50.6 |
| 791 | 11.2 | 3.6 | 22.8 |
| 792 | 11.9 | 4.5 | 19.5 |
| 793 | 13.9 | 2.3 | 8.8 |
| 794 | 14.1 | 3.7 | 17.3 |
| 795 | 15.2 | 3.5 | 9.6 |
| 796 | 19.5 | 4.9 | 10.9 |
| 797 | 9.1 | 2.8 | 3.1 |
| 798 | 6.6 | 2.2 | 50.4 |
| 799 | 10.5 | 3.3 | 27.8 |
| | 19.5 | 5.4 | 50.6 |
| AÑO 82 | | | |
| 800 | 16.1 | 5.1 | 15.1 |
| 801 | 8.9 | 6.6 | 24.7 |
| 802 | 17.8 | 13.0 | 34.6 |
| 803 | 6.0 | 1.6 | 5.3 |
| 804 | 17.5 | 4.4 | 11.2 |
| 805 | 0.2 | 0.2 | 1.3 |
| 806 | 17.7 | 4.4 | 18.6 |
| 807 | 32.2 | 14.4 | 29.3 |
| 808 | 32.2 | 14.4 | 29.3 |
| 809 | 9.3 | 2.1 | 10.0 |
| 810 | 14.1 | 8.0 | 18.1 |
| 811 | 6.1 | 3.6 | 11.5 |
| 812 | 8.5 | 2.0 | 8.8 |
| 813 | 4.6 | 1.2 | 5.2 |
| | 32.2 | 14.4 | 34.6 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|---------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 83 | | | |
| 814 | 15.0 | 3.7 | 26.6 |
| 815 | 14.0 | 3.7 | 11.1 |
| 816 | 16.3 | 3.9 | 16.6 |
| 817 | 3.4 | 1.8 | 18.0 |
| 818 | 16.8 | 6.0 | 28.6 |
| 819 | 10.3 | 3.5 | 13.3 |
| 820 | 12.3 | 6.1 | 25.7 |
| | 16.8 | 6.1 | 28.6 |
| AÑO 84 | | | |
| 821 | 7.1 | 2.1 | 8.0 |
| 822 | 18.2 | 13.3 | 35.4 |
| 823 | 0.1 | 0.1 | 1.1 |
| 824 | 5.5 | 4.1 | 13.5 |
| 825 | 7.7 | 2.6 | 7.7 |
| 826 | 9.4 | 2.2 | 10.2 |
| 827 | 12.5 | 5.7 | 43.8 |
| | 18.2 | 13.3 | 43.8 |
| AÑO 85 | | | |
| 828 | 7.8 | 2.6 | 7.8 |
| 829 | 15.1 | 10.1 | 45.6 |
| 830 | 12.1 | 4.7 | 9.9 |
| 831 | 16.7 | 7.2 | 20.1 |
| 832 | 19.0 | 8.3 | 15.3 |
| 833 | 14.3 | 6.7 | 13.9 |
| 834 | 8.6 | 2.6 | 12.5 |
| 835 | 1.4 | 0.7 | 5.6 |
| 836 | 13.3 | 4.5 | 14.0 |
| 837 | 21.8 | 11.7 | 25.9 |
| 838 | 14.3 | 3.4 | 14.6 |
| | 21.8 | 11.7 | 45.6 |
| AÑO 86 | | | |
| 839 | 6.4 | 3.2 | 32.3 |
| 840 | 18.7 | 5.2 | 35.1 |
| 841 | 12.6 | 3.7 | 14.8 |
| 842 | 17.7 | 10.6 | 31.1 |
| 843 | 5.5 | 1.9 | 12.2 |
| 844 | 20.3 | 9.8 | 29.7 |
| 845 | 12.6 | 3.7 | 14.8 |
| | 20.3 | 10.6 | 35.1 |
| AÑO 87 | | | |
| 846 | 19.0 | 4.6 | 16.2 |
| 847 | 15.0 | 7.3 | 21.1 |
| 848 | 0.1 | 0.1 | 1.2 |
| 849 | 15.8 | 6.2 | 25.8 |
| 850 | 17.4 | 6.1 | 22.2 |
| 851 | 16.4 | 5.2 | 15.4 |
| 852 | 17.2 | 6.2 | 14.3 |
| | 19.0 | 7.3 | 25.8 |
| AÑO 88 | | | |
| 853 | 6.8 | 2.0 | 17.1 |
| 854 | 18.4 | 13.5 | 35.7 |
| 855 | 8.2 | 3.4 | 26.0 |
| 856 | 20.8 | 5.6 | 22.7 |
| 857 | 7.9 | 5.9 | 22.0 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 949 | 19.7 | 5.0 | 12.6 |
| 950 | 7.2 | 2.9 | 7.0 |
| 951 | 13.5 | 7.1 | 35.2 |
| 952 | 13.3 | 3.8 | 22.9 |
| 953 | 1.6 | 0.7 | 6.4 |
| 954 | 4.2 | 4.2 | 11.0 |
| 955 | 22.2 | 6.9 | 17.8 |
| | 34.9 | 13.9 | 56.7 |
| AÑO 101 | | | |
| 956 | 22.9 | 10.0 | 31.3 |
| 957 | 4.8 | 1.5 | 12.2 |
| 958 | 8.0 | 2.3 | 20.1 |
| 959 | 14.3 | 3.8 | 11.3 |
| 960 | 10.5 | 3.6 | 11.0 |
| 961 | 14.3 | 9.5 | 27.3 |
| 962 | 22.1 | 11.9 | 26.3 |
| 963 | 7.6 | 1.5 | 7.2 |
| | 22.9 | 11.9 | 31.3 |
| AÑO 102 | | | |
| 964 | 9.9 | 8.5 | 26.3 |
| 965 | 12.1 | 4.3 | 20.6 |
| 966 | 20.1 | 6.9 | 21.4 |
| 967 | 14.9 | 10.0 | 45.1 |
| 968 | 2.9 | 1.7 | 15.1 |
| 969 | 8.1 | 2.4 | 11.8 |
| 970 | 14.4 | 3.2 | 9.7 |
| 971 | 5.4 | 1.4 | 6.2 |
| 972 | 13.3 | 3.7 | 12.0 |
| 973 | 26.9 | 9.7 | 18.7 |
| 974 | 15.1 | 7.1 | 14.8 |
| 975 | 7.1 | 2.9 | 20.6 |
| 976 | 19.1 | 8.2 | 23.0 |
| 977 | 13.7 | 7.2 | 35.8 |
| | 26.9 | 10.0 | 45.1 |
| AÑO 103 | | | |
| 978 | 9.4 | 4.7 | 19.6 |
| 979 | 7.7 | 2.2 | 19.5 |
| 980 | 4.0 | 1.5 | 3.1 |
| 981 | 14.8 | 10.0 | 44.9 |
| 982 | 12.0 | 3.0 | 21.3 |
| 983 | 2.9 | 1.8 | 5.7 |
| 984 | 4.0 | 2.0 | 20.3 |
| 985 | 7.1 | 1.4 | 6.7 |
| 986 | 1.4 | 0.5 | 2.5 |
| | 14.8 | 10.0 | 44.9 |
| AÑO 104 | | | |
| 987 | 8.2 | 2.0 | 8.5 |
| 988 | 20.9 | 5.3 | 18.0 |
| 989 | 7.4 | 2.1 | 17.4 |
| 990 | 4.2 | 2.9 | 8.6 |
| 991 | 17.1 | 9.6 | 24.8 |
| 992 | 8.9 | 2.0 | 9.6 |
| 993 | 10.8 | 3.0 | 11.6 |
| 994 | 12.3 | 3.6 | 18.3 |
| 995 | 15.5 | 3.3 | 9.5 |
| 996 | 8.8 | 1.8 | 8.3 |
| 997 | 7.7 | 1.9 | 6.2 |
| | 20.9 | 9.6 | 24.8 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 105 | | | |
| 998 | 18.8 | 3.6 | 17.5 |
| 999 | 5.3 | 3.6 | 10.8 |
| 1000 | 10.6 | 6.4 | 19.8 |
| 1001 | 11.2 | 5.6 | 20.0 |
| 1002 | 4.5 | 2.5 | 24.2 |
| 1003 | 4.7 | 4.2 | 7.8 |
| 1004 | 9.2 | 5.9 | 26.6 |
| | 18.8 | 6.4 | 26.6 |
| AÑO 106 | | | |
| 1005 | 14.9 | 4.1 | 13.4 |
| 1006 | 11.5 | 0.0 | 20.5 |
| 1007 | 8.2 | 7.0 | 21.6 |
| 1008 | 10.6 | 4.1 | 8.6 |
| 1009 | 6.3 | 1.8 | 14.8 |
| 1010 | 10.8 | 3.5 | 11.3 |
| 1011 | 13.7 | 9.5 | 17.1 |
| 1012 | 8.0 | 2.7 | 8.0 |
| 1013 | 12.2 | 3.9 | 12.7 |
| | 14.9 | 9.5 | 21.6 |
| AÑO 107 | | | |
| 1014 | 11.1 | 2.3 | 6.4 |
| 1015 | 7.0 | 0.0 | 16.3 |
| 1016 | 7.8 | 2.5 | 13.1 |
| 1017 | 13.8 | 3.2 | 13.2 |
| 1018 | 6.3 | 3.4 | 10.1 |
| 1019 | 25.3 | 9.7 | 16.6 |
| 1020 | 15.5 | 5.0 | 25.5 |
| 1021 | 13.6 | 6.4 | 18.4 |
| 1022 | 11.6 | 7.4 | 41.5 |
| | 25.3 | 9.7 | 41.5 |
| AÑO 108 | | | |
| 1023 | 26.0 | 11.4 | 35.6 |
| 1024 | 23.1 | 0.0 | 16.1 |
| 1025 | 4.5 | 4.0 | 7.5 |
| 1026 | 19.2 | 6.9 | 44.0 |
| 1027 | 7.8 | 3.5 | 21.0 |
| 1028 | 9.3 | 3.1 | 9.3 |
| 1029 | 3.8 | 1.4 | 3.0 |
| | 26.0 | 11.4 | 44.0 |
| AÑO 109 | | | |
| 1030 | 7.5 | 2.2 | 8.4 |
| 1031 | 21.8 | 5.0 | 13.6 |
| 1032 | 23.9 | 13.4 | 34.5 |
| 1033 | 4.9 | 3.4 | 10.1 |
| 1034 | 32.2 | 14.1 | 44.1 |
| 1035 | 36.1 | 5.6 | 11.6 |
| 1036 | 7.3 | 6.2 | 19.3 |
| 1037 | 11.6 | 2.6 | 11.7 |
| 1038 | 17.9 | 6.5 | 29.1 |
| | 36.1 | 14.1 | 44.1 |
| AÑO 110 | | | |
| 1039 | 21.0 | 9.9 | 41.4 |
| 1040 | 13.8 | 9.3 | 41.8 |
| 1041 | 9.8 | 4.9 | 20.5 |
| 1042 | 11.2 | 2.7 | 14.8 |
| 1043 | 21.5 | 10.2 | 42.5 |
| 1044 | 16.2 | 4.7 | 11.7 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 110 | | | |
| 1045 | 17.0 | 7.5 | 19.9 |
| 1046 | 12.1 | 4.1 | 15.6 |
| | 21.5 | 10.2 | 42.5 |
| AÑO 111 | | | |
| 1047 | 5.4 | 1.4 | 6.2 |
| 1048 | 15.5 | 4.3 | 29.0 |
| 1049 | 5.1 | 4.6 | 8.5 |
| 1050 | 13.7 | 9.2 | 41.5 |
| 1051 | 13.1 | 8.0 | 24.5 |
| 1052 | 12.6 | 8.5 | 38.2 |
| 1053 | 20.7 | 5.8 | 26.7 |
| 1054 | 7.4 | 4.7 | 21.3 |
| 1055 | 17.3 | 11.5 | 33.0 |
| 1056 | 7.4 | 5.5 | 18.3 |
| 1057 | 20.5 | 8.9 | 16.5 |
| 1058 | 19.2 | 4.6 | 16.4 |
| 1059 | 14.8 | 4.4 | 22.0 |
| 1060 | 16.0 | 9.6 | 28.3 |
| 1061 | 13.7 | 4.5 | 20.0 |
| | 20.7 | 11.5 | 41.5 |
| AÑO 112 | | | |
| 1062 | 21.0 | 9.9 | 41.4 |
| 1063 | 24.4 | 4.7 | 22.7 |
| 1064 | 14.3 | 5.2 | 17.0 |
| 1065 | 10.7 | 3.6 | 13.8 |
| | 24.4 | 9.9 | 41.4 |
| AÑO 113 | | | |
| 1066 | 6.4 | 2.9 | 17.3 |
| 1067 | 8.7 | 2.9 | 12.7 |
| 1068 | 22.9 | 5.9 | 19.8 |
| 1069 | 26.1 | 9.4 | 23.6 |
| 1070 | 28.6 | 11.4 | 46.5 |
| 1071 | 15.8 | 4.0 | 16.6 |
| 1072 | 34.3 | 6.6 | 31.9 |
| 1073 | 17.2 | 6.0 | 34.4 |
| | 34.3 | 11.4 | 46.5 |
| AÑO 114 | | | |
| 1074 | 1.2 | 0.4 | 2.1 |
| 1075 | 11.9 | 3.7 | 23.4 |
| 1076 | 10.8 | 2.6 | 14.3 |
| 1077 | 23.6 | 4.9 | 15.4 |
| 1078 | 39.7 | 6.1 | 12.8 |
| 1079 | 8.2 | 1.9 | 8.8 |
| | 39.7 | 6.1 | 23.4 |
| AÑO 115 | | | |
| 1080 | 18.5 | 0.0 | 18.0 |
| 1081 | 17.1 | 6.3 | 27.8 |
| 1082 | 12.1 | 4.7 | 16.3 |
| 1083 | 18.5 | 6.7 | 22.0 |
| 1084 | 47.4 | 21.2 | 43.2 |
| 1085 | 9.7 | 3.3 | 21.4 |
| 1086 | 32.4 | 5.0 | 10.4 |
| 1087 | 12.3 | 3.6 | 14.4 |
| | 47.4 | 21.2 | 43.2 |
| AÑO 116 | | | |
| 1088 | 11.2 | 0.0 | 11.3 |
| 1089 | 12.9 | 3.8 | 15.0 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 116 | | | |
| 1090 | 10.7 | 2.6 | 14.2 |
| 1091 | 4.0 | 1.5 | 5.5 |
| 1092 | 50.8 | 9.4 | 37.8 |
| 1093 | 14.2 | 5.9 | 15.4 |
| 1094 | 15.2 | 4.9 | 15.8 |
| 1095 | 5.5 | 1.9 | 15.8 |
| 1096 | 15.1 | 10.2 | 12.2 |
| 1097 | 19.9 | 4.1 | 45.8 |
| 1098 | 4.2 | 2.3 | 13.0 |
| 1099 | 7.5 | 2.2 | 22.3 |
| 1100 | 12.2 | 3.0 | 10.8 |
| 1101 | 4.0 | 0.7 | 9.8 |
| 1102 | 4.5 | 1.4 | 6.3 |
| 1103 | 13.5 | 4.9 | 5.0 |
| 1104 | 9.8 | 1.9 | 23.0 |
| 1105 | 5.1 | 1.9 | 5.3 |
| 1106 | 14.4 | 3.2 | 6.9 |
| | 50.8 | 10.2 | 45.8 |
| AÑO 117 | | | |
| 1107 | 14.3 | 0.0 | 15.4 |
| 1108 | 14.4 | 4.0 | 12.9 |
| 1109 | 14.2 | 3.5 | 25.3 |
| 1110 | 23.7 | 7.4 | 18.9 |
| 1111 | 6.1 | 2.1 | 13.6 |
| 1112 | 11.0 | 5.6 | 38.2 |
| 1113 | 14.2 | 3.8 | 20.2 |
| 1114 | 24.0 | 8.7 | 16.7 |
| | 24.0 | 8.7 | 38.2 |
| AÑO 118 | | | |
| 1115 | 11.2 | 2.5 | 11.3 |
| 1116 | 12.9 | 3.8 | 15.0 |
| 1117 | 9.7 | 3.0 | 16.7 |
| 1118 | 14.3 | 3.4 | 12.2 |
| 1119 | 19.0 | 11.6 | 23.4 |
| 1120 | 4.8 | 2.6 | 18.9 |
| 1121 | 44.4 | 17.7 | 72.1 |
| 1122 | 18.7 | 6.7 | 15.6 |
| 1123 | 7.4 | 3.4 | 15.0 |
| 1124 | 18.7 | 6.7 | 15.6 |
| | 44.4 | 17.7 | 72.1 |
| AÑO 119 | | | |
| 1125 | 17.7 | 4.5 | 11.3 |
| 1126 | 5.3 | 2.7 | 26.8 |
| 1127 | 19.9 | 5.0 | 12.8 |
| 1128 | 30.6 | 11.1 | 27.7 |
| 1129 | 6.6 | 2.0 | 9.5 |
| 1130 | 17.9 | 4.6 | 11.5 |
| 1131 | 8.5 | 6.3 | 21.0 |
| | 30.6 | 11.1 | 27.7 |
| AÑO 120 | | | |
| 1132 | 14.1 | 3.1 | 19.8 |
| 1133 | 5.5 | 1.4 | 4.9 |
| 1134 | 16.0 | 10.3 | 42.0 |
| 1135 | 23.4 | 7.3 | 18.6 |
| 1136 | 4.1 | 2.4 | 21.3 |
| 1137 | 17.3 | 4.4 | 18.2 |
| 1138 | 4.8 | 2.6 | 25.8 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1139 | 15.5 | 7.5 | 21.7 |
| 1140 | 13.8 | 3.8 | 12.4 |
| | 23.4 | 10.3 | 42.0 |
| AÑO 121 | | | |
| 1141 | 12.6 | 9.3 | 24.5 |
| 1142 | 1.4 | 0.7 | 5.7 |
| 1143 | 6.7 | 1.6 | 6.9 |
| 1144 | 11.5 | 3.2 | 12.3 |
| 1145 | 7.1 | 3.2 | 24.8 |
| 1146 | 19.6 | 7.1 | 17.7 |
| 1147 | 16.3 | 3.9 | 16.6 |
| 1148 | 0.2 | 0.0 | 1.2 |
| 1149 | 19.0 | 0.0 | 22.8 |
| 1150 | 4.5 | 0.0 | 4.9 |
| 1151 | 11.6 | 0.0 | 16.9 |
| | 19.6 | 9.3 | 24.8 |
| AÑO 122 | | | |
| 1152 | 7.6 | 1.5 | 7.1 |
| 1153 | 5.8 | 3.4 | 10.9 |
| 1154 | 10.1 | 2.5 | 8.1 |
| 1155 | 7.9 | 2.3 | 19.8 |
| 1156 | 8.2 | 7.0 | 21.6 |
| 1157 | 4.7 | 0.8 | 7.4 |
| 1158 | 4.4 | 4.0 | 7.4 |
| 1159 | 18.8 | 18.8 | 14.8 |
| 1160 | 6.4 | 6.4 | 11.7 |
| 1161 | 10.6 | 10.6 | 13.3 |
| 1162 | 11.5 | 11.5 | 30.1 |
| 1163 | 16.6 | 16.6 | 16.2 |
| | 18.8 | 18.8 | 30.1 |
| AÑO 123 | | | |
| 1164 | 22.8 | 4.7 | 14.9 |
| 1165 | 25.2 | 9.1 | 17.6 |
| 1166 | 6.5 | 2.9 | 17.7 |
| 1167 | 1.8 | 0.9 | 5.9 |
| 1168 | 13.5 | 8.6 | 35.3 |
| 1169 | 10.8 | 5.4 | 19.2 |
| 1170 | 11.7 | 2.9 | 20.7 |
| 1171 | 6.0 | 2.6 | 6.8 |
| 1172 | 41.1 | 16.4 | 66.8 |
| 1173 | 22.1 | 9.6 | 17.8 |
| 1174 | 18.6 | 4.7 | 11.9 |
| | 41.1 | 16.4 | 66.8 |
| AÑO 124 | | | |
| 1175 | 9.2 | 3.1 | 11.9 |
| 1176 | 20.6 | 9.0 | 28.2 |
| 1177 | 10.2 | 3.2 | 17.6 |
| 1178 | 18.2 | 5.1 | 34.2 |
| 1179 | 14.0 | 8.9 | 36.6 |
| 1180 | 13.5 | 12.2 | 40.6 |
| 1181 | 14.4 | 4.9 | 15.1 |
| | 20.6 | 12.2 | 40.6 |
| AÑO 125 | | | |
| 1182 | 19.5 | 7.1 | 31.7 |
| 1183 | 16.6 | 7.3 | 19.4 |
| 1184 | 15.8 | 6.1 | 24.3 |
| 1185 | 15.2 | 13.7 | 45.6 |
| 1186 | 6.8 | 5.1 | 18.9 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1187 | 18.7 | 5.7 | 36.7 |
| 1188 | 15.4 | 6.1 | 25.1 |
| 1189 | 1.7 | 0.8 | 6.7 |
| | 19.5 | 13.7 | 45.6 |
| AÑO 126 | | | |
| 1190 | 14.7 | 8.3 | 18.9 |
| 1191 | 29.1 | 13.0 | 26.5 |
| 1192 | 16.6 | 6.1 | 27.0 |
| 1193 | 5.2 | 1.8 | 11.4 |
| 1194 | 11.7 | 5.8 | 20.8 |
| 1195 | 10.3 | 8.8 | 27.4 |
| 1196 | 14.9 | 4.4 | 22.1 |
| 1197 | 16.1 | 4.3 | 22.8 |
| 1198 | 7.6 | 3.3 | 8.6 |
| 1199 | 14.9 | 3.5 | 15.2 |
| | 29.1 | 13.0 | 27.4 |
| AÑO 127 | | | |
| 1208 | 10.9 | 5.0 | 38.2 |
| 1209 | 9.3 | 4.2 | 32.7 |
| 1210 | 2.6 | 1.7 | 5.2 |
| 1211 | 20.2 | 6.9 | 21.4 |
| 1212 | 5.3 | 1.4 | 4.6 |
| 1213 | 3.1 | 2.0 | 6.3 |
| 1214 | 20.8 | 4.3 | 13.6 |
| | 20.8 | 6.9 | 38.2 |
| AÑO 128 | | | |
| 1215 | 9.8 | 3.2 | 14.3 |
| 1216 | 14.3 | 8.0 | 20.7 |
| 1217 | 20.4 | 9.8 | 29.8 |
| 1218 | 20.8 | 7.4 | 47.6 |
| 1219 | 14.1 | 4.2 | 9.8 |
| 1220 | 4.4 | 2.2 | 22.1 |
| 1221 | 0.2 | 0.2 | 1.5 |
| 1222 | 27.9 | 5.2 | 20.8 |
| 1223 | 13.4 | 3.9 | 14.0 |
| 1224 | 24.0 | 8.7 | 21.8 |
| 1225 | 20.4 | 9.5 | 24.7 |
| 1226 | 6.1 | 2.5 | 6.7 |
| 1227 | 5.5 | 2.1 | 4.3 |
| 1228 | 6.9 | 2.0 | 17.5 |
| 1229 | 17.4 | 5.1 | 12.5 |
| | 27.9 | 9.8 | 47.6 |
| AÑO 129 | | | |
| 1230 | 16.8 | 7.8 | 19.1 |
| 1231 | 0.2 | 0.2 | 2.0 |
| 1232 | 14.1 | 3.5 | 25.0 |
| 1233 | 11.9 | 3.3 | 12.7 |
| 1234 | 15.1 | 9.6 | 39.5 |
| 1235 | 10.4 | 4.7 | 36.4 |
| | 16.8 | 9.6 | 39.5 |
| AÑO 130 | | | |
| 1236 | 15.5 | 4.5 | 11.2 |
| 1237 | 1.7 | 0.8 | 6.7 |
| 1238 | 6.7 | 2.2 | 12.3 |
| 1239 | 4.4 | 0.8 | 7.0 |
| 1240 | 6.4 | 1.9 | 7.2 |
| 1241 | 6.1 | 4.6 | 15.1 |
| 1242 | 14.1 | 4.2 | 20.9 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1243 | 9.5 | 4.2 | 25.7 |
| 1244 | 11.8 | 5.8 | 20.9 |
| | 15.5 | 5.8 | 25.7 |
| AÑO 131 | | | |
| 1245 | 7.6 | 3.4 | 20.5 |
| 1246 | 10.9 | 9.3 | 28.9 |
| 1247 | 20.8 | 9.7 | 20.2 |
| 1248 | 33.7 | 5.2 | 10.8 |
| 1249 | 18.0 | 6.9 | 27.7 |
| 1250 | 37.4 | 5.8 | 12.0 |
| 1251 | 41.1 | 6.3 | 13.2 |
| 1252 | 7.2 | 7.2 | 7.4 |
| 1253 | 27.0 | 27.0 | 24.6 |
| 1254 | 22.1 | 22.1 | 36.0 |
| 1255 | 16.9 | 16.9 | 26.0 |
| | 41.1 | 27.0 | 36.0 |
| AÑO 132 | | | |
| 1256 | 19 | 4.9 | 18.8 |
| 1257 | 6.3 | 3 | 9.7 |
| 1258 | 14.5 | 3.8 | 10.5 |
| 1259 | 19.8 | 7.9 | 17.7 |
| 1260 | 14.5 | 4.9 | 10.1 |
| 1261 | 7.4 | 2.7 | 9.3 |
| 1262 | 10.5 | 3.2 | 10.5 |
| 1263 | 10.9 | 5.5 | 25.4 |
| 1264 | 13.4 | 4.5 | 13.7 |
| | 22.3 | 8.7 | 31.7 |
| AÑO 133 | | | |
| 1265 | 11.0 | 7.0 | 31.7 |
| 1266 | 22.3 | 7.6 | 23.7 |
| 1267 | 19.9 | 8.7 | 27.2 |
| 1268 | 14.5 | 4.3 | 21.5 |
| 1269 | 20.3 | 5.2 | 13.1 |
| 1270 | 13.4 | 6.5 | 18.8 |
| 1271 | 5.9 | 1.8 | 8.5 |
| 1272 | 6.3 | 1.3 | 5.9 |
| 1273 | 4.8 | 3.3 | 9.9 |
| | 22.3 | 8.7 | 31.7 |
| AÑO 134 | | | |
| 1273 | 29.7 | 14.0 | 58.6 |
| 1274 | 12.2 | 8.9 | 23.7 |
| 1275 | 19.1 | 4.8 | 12.3 |
| 1276 | 23.9 | 7.5 | 19.1 |
| 1277 | 13.1 | 4.4 | 11.6 |
| 1278 | 11.7 | 6.0 | 12.6 |
| 1279 | 7.4 | 6.0 | 23.5 |
| 1280 | 7.4 | 3.0 | 23.5 |
| | 29.7 | 14.0 | 58.6 |

| | | | |
|----------------|-------------|------------|-------------|
| AÑO 135 | | | |
| 1281 | 6.4 | 2.5 | 13.9 |
| 1282 | 5.1 | 2.6 | 25.5 |
| 1283 | 12.6 | 3.7 | 13.2 |
| 1284 | 12.3 | 4.4 | 20.8 |
| 1285 | 8.0 | 8.0 | 20.3 |
| 1286 | 3.6 | 3.6 | 8.4 |
| 1287 | 27.1 | 9.8 | 24.6 |
| | 27.1 | 9.8 | 25.5 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 136 | | | |
| 1288 | 19.5 | 7.0 | 16.3 |
| 1289 | 14.4 | 9.6 | 27.5 |
| 1290 | 14.1 | 3.8 | 20.0 |
| 1291 | 9.8 | 3.2 | 14.4 |
| 1292 | 3.6 | 2.1 | 18.6 |
| 1293 | 12.9 | 6.0 | 12.5 |
| 1294 | 13.9 | 3.3 | 11.8 |
| 1295 | 13.2 | 3.2 | 17.4 |
| 1296 | 13.2 | 4.2 | 13.8 |
| 1297 | 30.8 | 13.8 | 28.1 |
| | 30.8 | 13.8 | 28.1 |
| AÑO 137 | | | |
| 1298 | 24.0 | 8.7 | 21.7 |
| 1299 | 10.4 | 4.5 | 43.2 |
| 1300 | 5.5 | 1.9 | 12.2 |
| 1301 | 12.9 | 6.1 | 26.3 |
| 1302 | 8.7 | 2.2 | 7.0 |
| 1303 | 7.6 | 5.7 | 21.2 |
| 1304 | 20.4 | 6.5 | 19.1 |
| 1305 | 10.0 | 10.0 | 10.7 |
| 1306 | 9.2 | 9.2 | 9.9 |
| 1307 | 3.1 | 3.1 | 16.5 |
| 1308 | 17.6 | 17.6 | 21.8 |
| | 24.0 | 17.6 | 43.2 |
| AÑO 138 | | | |
| 1309 | 8.5 | 4.2 | 9.0 |
| 1310 | 16.1 | 6.9 | 19.4 |
| 1311 | 7.0 | 1.7 | 7.2 |
| 1312 | 18.8 | 7.2 | 28.9 |
| 1313 | 15.3 | 3.3 | 9.4 |
| 1314 | 20.2 | 9.5 | 39.9 |
| 1315 | 15.4 | 4.1 | 21.9 |
| 1316 | 17.1 | 5.5 | 17.8 |
| 1317 | 19.8 | 5.6 | 25.5 |
| 1318 | 8.8 | 7.5 | 23.3 |
| 1319 | 14.4 | 7.5 | 37.5 |
| | 20.2 | 9.5 | 39.9 |
| AÑO 139 | | | |
| 1320 | 16.1 | 5.0 | 19.4 |
| 1321 | 13.2 | 3.7 | 11.8 |
| 1322 | 17.6 | 3.9 | 24.6 |
| 1323 | 11.6 | 4.6 | 19.3 |
| 1324 | 9.5 | 3.1 | 13.9 |
| 1325 | 17.1 | 10.3 | 30.2 |
| 1326 | 20.7 | 5.8 | 26.6 |
| 1327 | 14.1 | 14.1 | 12.5 |
| 1328 | 13.2 | 13.2 | 16.5 |
| 1329 | 4.3 | 4.3 | 10.9 |
| 1330 | 5.6 | 5.6 | 12.3 |
| 1331 | 6.9 | 2.2 | 12.6 |
| | 20.7 | 14.1 | 30.2 |
| AÑO 140 | | | |
| 1332 | 11.0 | 2.7 | 14.5 |
| 1333 | 4.5 | 1.7 | 3.5 |
| 1334 | 11.5 | 3.5 | 22.7 |
| 1335 | 18.3 | 5.2 | 23.6 |
| 1336 | 14.0 | 7.2 | 15.1 |

| Tormenta | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|----------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| AÑO 140 | | | |
| 1337 | 14.6 | 5.2 | 33.5 |
| | 18.3 | 7.2 | 33.5 |
| AÑO 141 | | | |
| 1337 | 20.8 | 10.0 | 30.4 |
| 1338 | 19.7 | 9.3 | 38.9 |
| 1339 | 14.1 | 3.1 | 19.7 |
| 1340 | 15.3 | 4.5 | 11.0 |
| 1341 | 11.5 | 5.3 | 23.3 |
| 1342 | 11.5 | 5.3 | 23.3 |
| | 20.8 | 10.0 | 38.9 |
| AÑO 142 | | | |
| 1343 | 11.1 | 4.3 | 15.0 |
| 1344 | 12.7 | 3.5 | 11.4 |
| 1345 | 12.3 | 8.5 | 15.4 |
| 1346 | 9.5 | 4.7 | 10.0 |
| 1347 | 6.0 | 1.7 | 14.1 |
| 1348 | 9.4 | 3.1 | 9.4 |
| 1349 | 19.1 | 4.4 | 11.9 |
| 1350 | 11.5 | 11.5 | 40.2 |
| | 19.1 | 11.5 | 40.2 |

3.3 Ajuste de funciones de distribución

Como se puede apreciar para cada uno de los 142 años se indica el valor máximo ya sea anual promedio diario, máximo anual promedio en una hora y máximo horario por una estación; con este registro de datos procesados fue posible utilizar el programa AX para realizar una función de ajustes de probabilidad a la muestra de datos obteniendo el error estándar de ajuste de cada una de ellas. Para facilitar la manipulación de datos se agruparon como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de precipitaciones máxima anual promedio diario, máxima anual promedio en una hora y máxima horaria en una estación en mm.

| AÑO | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|-----|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | 25.6 | 14.6 | 36.5 |
| 2 | 22.1 | 7.7 | 32.8 |
| 3 | 20.7 | 6.6 | 56.1 |
| 4 | 23.8 | 7.4 | 26.5 |
| 5 | 16.7 | 7.9 | 39.6 |
| 6 | 26.3 | 12.4 | 51.9 |
| 7 | 24.6 | 11.6 | 33.2 |
| 8 | 26.1 | 12.9 | 46.0 |
| 9 | 40.3 | 10.3 | 66.3 |
| 10 | 13.2 | 6.9 | 34.4 |
| 11 | 31.5 | 14.9 | 62.2 |
| 12 | 21.7 | 9.9 | 25.6 |
| 13 | 19.3 | 8.5 | 26.4 |
| 14 | 23.8 | 12.8 | 36.3 |
| 15 | 20.9 | 9.7 | 25.7 |
| 16 | 24.3 | 7.6 | 27.8 |
| 17 | 21.4 | 8.8 | 49.2 |
| 18 | 22.9 | 5.3 | 20.5 |
| 19 | 34.8 | 6.4 | 26.4 |
| 20 | 20.8 | 9.1 | 51.2 |
| 21 | 22.2 | 9.8 | 25.9 |
| 22 | 16.8 | 5.3 | 35.9 |
| 23 | 18.8 | 6.7 | 57.9 |
| 24 | 21.2 | 11.2 | 40.4 |
| 25 | 17.4 | 7.1 | 46.1 |
| 26 | 39.2 | 17.5 | 35.7 |
| 27 | 21.4 | 5.0 | 21.6 |
| 28 | 20.8 | 7.7 | 23.9 |
| 29 | 27.9 | 10.2 | 45.4 |
| 30 | 22.8 | 12.3 | 29.0 |
| 31 | 20.0 | 7.2 | 25.5 |
| 32 | 49.5 | 11.2 | 40.4 |
| 33 | 25.8 | 12.2 | 51.0 |
| 34 | 22.5 | 6.3 | 23.9 |
| 35 | 33.9 | 15.1 | 38.5 |
| 36 | 20.2 | 11.5 | 26.4 |
| 37 | 34.8 | 6.0 | 45.2 |
| 38 | 20.6 | 9.6 | 27.7 |
| 39 | 36.5 | 16.2 | 53.8 |
| 40 | 19.2 | 8.4 | 26.3 |
| 41 | 20.6 | 9.3 | 24.3 |
| 42 | 27.8 | 6.0 | 21.5 |
| 43 | 22.2 | 9.7 | 43.8 |
| 44 | 20.5 | 14.5 | 48.4 |
| 45 | 18.7 | 9.2 | 18.7 |
| 46 | 33.7 | 16.2 | 49.2 |
| 47 | 20.1 | 8.2 | 25.4 |
| 48 | 24.1 | 8.7 | 19.5 |

| AÑO | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 49 | 31.2 | 12.4 | 50.6 |
| 50 | 23.7 | 10.8 | 38.2 |
| 51 | 24.1 | 7.2 | 27.8 |
| 52 | 23.2 | 9.3 | 37.8 |
| 53 | 24.5 | 8.9 | 27.0 |
| 54 | 29.2 | 12.8 | 40.0 |
| 55 | 21.9 | 9.6 | 33.4 |
| 56 | 24.2 | 9.7 | 38.2 |
| 57 | 25.0 | 5.7 | 22.8 |
| 58 | 24.5 | 12.4 | 38.3 |
| 59 | 19.8 | 9.4 | 39.2 |
| 60 | 28.6 | 12.8 | 26.0 |
| 61 | 29.5 | 10.8 | 48.0 |
| 62 | 16.4 | 9.4 | 29.1 |
| 63 | 20.0 | 9.2 | 22.4 |
| 64 | 23.2 | 12.5 | 32.6 |
| 65 | 26.0 | 11.3 | 22.8 |
| 66 | 27.5 | 7.6 | 35.9 |
| 67 | 19.3 | 5.1 | 24.7 |
| 68 | 35.9 | 12.9 | 28.6 |
| 69 | 29.6 | 8.5 | 45.3 |
| 70 | 24.7 | 11.8 | 36.0 |
| 71 | 22.8 | 9.1 | 38.0 |
| 72 | 26.6 | 11.7 | 31.1 |
| 73 | 26.6 | 10.5 | 47.1 |
| 74 | 22.8 | 9.2 | 30.2 |
| 75 | 23.4 | 9.4 | 48.2 |
| 76 | 26.0 | 13.5 | 42.4 |
| 77 | 26.3 | 6.9 | 31.7 |
| 78 | 21.9 | 8.8 | 34.8 |
| 79 | 21.8 | 6.7 | 25.0 |
| 80 | 22.3 | 8.3 | 25.8 |
| 81 | 19.5 | 5.4 | 50.6 |
| 82 | 32.2 | 14.4 | 34.6 |
| 83 | 16.8 | 6.1 | 28.6 |
| 84 | 18.2 | 13.3 | 43.8 |
| 85 | 21.8 | 11.7 | 45.6 |
| 86 | 20.3 | 10.6 | 31.7 |
| 87 | 19.0 | 7.3 | 25.8 |
| 88 | 20.8 | 13.5 | 35.7 |
| 89 | 17.2 | 9.9 | 40.5 |
| 90 | 24.9 | 7.8 | 24.6 |
| 91 | 23.8 | 7.8 | 25.8 |
| 92 | 35.0 | 6.8 | 27.2 |
| 93 | 22.3 | 9.8 | 46.4 |
| 94 | 21.7 | 8.9 | 37.5 |
| 95 | 20.5 | 12.4 | 33.3 |

| AÑO | máximo anual promedio diario | máximo anual promedio en 1 hora | máximo horario en 1 estación |
|------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 96 | 18.7 | 9.2 | 28.6 |
| 97 | 29.9 | 8.9 | 27.9 |
| 98 | 32.8 | 12.0 | 53.5 |
| 99 | 22.8 | 10.0 | 31.2 |
| 100 | 34.9 | 13.9 | 56.7 |
| 101 | 22.9 | 11.9 | 31.3 |
| 102 | 26.9 | 10.0 | 45.1 |
| 103 | 14.8 | 10.0 | 44.9 |
| 104 | 20.9 | 9.6 | 24.8 |
| 105 | 18.8 | 6.4 | 26.6 |
| 106 | 14.9 | 9.5 | 21.6 |
| 107 | 25.3 | 9.7 | 41.5 |
| 108 | 26.0 | 11.4 | 44.0 |
| 109 | 36.1 | 14.1 | 44.1 |
| 110 | 21.5 | 10.2 | 42.5 |
| 111 | 20.7 | 11.5 | 41.5 |
| 112 | 24.4 | 9.9 | 41.4 |
| 113 | 34.3 | 11.4 | 46.5 |
| 114 | 39.7 | 6.1 | 23.4 |
| 115 | 47.4 | 21.2 | 43.2 |
| 116 | 50.8 | 10.2 | 45.8 |
| 117 | 24.0 | 8.7 | 38.2 |
| 118 | 44.4 | 17.7 | 72.1 |
| 119 | 30.6 | 11.1 | 27.7 |
| 120 | 23.4 | 10.3 | 42.0 |
| 121 | 19.6 | 9.3 | 24.8 |
| 122 | 18.8 | 18.8 | 30.1 |
| 123 | 41.1 | 16.4 | 66.8 |
| 124 | 20.6 | 12.2 | 40.6 |
| 125 | 19.5 | 13.7 | 45.6 |
| 126 | 29.1 | 13.0 | 27.4 |
| 127 | 20.8 | 6.9 | 38.2 |
| 128 | 27.9 | 9.8 | 47.6 |
| 129 | 16.8 | 9.6 | 39.5 |
| 130 | 15.5 | 5.8 | 25.7 |
| 131 | 41.1 | 27.0 | 36.0 |
| 132 | 22.3 | 8.7 | 31.7 |
| 133 | 22.3 | 8.7 | 31.7 |
| 134 | 29.7 | 14.0 | 58.6 |
| 135 | 27.1 | 9.8 | 25.5 |
| 136 | 30.8 | 13.8 | 28.1 |
| 137 | 24.0 | 17.6 | 43.2 |
| 138 | 20.2 | 9.5 | 39.9 |
| 139 | 20.7 | 14.1 | 30.2 |
| 140 | 18.3 | 7.2 | 33.5 |
| 141 | 20.8 | 10.0 | 38.9 |
| 142 | 19.1 | 11.5 | 40.2 |

Como se mencionó en el capítulo 2.4, el programa AX contempla las funciones Normal, Log-Normal, Doble Gumbel, Exponencial, Gamma y Gumbel. Y dichos ajustes pueden ser usados individualmente o seleccionando la opción de cálculo global, la cual calcula errores cuadráticos de todas las funciones. Cuando los datos ya están ajustados a alguna función, se pueden extrapolar valores para obtener el periodo de retorno deseado.

Distribución Gumbel

En los estudios realizados para eventos hidrológicos extremos se incluye la selección de una secuencia de observación ya sean máximas o mínimas de un conjunto de datos, por ejemplo en el estudio de los gastos picos en una estación hidrométrica se utilizan solamente los valores máximos registrado cada año, entre todos los valores registrados. Es por ello que se utiliza la función de valores extremos I o también llamada Gumbel en hidrología, ya que 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 función de distribución de probabilidad se representa por la siguiente ecuación:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

La función de densidad de probabilidad es la siguiente:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

- α parámetro de forma
- β parámetro de escala
- X variable aleatoria

Los parámetros α y β se estiman por el método de momentos

$$\alpha = \frac{1.2825}{s} \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45s \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

S : Es la desviación estándar que se calcula con la siguiente ecuación

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

\bar{X} : Representa la media de la muestra, la cual se calculará con la siguiente expresión.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n} \quad \text{Ecuación (6)}$$

La gráfica representativa de la función de distribución Gumbel se muestra en la figura 5.

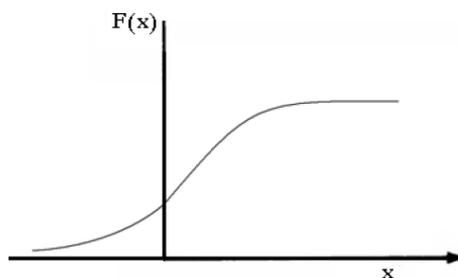


Figura 5. Gráfica de la Distribución Gumbel.

La distribución de probabilidad Gumbel se utiliza para el estudio de los gastos máximos anuales en un río o de precipitaciones máximas anuales en un sitio, y por lo tanto para la determinación de avenidas de diseño.

Se puede definir a una variable reducida y como:

$$y = -\alpha(x - \beta) \quad \text{Ecuación (7)}$$

Si sustituimos la variable reducida en la función de distribución de probabilidad se tiene que:

$$F(x) = e^{-e^y} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Despejando “ y ” de la ecuación anterior, aplicando logaritmo natural en dos ocasiones se obtiene.

$$y = -\text{Ln} \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{F(x)} \right) \right] \quad \text{Ecuación (9)}$$

Los valores x y y pueden graficarse en una recta, tal como se muestra en la figura 7

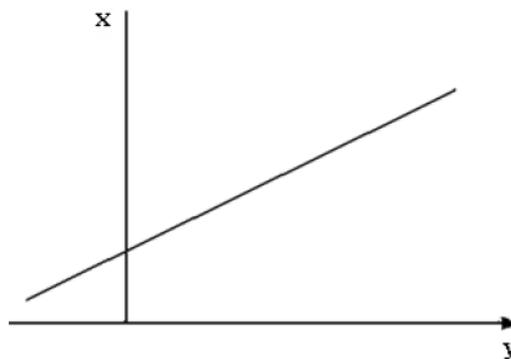


Figura 6. Distribución Gumbel, variable x contra variable reducida y .

Función Doble Gumbel

Esta función permite analizar muestras de datos formadas por dos poblaciones distintas, es útil cuando se tienen datos de gastos máximos, por ejemplo, en los que se registran gastos provocados por ciclones, los cuales sobresalen de lo demás ya que forman parte de otra población.

Es por ello que fue necesario desarrollar la función de distribución Doble Gumbel, dada por la siguiente expresión:

$$F(x) = p \left(e^{-e^{-\alpha_1(x-\beta_1)}} \right) + (1 - p) \left(e^{-e^{-\alpha_2(x-\beta_2)}} \right) \quad \text{Ecuación (10)}$$

donde α_1 y β_1 son los parámetros correspondientes a la población no ciclónica y α_2 y β_2 corresponden a la ciclónica, p es la probabilidad de que en un año cualquiera el gasto máximo no sea producido por una tormenta ciclónica.

Los valores α_1 y β_1 se obtienen ajustando por momentos una función Gumbel a los datos de la primera población y los valores de α_2 y β_2 ajustando otra función de Gumbel a los datos de la segunda población.

Los parámetros α_1 y α_2 definen una cierta inclinación de las curvas, entre más pequeñas más fuerte es la inclinación. Y β_1 , β_2 son parámetros de escala, el valor más grande que pueden tomar es el máximo valor de la muestra obtenido para las poblaciones 1 y la 2.

Para estimar los parámetros se recomienda minimizar el error cuadrático

$$z = \left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{1/2} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde X_i y \bar{X}_1 son los valores medidos y los valores estimados con la función de distribución de probabilidad, y n es el número de valores que contiene la muestra.

Para obtener la combinación de valores p , α_1 , β_1 , α_2 y β_2 que hacen mínima la función Z , se recomienda hacer primero una gráfica en la que se dibujen los puntos correspondientes a las parejas de valores $[Q_i, F(Q_i)]$. Para dibujar los puntos en la gráfica se utiliza el papel de Gumbel.

El papel de Gumbel tiene en el eje de las abscisas los valores de $y = -\text{LnLn} \left[\frac{F(x)}{F(x)-1} \right]$ y en las ordenadas los de x . Con esto se logra separar a las dos poblaciones que se agrupan en sendas rectas.

La figura 7 muestra un salto brusco en el gráfico, por los valores de los gastos no ciclónicos y los ciclónicos.

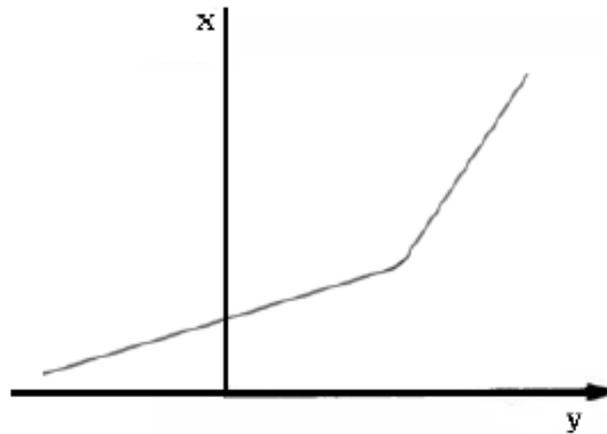


Figura 7. Función Doble Gumbel

No es posible determinar una ecuación para el cálculo de gastos máximos debido a que la función de distribución de probabilidad de Gumbel de dos poblaciones es implícita, eso implica que la solución de dicha ecuación debe realizarse a través de algún método para determinar raíces en una función.

Para poder utilizar esta función es necesario estimar p , lo cual se puede realizar de diferentes maneras, puede ser al consultar los boletines meteorológicos, preguntar a los habitantes de la zona o examinando los gastos máximos anuales.

El valor de p será entonces:

$$p = \frac{N_n}{N_T} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Siendo N_n el número de años de registro en que el gasto máximo no se produjo por una tormenta ciclónica y N_T el número total de años de registro. De acuerdo con la experiencia en México, en el uso de esta distribución de probabilidad para los valores máximos anuales se ha utilizado una p de 0.84.

Para cada una de las columnas de la tabla anterior, se realizaron los ajustes Gumbel, Doble Gumbel Manual y Doble Gumbel Automática. A continuación se muestra la interfaz de los resultados generados para el ajuste de Doble Gumbel Manual para el caso de máximo anual promedio diario con el programa AX.

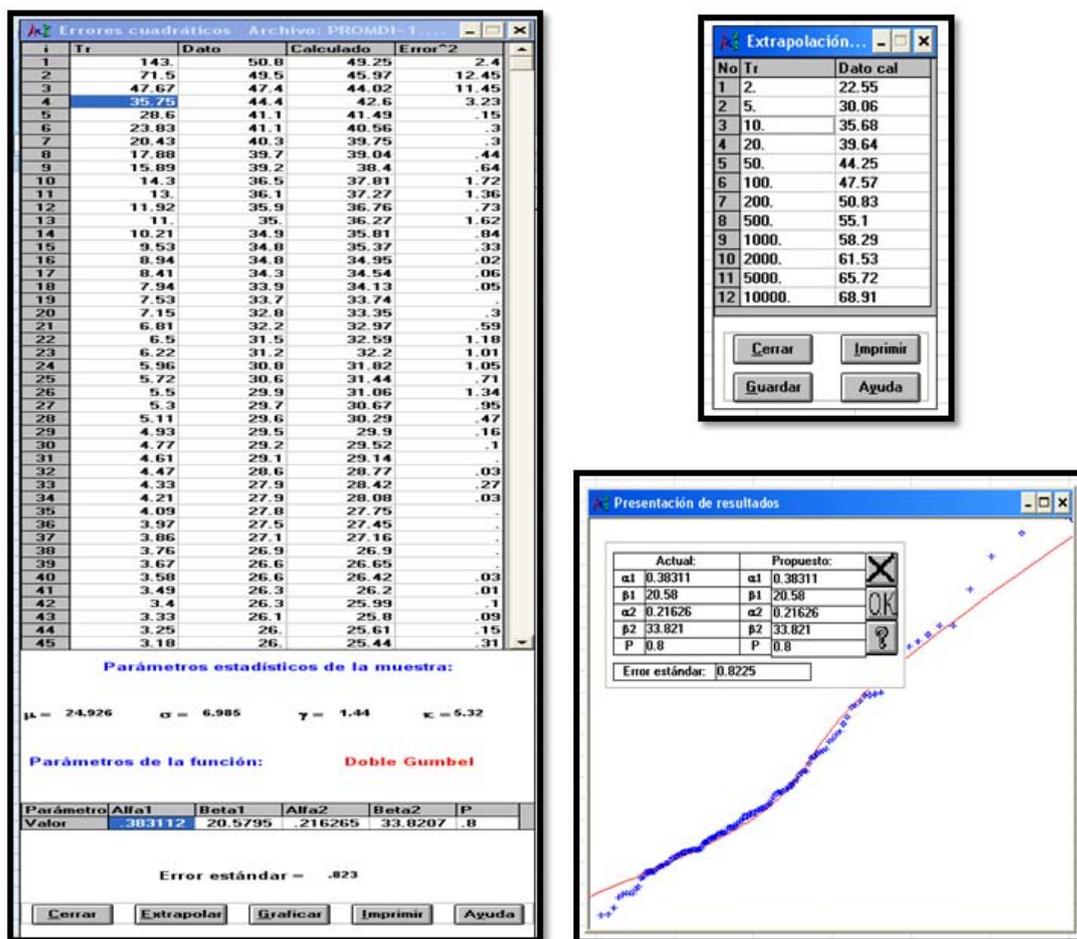


Figura 8. Interfaz gráfica del ajuste en el programa AX

Con los resultados obtenidos por el AX se prosiguió a extraer los datos extrapolados para periodos de retorno TR= 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200,500, 1000,2000, 5000 y 10000 años; para cada uno de los casos se graficaron los resultados.

AJUSTE FUNCIÓN DOBLE GUMBEL MANUAL
(Máximo anual promedio diario)

Tabla 7. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 22.55 |
| 5 | 30.06 |
| 10 | 35.68 |
| 20 | 39.64 |
| 50 | 44.25 |
| 100 | 47.57 |
| 200 | 50.83 |
| 500 | 55.1 |
| 1000 | 58.29 |
| 2000 | 61.53 |
| 5000 | 65.72 |
| 10000 | 68.91 |

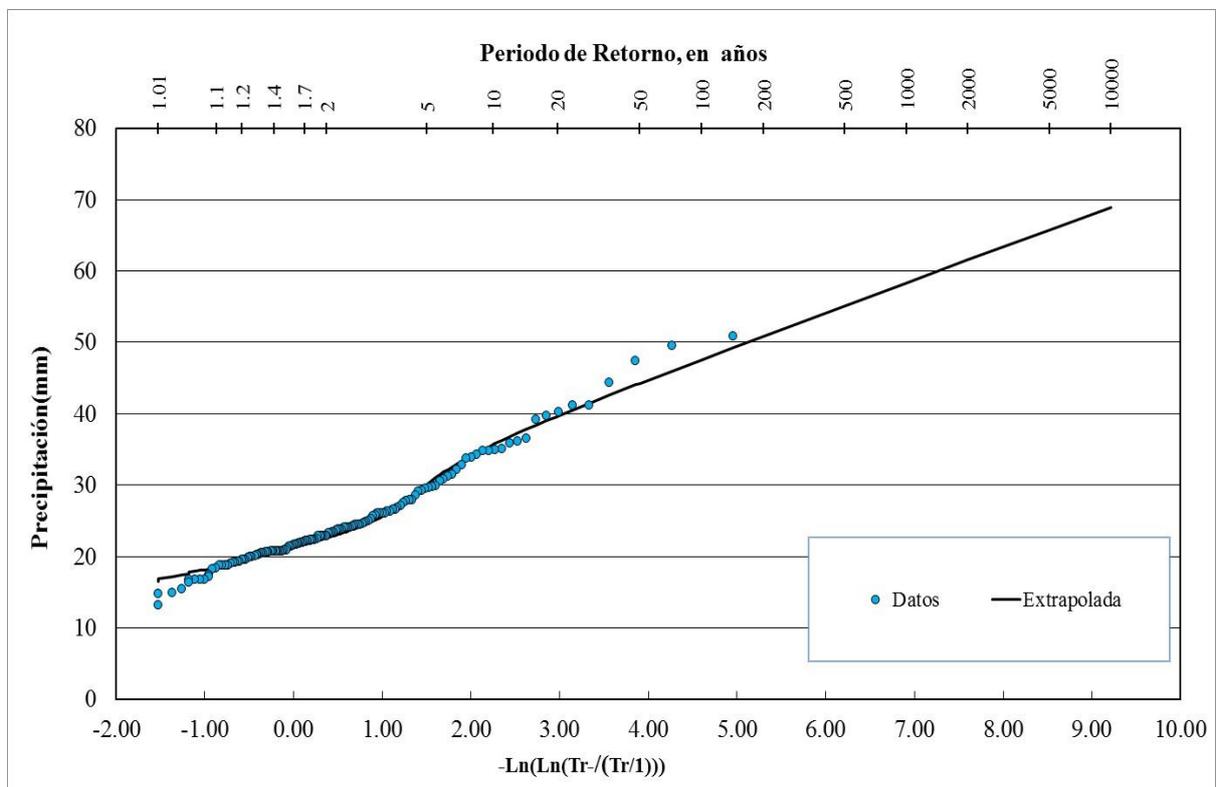


Figura 9. Precipitaciones sintéticas (máximo anual promedio diario).

AJUSTE FUNCIÓN DOBLE GUMBEL AUTOMÁTICA
(Máximo anual promedio diario)

Tabla 8. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 23.16 |
| 5 | 29.2 |
| 10 | 35.58 |
| 20 | 40.64 |
| 50 | 45.9 |
| 100 | 49.53 |
| 200 | 53.06 |
| 500 | 57.64 |
| 1000 | 61.09 |
| 2000 | 64.55 |
| 5000 | 69.17 |
| 10000 | 72.39 |

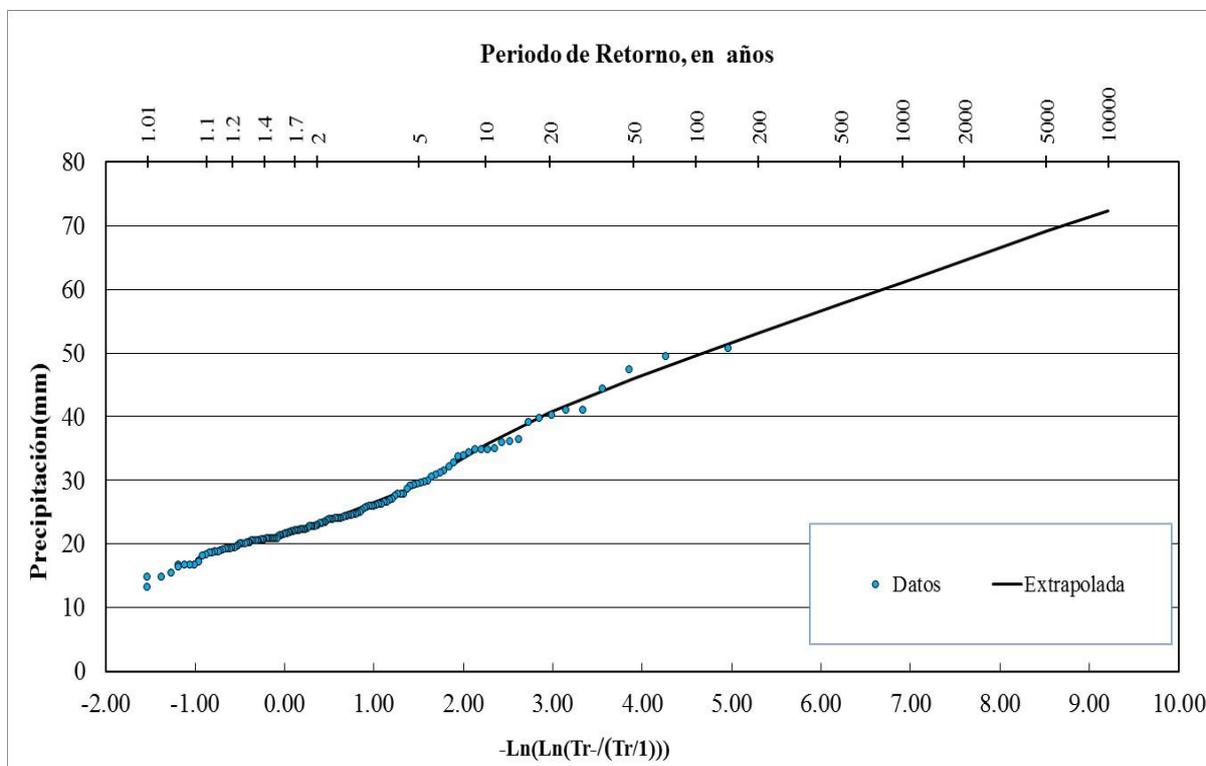


Figura 10. Precipitaciones sintéticas (máximo promedio diario anual).

AJUSTE FUNCIÓN GUMBEL MOMENTOS
(Máximo anual promedio diario)

Tabla 9. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 23.78 |
| 5 | 29.95 |
| 10 | 34.04 |
| 20 | 37.96 |
| 50 | 43.03 |
| 100 | 46.84 |
| 200 | 50.63 |
| 500 | 55.62 |
| 1000 | 59.4 |
| 2000 | 63.18 |
| 5000 | 68.17 |
| 10000 | 71.94 |

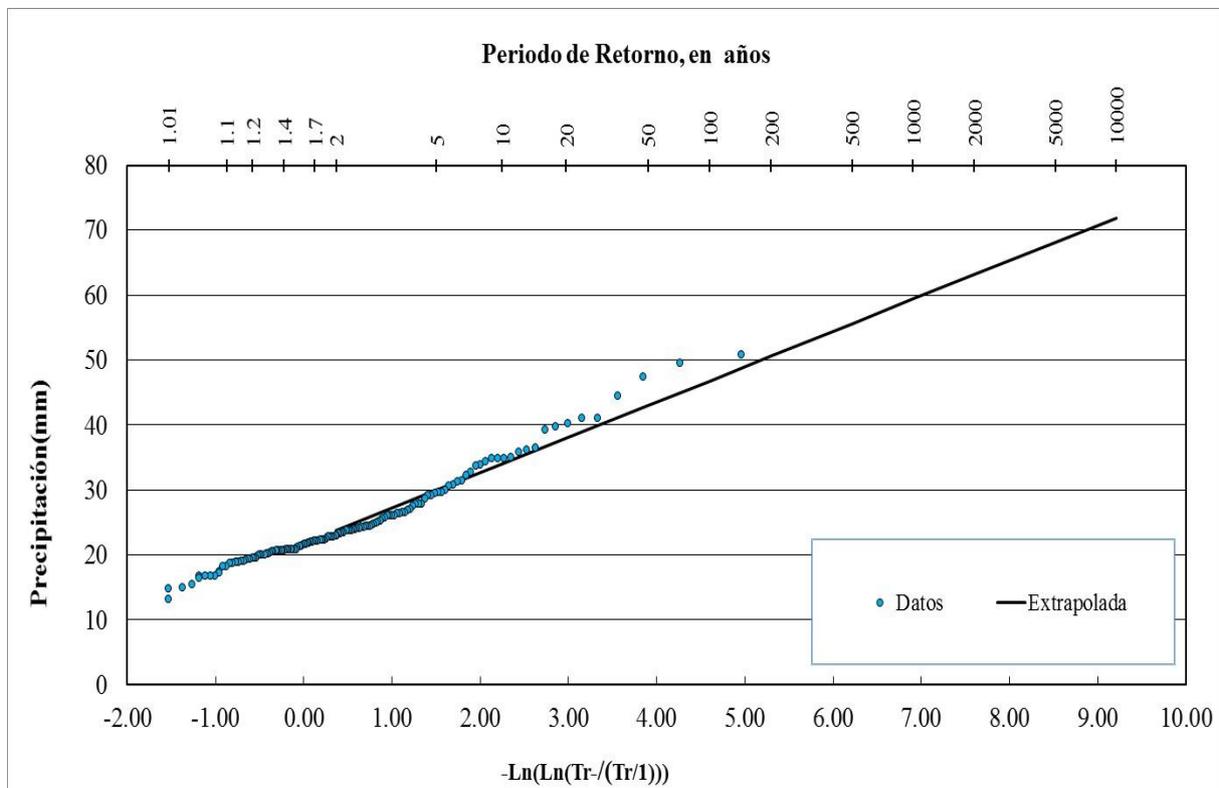


Figura 11. Precipitaciones sintéticas (máximo promedio diario anual).

AJUSTE FUNCIÓN DOBLE GUMBEL MANUAL
(Máximo anual promedio en 1 hora)

Tabla 10. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 9.35 |
| 5 | 12.95 |
| 10 | 15.26 |
| 20 | 17.18 |
| 50 | 19.5 |
| 100 | 21.2 |
| 200 | 22.87 |
| 500 | 25.07 |
| 1000 | 26.72 |
| 2000 | 28.37 |
| 5000 | 30.58 |
| 10000 | 32.33 |

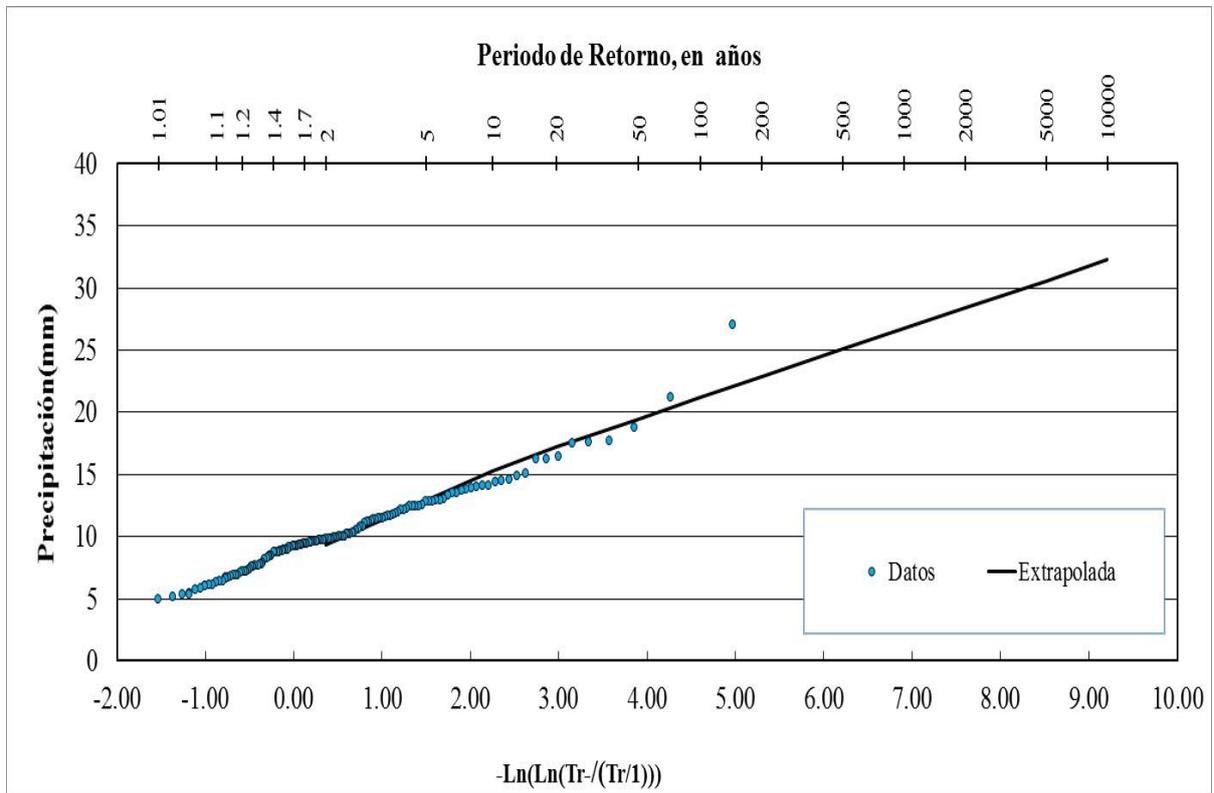


Figura 12. Precipitaciones sintéticas (máximo anual promedio en una hora).

AJUSTE FUNCIÓN DOBLE GUMBEL AUTOMÁTICA
(Máximo promedio en 1 hora)

Tabla 11. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 9.57 |
| 5 | 12.76 |
| 10 | 15.11 |
| 20 | 17.35 |
| 50 | 20.15 |
| 100 | 22.22 |
| 200 | 24.27 |
| 500 | 26.99 |
| 1000 | 29.04 |
| 2000 | 31.09 |
| 5000 | 33.9 |
| 10000 | 35.98 |

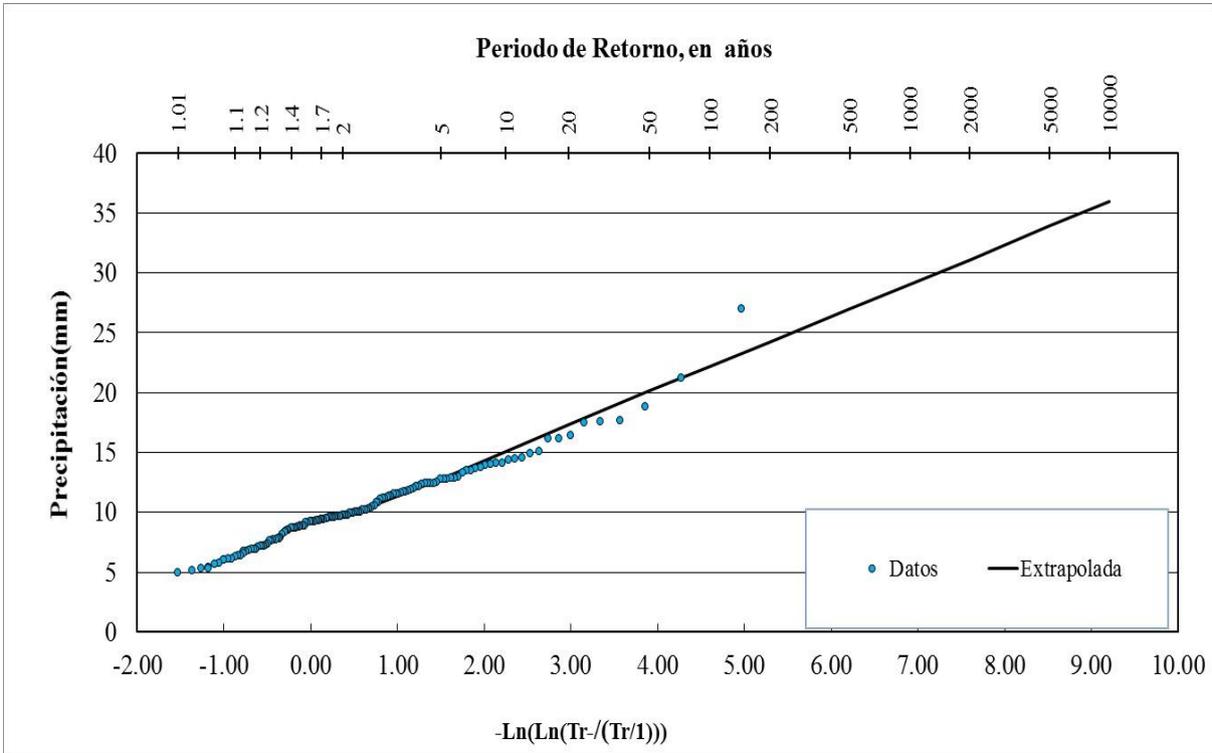


Figura 13. Precipitaciones sintéticas (máximo anual promedio en una hora).

AJUSTE FUNCIÓN GUMBEL MOMENTOS
(Máximo promedio en 1 hora)

Tabla 1 2. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 9.73 |
| 5 | 12.77 |
| 10 | 14.78 |
| 20 | 16.72 |
| 50 | 19.22 |
| 100 | 21.09 |
| 200 | 22.96 |
| 500 | 25.42 |
| 1000 | 27.29 |
| 2000 | 29.15 |
| 5000 | 31.61 |
| 10000 | 33.47 |

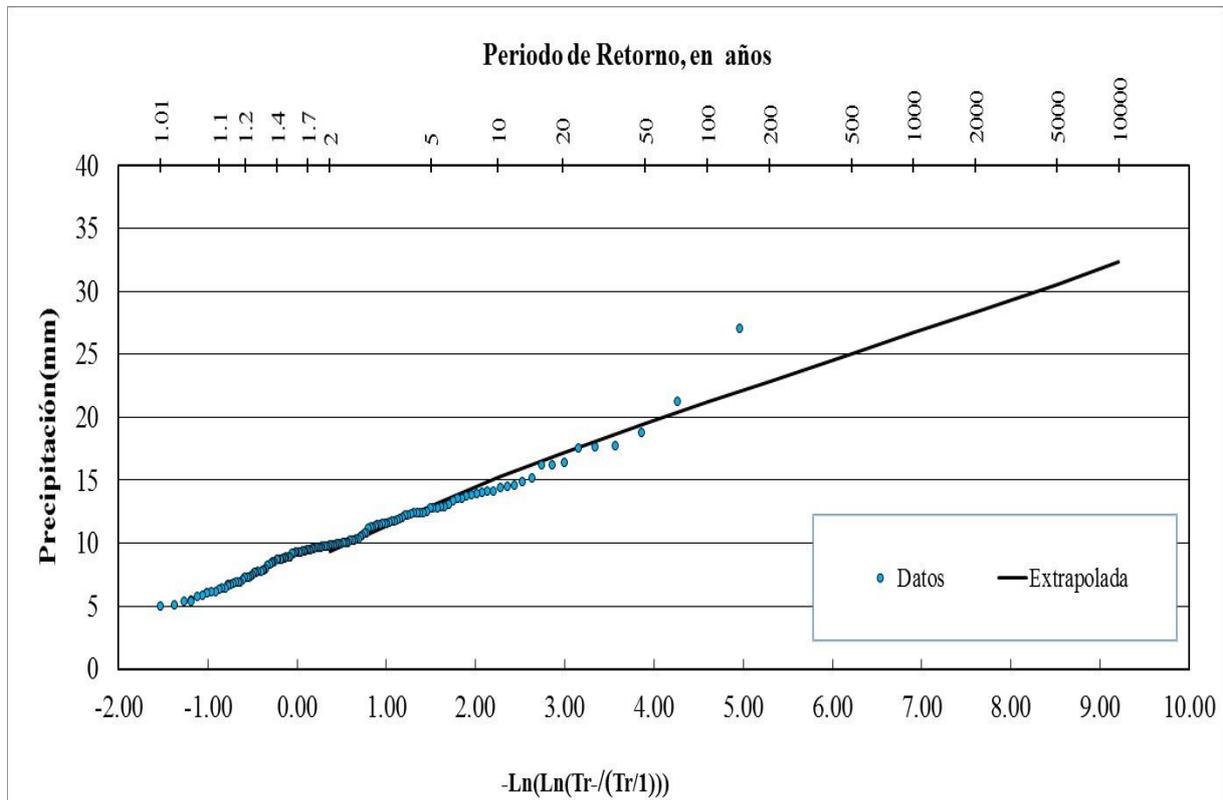


Figura 1 4. Precipitaciones sintéticas (máximo promedio en una hora).

AJUSTE FUNCIÓN DOBLE GUMBEL MANUAL
(Máximo horario en 1 estación)

Tabla 13. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 33.39 |
| 5 | 46.89 |
| 10 | 52.8 |
| 20 | 57.39 |
| 50 | 62.9 |
| 100 | 66.91 |
| 200 | 70.87 |
| 500 | 76.07 |
| 1000 | 79.99 |
| 2000 | 83.98 |
| 5000 | 89.1 |
| 10000 | 92.91 |

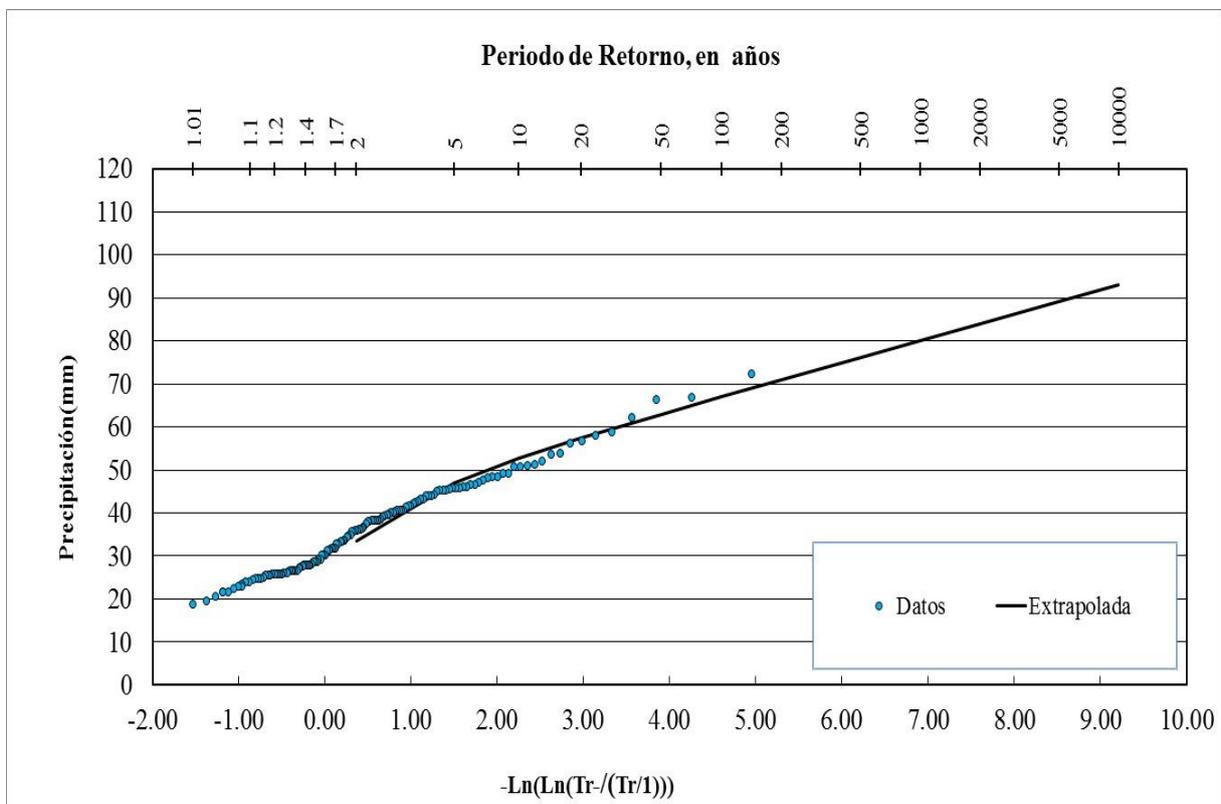


Figura 15. Precipitaciones sintéticas (máximo horario en una estación).

**AJUSTE FUNCIÓN DOBLE GUMBEL AUTOMÁTICA
(Máximo horario en 1 estación)**

Tabla 14. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 34.26 |
| 5 | 46.78 |
| 10 | 52.72 |
| 20 | 57.79 |
| 50 | 64.07 |
| 100 | 68.72 |
| 200 | 73.32 |
| 500 | 79.41 |
| 1000 | 84.05 |
| 2000 | 88.68 |
| 5000 | 94.79 |
| 10000 | 99.35 |

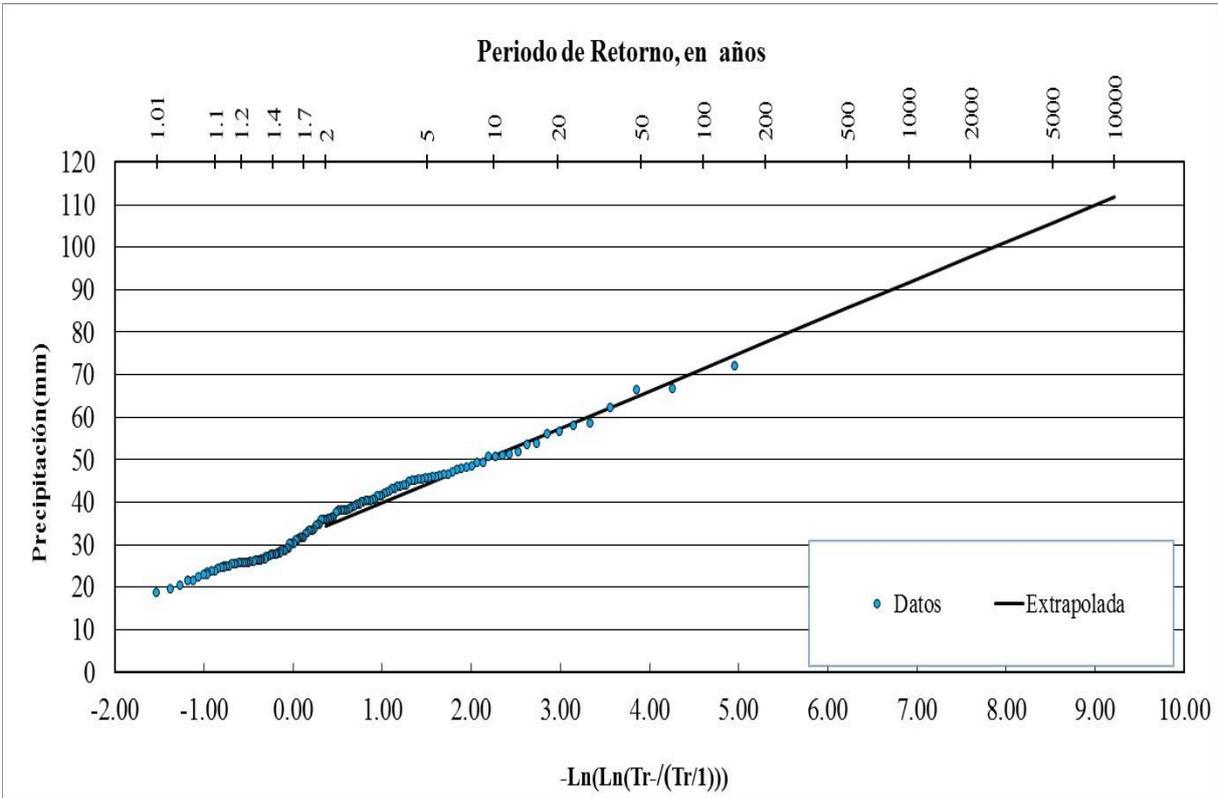


Figura 16. Precipitaciones sintéticas (máximo horario en una estación).

**AJUSTE FUNCIÓN GUMBEL MOMENTOS
(Máximo horario en 1 estación)**

Tabla 15. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 34.46 |
| 5 | 44.38 |
| 10 | 50.94 |
| 20 | 57.24 |
| 50 | 65.39 |
| 100 | 71.5 |
| 200 | 77.59 |
| 500 | 85.62 |
| 1000 | 91.69 |
| 2000 | 97.75 |
| 5000 | 105.77 |
| 10000 | 111.84 |

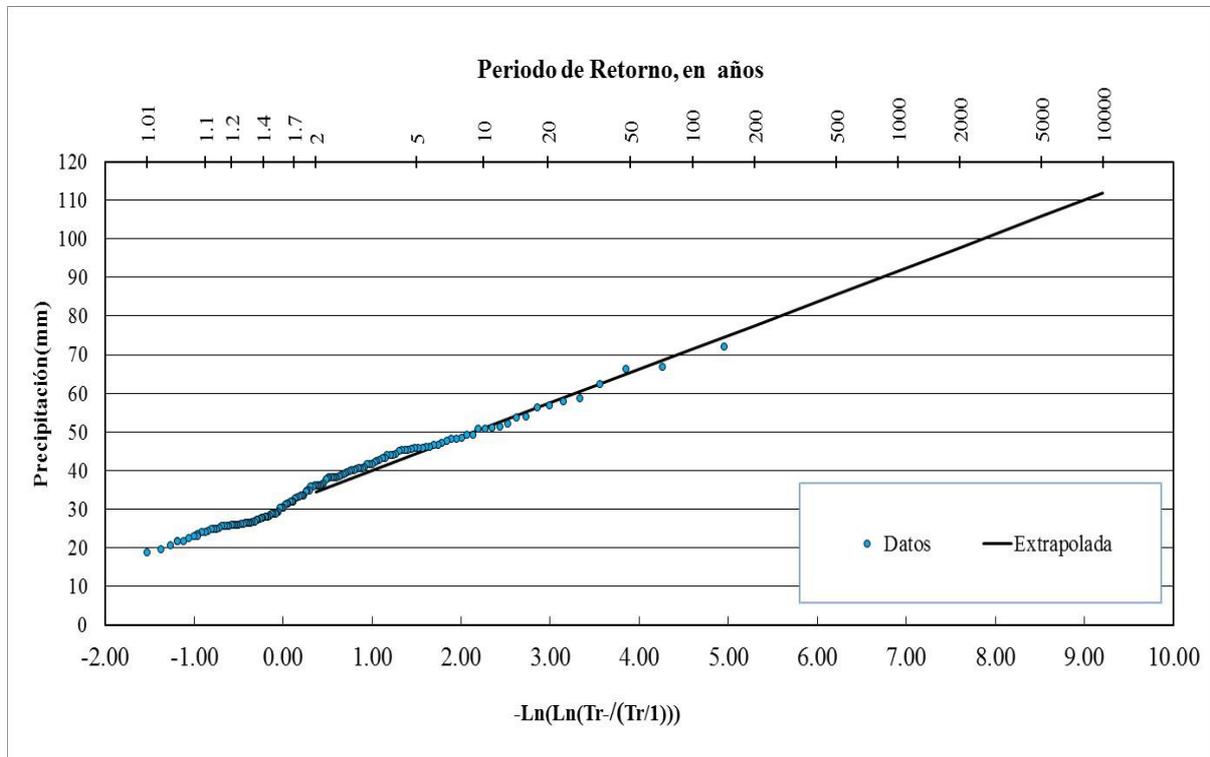


Figura 17. Precipitaciones sintéticas (máximo promedio diario anual).

Capítulo 4. Comparación y análisis de resultados

4.1 Distribución Gumbel

Al probar distintas funciones de distribución se determinó que el mejor ajuste era con la función Gumbel por momentos.

Máximo anual promedio diario, ajuste con Gumbel por momentos:

Tabla 16. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm.

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 23.78 |
| 5 | 29.95 |
| 10 | 34.04 |
| 20 | 37.96 |
| 50 | 43.03 |
| 100 | 46.84 |
| 200 | 50.63 |
| 500 | 55.62 |
| 1000 | 59.4 |
| 2000 | 63.18 |
| 5000 | 68.17 |
| 10000 | 71.94 |

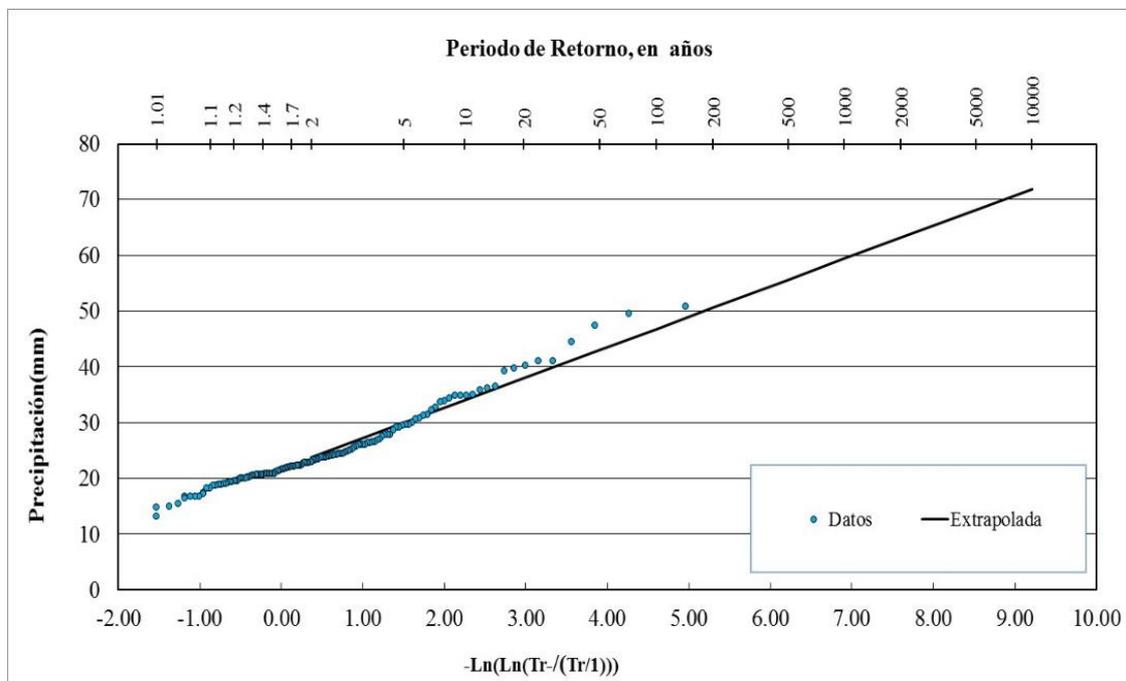


Figura 18. Precipitaciones sintéticas (máximo promedio diario anual).

Máximo promedio en una hora, ajuste Gumbel por momentos:

Tabla 17. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 9.73 |
| 5 | 12.77 |
| 10 | 14.78 |
| 20 | 16.72 |
| 50 | 19.22 |
| 100 | 21.09 |
| 200 | 22.96 |
| 500 | 25.42 |
| 1000 | 27.29 |
| 2000 | 29.15 |
| 5000 | 31.61 |
| 10000 | 33.47 |

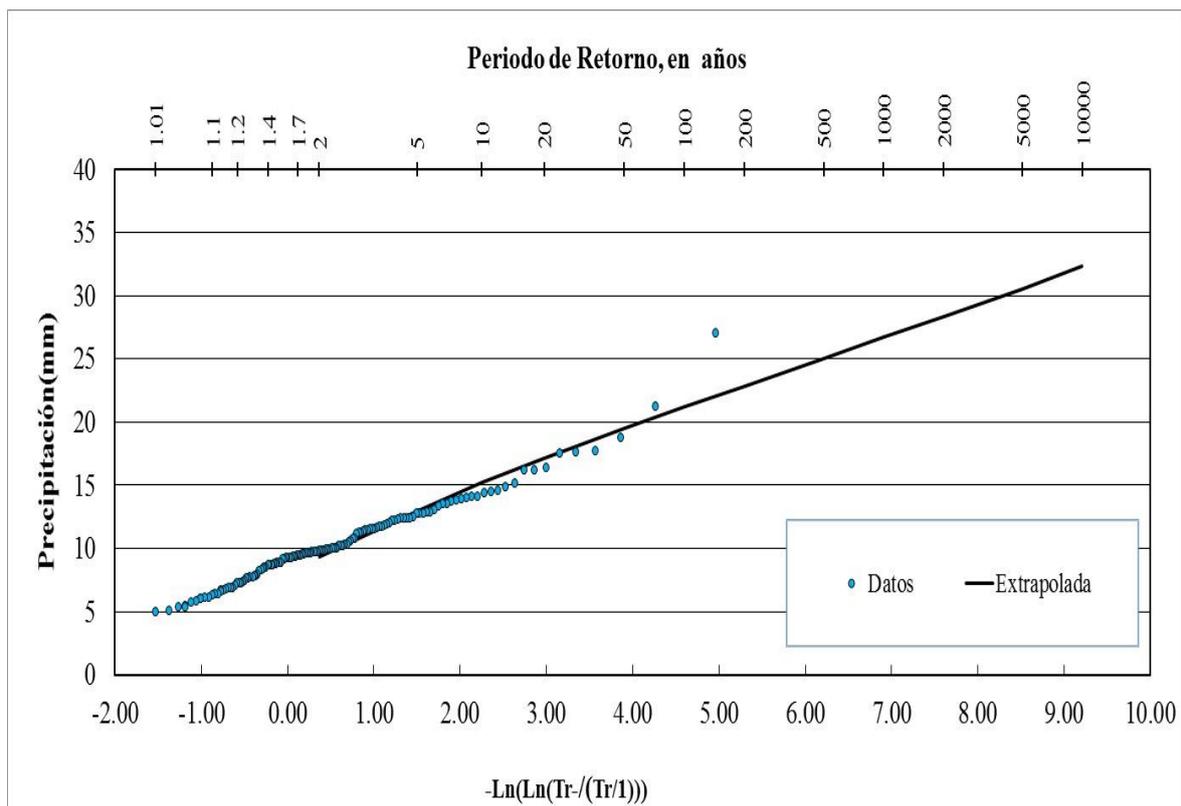


Figura 19. Precipitaciones sintéticas (máximo promedio diario anual).

Máximo horario en una estación, ajuste Gumbel por momentos:

Tabla 18. Valores extrapolados de series sintéticas de precipitación anual, en mm

| Tr | Dato calculado |
|-------|----------------|
| 2 | 34.46 |
| 5 | 44.38 |
| 10 | 50.94 |
| 20 | 57.24 |
| 50 | 65.39 |
| 100 | 71.5 |
| 200 | 77.59 |
| 500 | 85.62 |
| 1000 | 91.69 |
| 2000 | 97.75 |
| 5000 | 105.77 |
| 10000 | 111.84 |

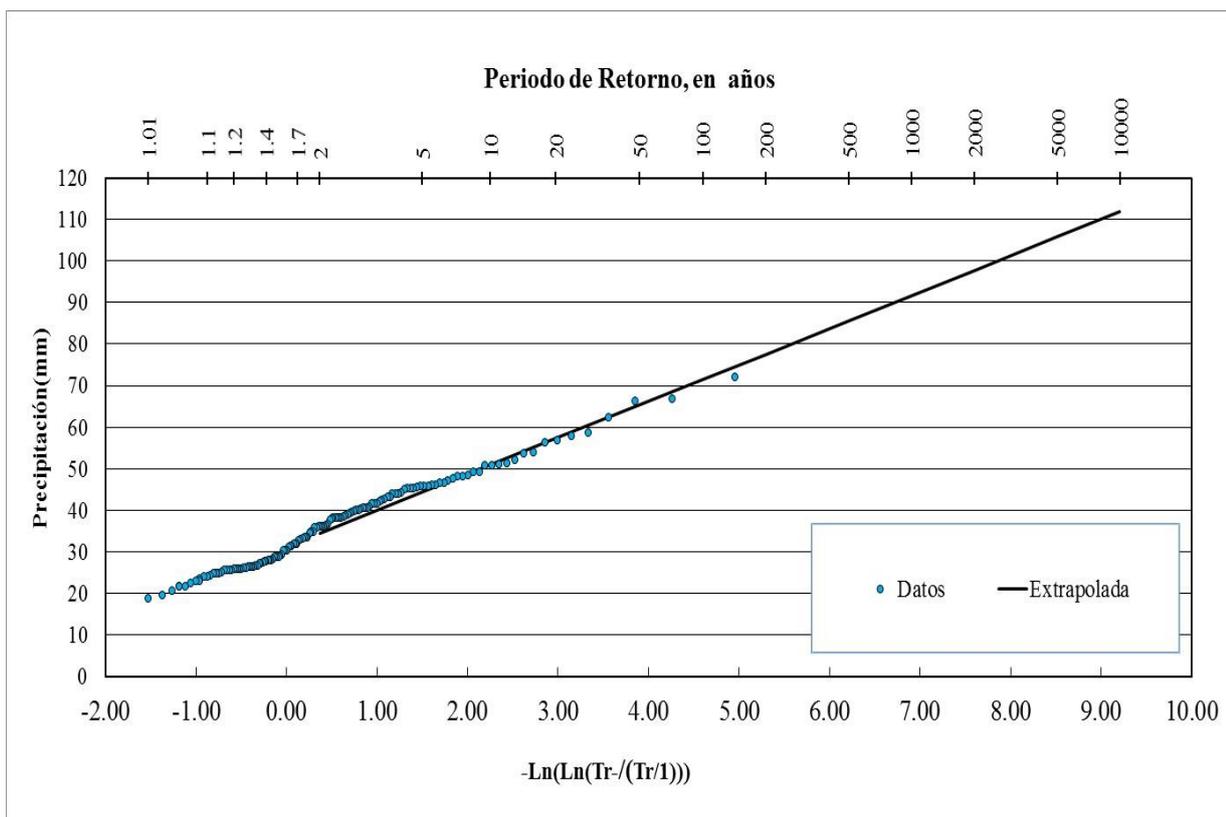


Figura 20. Precipitaciones sintéticas (máximo promedio diario anual).

Se muestra la tabla resumen con los resultados obtenidos para el ajuste de la función Gumbel por momentos (Tabla 19).

Tabla 19. Datos extrapolados para diferentes periodos de retorno.

| Máximo anual promedio diario | | Máximo anual promedio en 1 hora | | Máximo horario en 1 estación | |
|--------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | | AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | | AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | |
| Tr | Dato calculado | Tr | Dato calculado | Tr | Dato calculado |
| 10000 | 71.94 | 10000 | 33.47 | 10000 | 111.84 |
| 5000 | 68.17 | 5000 | 31.61 | 5000 | 105.77 |
| 2000 | 63.18 | 2000 | 29.15 | 2000 | 97.75 |
| 1000 | 59.4 | 1000 | 27.29 | 1000 | 91.69 |
| 500 | 55.62 | 500 | 25.42 | 500 | 85.62 |
| 200 | 50.63 | 200 | 22.96 | 200 | 77.59 |
| 100 | 46.84 | 100 | 21.09 | 100 | 71.5 |
| 50 | 43.03 | 50 | 19.22 | 50 | 65.39 |
| 20 | 37.96 | 20 | 16.72 | 20 | 57.24 |
| 10 | 34.04 | 10 | 14.78 | 10 | 50.94 |
| 5 | 29.95 | 5 | 12.77 | 5 | 44.38 |
| 2 | 23.78 | 2 | 9.73 | 2 | 34.46 |

Para un periodo de retorno de 10 años, los datos obtenidos fueron:

Máximo anual promedio diario: 34.04

Máximo anual promedio en 1 hora: 14.78

Máximo horario en 1 estación: 50.94

Franco obtuvo las alturas de precipitación en mm para un periodo de retorno de 10 años y una duración de 24 horas para las 10 estaciones cercanas a Río Churubusco los datos registrados en la tabla 25.

Tabla 20. Extracto tabla 3.12 de Franco para un Tr= 10 años y duración= 24 hrs.

| | | |
|----|--------------------------|-------|
| 12 | SANTA CRUZ ACATLAN | 60.74 |
| 13 | P.B. LOPEZ MATEOS | 46.02 |
| 14 | P.B. CHURUBUSCO LAGO | 54.49 |
| 18 | CENTRO UNIVERSIDAD | 76.74 |
| 19 | RADIO COMUNICACIÓN | 65.12 |
| 20 | P.B. MUNICIPIO LIBRE | 60.95 |
| 27 | P.B. XOTEPINGO | 55.22 |
| 28 | P.B. ACULCO | 55.85 |
| 29 | P.B. EJERCITO DE ORIENTE | 54.66 |
| 30 | P.T. C. DE LA ESTRELLA | 56.1 |

4.2 Comparación de factores por duración y periodo de retorno

Para realizar la comparación con los resultados de Franco, los valores fueron expresados como proporción del correspondiente a 10 años de periodo de retorno.

Solo se consideraron los periodos de retorno para 2, 5, 10, 50, 100 y 500 años, para poder realizar la comparación con los obtenidos por Franco.

Tabla 21. Máximo anual promedio diario

| Tr | Dato calculado | Tr (10 años) | Factor |
|-----|----------------|--------------|--------|
| 2 | 23.78 | 34.04 | = 0.70 |
| 5 | 29.95 | 34.04 | = 0.88 |
| 10 | 34.04 | 34.04 | = 1.00 |
| 50 | 43.03 | 34.04 | = 1.26 |
| 100 | 46.84 | 34.04 | = 1.38 |
| 500 | 55.62 | 34.04 | = 1.63 |

Tabla 22. Máximo anual promedio en una hora

| Tr | Dato calculado | Tr (10 años) | Factor |
|-----|----------------|--------------|--------|
| 2 | 9.73 | 14.78 | = 0.66 |
| 5 | 12.77 | 14.78 | = 0.86 |
| 10 | 14.78 | 14.78 | = 1.00 |
| 50 | 19.22 | 14.78 | = 1.30 |
| 100 | 21.09 | 14.78 | = 1.43 |
| 500 | 25.42 | 14.78 | = 1.72 |

Tabla 23. Máximo horario en una estación

| Tr | Dato calculado | Tr (10 años) | Factor |
|-----|----------------|--------------|--------|
| 2 | 34.46 | 50.94 | = 0.68 |
| 5 | 44.38 | 50.94 | = 0.87 |
| 10 | 50.94 | 50.94 | = 1.00 |
| 50 | 65.39 | 50.94 | = 1.28 |
| 100 | 71.5 | 50.94 | = 1.40 |
| 500 | 85.62 | 50.94 | = 1.68 |

Tabla 24. Tabla resumen de los factores de ajuste para diferentes periodos de retorno.

| Máximo anual promedio diario | |
|--------------------------------|----------------|
| AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | |
| Tr | Dato calculado |
| 2 | 0.70 |
| 5 | 0.88 |
| 10 | 1.00 |
| 50 | 1.26 |
| 100 | 1.38 |
| 500 | 1.63 |

| Máximo anual promedio en 1 hora | |
|---------------------------------|----------------|
| AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | |
| Tr | Dato calculado |
| 2 | 0.66 |
| 5 | 0.86 |
| 10 | 1.00 |
| 50 | 1.30 |
| 100 | 1.43 |
| 500 | 1.72 |

| Máximo horario en 1 estación | |
|--------------------------------|----------------|
| AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | |
| Tr | Dato calculado |
| 2 | 0.68 |
| 5 | 0.87 |
| 10 | 1.00 |
| 50 | 1.28 |
| 100 | 1.40 |
| 500 | 1.68 |

Los factores obtenidos por Franco fueron:

| Por Periodo de Retorno | |
|------------------------|---------------------------|
| Periodo (Tr) años | Factor (P^1 / P^0) |
| 2 | 0.67 |
| 5 | 0.88 |
| 10 | 1.00 |
| 25 | 1.14 |
| 50 | 1.24 |
| 100 | 1.34 |
| 500 | 1.55 |



Figura 21. Factores de ajuste del Valle de México para diferentes duraciones, periodos de retorno y áreas, Franco (1998).

En este estudio los factores obtenidos para periodos de retorno grandes (100 y 500 años) resultaron mayores que los obtenidos por Franco; así, el promedio de los factores para 500 años mostrados en la tabla 24 (1.68) es mayor que el propuesto por Franco (1.55).

Además se hizo una comparación de los factores por duración, tomando en cuenta el máximo anual promedio diario y el máximo anual promedio en una hora.

Tabla 24. Comparación de los factores de duración.

| Máximo anual promedio diario | | Máximo anual promedio en 1 hora | | Periodo de retorno | Máximo anual promedio diario | Máximo anual promedio en 1 hora | Factor |
|--------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|--------------------|------------------------------|---------------------------------|---------|
| AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | | AJUSTE FUNCION GUMBEL MOMENTOS | | | | | |
| Tr | Dato calculado | Tr | Dato calculado | Tr | Dato calculado | Dato calculado | Factor |
| 10000 | 71.94 | 10000 | 33.47 | 10000 | 71.94 / | 33.47 | = 2.149 |
| 5000 | 68.17 | 5000 | 31.61 | 5000 | 68.17 / | 31.61 | = 2.157 |
| 2000 | 63.18 | 2000 | 29.15 | 2000 | 63.18 / | 29.15 | = 2.167 |
| 1000 | 59.4 | 1000 | 27.29 | 1000 | 59.4 / | 27.29 | = 2.177 |
| 500 | 55.62 | 500 | 25.42 | 500 | 55.62 / | 25.42 | = 2.188 |
| 200 | 50.63 | 200 | 22.96 | 200 | 50.63 / | 22.96 | = 2.205 |
| 100 | 46.84 | 100 | 21.09 | 100 | 46.84 / | 21.09 | = 2.221 |
| 50 | 43.03 | 50 | 19.22 | 50 | 43.03 / | 19.22 | = 2.239 |
| 20 | 37.96 | 20 | 16.72 | 20 | 37.96 / | 16.72 | = 2.270 |
| 10 | 34.04 | 10 | 14.78 | 10 | 34.04 / | 14.78 | = 2.303 |
| 5 | 29.95 | 5 | 12.77 | 5 | 29.95 / | 12.77 | = 2.345 |
| 2 | 23.78 | 2 | 9.73 | 2 | 23.78 / | 9.73 | = 2.444 |

Por ejemplo para un periodo de retorno de 10 años se divide $71.94 / 33.47$, obteniendo un factor de 2.149 contra 1.52 que es el obtenido por Franco para 24 horas.

| Por Duración | |
|---------------|------------------|
| Duración (hr) | Factor (Pd/ P1h) |
| 0.5 | 0.78 |
| 1 | 1.00 |
| 2 | 1.17 |
| 24 | 1.52 |

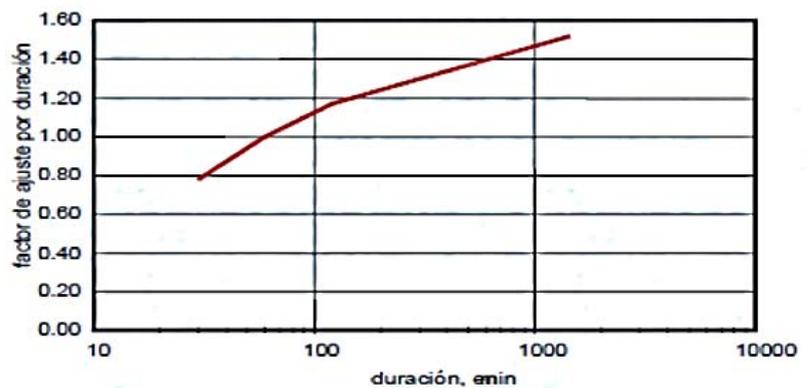


Figura 22. Factores de ajuste del Valle de México para diferentes duraciones, periodos de retorno y áreas, Franco (1998).

Franco para pasar de 1h a 24h utiliza un factor de 1.52, es decir que en este estudio, si se trata de valores promedio el factor resulta más grande que el que obtuvo Franco para valores puntuales.

Las isoyetas obtenidas en la aplicación de un método regional para el valle de México de M.I. Franco para un $Tr = 10$ años y una duración = 24hrs, se presentan a continuación:

Con isoyetas:

$$P_{d, 10 \text{ años}}: 55 \text{ mm}$$

Aplicando el factor de ajuste

obtenido por Franco:

$$P_{d, 10 \text{ años}}:$$

$$55/1.52 = 36.18 \text{ mm}$$

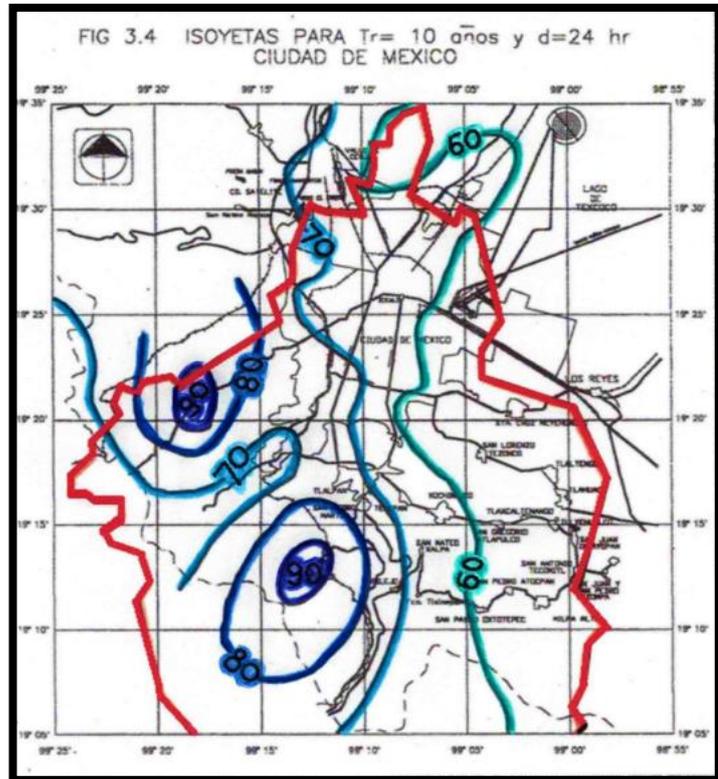


Figura 23. Isoyetas para Tr de 10 años y 24 horas de duración para la Ciudad de México.

Relacionando los factores de ajuste obtenidos para el máximo anual promedio diario y para el máximo anual promedio en una hora se obtuvieron los siguientes factores de ajuste (Tabla 28).

Tabla 28. Factores de ajuste para $Tr = 2, 5, 10, 50, 100$ y 500 años.

| | Máximo anual promedio diario | | Máximo anual promedio en 1 hora | | |
|-----------|------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------|
| Tr | Dato calculado | | Dato calculado | | Factor |
| 2 | 0.70 | / | 0.66 | = | 1.06 |
| 5 | 0.88 | / | 0.86 | = | 1.02 |
| 10 | 1.00 | / | 1.00 | = | 1.00 |
| 50 | 1.26 | / | 1.30 | = | 0.97 |
| 100 | 1.38 | / | 1.43 | = | 0.96 |
| 500 | 1.63 | / | 1.72 | = | 0.95 |

Capítulo 5. Conclusiones

En el campo de la hidrología es necesario realizar estudios y análisis de la información que se tiene de registros históricos con ayuda de las estaciones pluviográficas; el detalle es que no siempre estos registros están completos; para estos casos la generación de tormentas sintéticas resulta ser una herramienta de gran ayuda para lograr una simulación posible de algún sistema hidrológico y su comportamiento.

El análisis de registros hidrológicos facilita la reducción de una gran cantidad de datos a una sola función y a sus parámetros asociados, los cuales se derivan de las características estadísticas de la muestra.

Los factores de ajuste son útiles ya que permiten transformar el valor puntual a un promedio para la zona en estudio. Para el caso aplicado a Río Churubusco se obtuvieron factores de ajuste por periodo de retorno más altos a los obtenidos por Franco para el Valle de México; por ejemplo para el caso de un periodo de retorno de 50 años los factores obtenidos fueron 1.26 para máximo anual promedio diario, 1.30 para máximo anual promedio en una hora y 1.28 para máximo anual en una estación; el factor obtenido por Franco para el mismo periodo fue de 1.24.

Franco utiliza un factor por duración de 1.52 para pasar de 1h a 24h, mientras que para el Río Churubusco los factores son mayores a 2 para diferentes periodos de retorno; es decir que en este estudio, si se trata de valores promedio el factor resulta más grande que el que obtuvo Franco para valores puntuales.

Es importante destacar que el diseño de obras hidráulicas está asociado a la ocurrencia de un evento hidrológico del cierto periodo de retorno, ya sean extremos, como gastos máximos o mínimos en un cauce, precipitación máxima en un intervalo de tiempo, para esto se requiere contar con información disponible.

A partir de estimaciones del evento hidrológico que se pueda presentar se puede determinar el dimensionamiento de vertedores, diseño de un sistema de alcantarillado, la probabilidad de ocurrencia.

Se puede decir que los factores de ajuste para periodo de retorno son conservadores para el diseño de obras pues son similares a los obtenidos por el Maestro Franco.

Capítulo 6. Bibliografía

Arganis –Juárez M. L., R Domínguez- Mora, H. L. Cisneros-Iturbe and G. E. Fuentes-Mariles, 2008. Generación muestra sintética de las entradas mensuales en dos Presas Usando El Método svanidze modificado. J. Hydrological Sciences. 53, 130-141.

Consejo de cuenca del Valle de México. Disponible en: <http://cuencavalledemexico.com/consejo-de-cuenca-del-valle-de-mexico/historia/>

Domínguez M.R., Fuentes M.G. y Arganis J.M.L. (2001) *Procedimiento para generar muestras sintéticas de series periódicas mensuales a través del Método de Svanidze modificado aplicado a los datos de las presas La Angostura y Malpaso*. Series Instituto de Ingeniería. C1-19.

Domínguez, R. y Franco C., 2002, Análisis regional para la obtención de precipitaciones de diseño asociadas a duraciones menores de 2 h. Memorias del XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Ciudad de la Habana, Cuba, pp.234-241.

Domínguez M.R., Fuentes M.G.E. y Arganis J.M.L. (2002). Generación de muestras sintéticas de volúmenes de escurrimiento mensual de las presas La Angostura y Malpaso, Chiapas, utilizando el Método de Svanidze Modificado. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica., Ciudad de La Habana.

Domínguez R., E. Carrizosa, L. Cisneros, C. Bouvier (2004). “Procedimiento Simplificado de Generación de Tormentas y Análisis de las Consecuencias de la dependencia en las variables características”, XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San Pedro, Brasil.

Domínguez et al., 2005. Importancia de la generación de muestras sintéticas en el análisis del comportamiento de políticas de operación de presas, fundación para el fomento de la ingeniería del agua. Ingeniería del agua 12, 13-25.

Domínguez-Mora R., M. L. Arganis Juárez I, A. Mendoza R., E. Carrizosa Elizondo, B. Echavarría S. (2012). Storm generator method that preserves their historical statistical characteristics. Application to Mexico City basin daily rainfall fields. Aceptado. *Atmósfera*.

Domínguez et al., 2013. Storm generator method applied to Mexican Valley's data. *Atmosfera* 26. 27-43.

Escalante S.C.A y Reyes C.L. Técnicas estadísticas en hidrología. México. Facultad de Ingeniería, UNAM. 2002

Franco. D. C.G. Analisis regional de lluvias convectivas aplicación al Valle de México 1998. 43pp.

Gobierno del Distrito Federal. Delegación Coyoacán. Disponible en: <http://www.coyoacan.df.gob.mx/Delegacion/index.php>

Jiménez E.M. Programa AX. Área de riesgos hidrometeorológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. 1996.

Svanidze G.G. *Mathematical Modeling of Hidrologic Series*. USA. Water Resources Publications. 1980.

Salas J.D., Delleur J.W., Yevjevich y Lane W.L. *Applied Modeling of Hydrological Time Series*. USA. Water Resources Publications. 1988.

Varela, C. 2003. Análisis de la Variabilidad Espacial de la Precipitación en la Cuenca del Arroyo del Azul. Tesis de Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Humanas, UNCPBA, 93 págs.

Yurekly K., Kurunk A. y Simsek H. Prediction of Daily Maximum Streamflow Based on Stochastic Approaches. *Journal of Spatial Hydrology*, 4(2), 2004.

Zimmermann E. Modificaciones en los procesos hidrológicos provocados por el riego complementario en un área de llanura. (1998). XVII Congreso Nacional del Agua. Santa Fe. Argentina. Vol 2. Pp. 278-289.