



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**OBTENCIÓN DE LA RELACIÓN INTENSIDAD, DURACIÓN, FRECUENCIA DE  
LA PRECIPITACIÓN EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO.**

**TESIS**

**Que como parte de los requisitos para obtener grado de**

**INGENIERO CIVIL**

**Presenta**

**ALMA LUZ LEDEZMA VELÁZQUEZ**

**Dirigida:**

**DR. ALVARO ALBERTO LÓPEZ LAMBRAÑO**

**Santiago de Querétaro, Qro. México, Octubre 2012.**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**OBTENCIÓN DE LA RELACIÓN INTENSIDAD, DURACIÓN, FRECUENCIA DE  
LA PRECIPITACIÓN EN EL ALTIPLANO CENTRAL MEXICANO.**

**TESIS**

**Que como parte de los requisitos para obtener grado de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presenta**

**ALMA LUZ LEDEZMA VELÁZQUEZ**

**Dirigida por:**

**DR. ALVARO ALBERTO LÓPEZ LAMBRAÑO**

**SINODALES**

**DR. MAXIMO PLIEGO DIAZ**

**DR. DOMINGO GÓMEZ MELÉNDEZ**

**DR. OMAR CHAVEZ ALEGRÍA**

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre 2012  
**México**

## RESUMEN

Se obtienen las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) de la precipitación para 26 estaciones climatológicas ubicadas en el Altiplano Central Mexicano. Para dicho análisis se realiza un ajuste de probabilidad a los datos de lluvia por el método de Gumbel Momentos y Gumbel Máxima Verosimilitud. A partir de los ajustes se aplica el método de Cheng para obtener los valores de precipitaciones e intensidades de lluvia para duraciones de 5, 10, 20, 30, 60 y 120 minutos y periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años. Finalmente se realiza un promedio de precipitaciones y parámetros del método de Cheng para la obtención de las curvas IDF a nivel regional correspondiente a la zona de estudio. Las curvas regionales del Altiplano Central Mexicano constituyen una herramienta valiosa que servirán en la planeación y diseño de proyectos hidráulicos, como también en la preservación y aprovechamiento del recurso hídrico en la zona de estudio.

**Palabras clave:** Intensidad de la lluvia, curvas IDF, Periodo de retorno, Método de Cheng.

## SUMMARY

Curves are obtained intensity, duration and frequency (IDF) of precipitation for 26 stations located in plateau central Mexico. For this analysis takes probability setting rainfall data by the method of moments and Gumbel, Gumbel Maximum likelihood. Since the adjustment is applied method Cheng to obtain the values precipitation and rain intensities for durations of 5, 10, 20, 30, 60 and 120 minutes and return periods of 5, 10, 25 and 50. We carried out an average rainfall and parameters of Cheng method for obtaining a regional IDF curves corresponding to the study area. The curves of the Central Plateau Regional Mexican is a valuable tool to serve on the planning and design of water projects, as well as in the preservation and utilization of water resources in the study area.

**Key words:** rainfall intensity, IDF curves, return periods, method of Cheng.

## DEDICATORIAS

*A la memoria de mi mamá, Guillermina (QEPD),  
Por ser mi más grande motivación para seguir adelante.  
Gracias por haber creído en mí... Lo que soy, te lo debo a ti.*

*A mi papá Cenobio, por ser parte esencial en mi vida  
Por el apoyo, consejos y  
La motivación que me ha brindado.*

*A mis hermanos, Cenobio, Yessica, Pablo y Concepción,  
Por estar al pendiente de mí, cuidándome,  
Apoyándome y procurando mi bienestar.*

*A Aarón, Paola, Elías y Abel,  
Por la alegría y motivación que dan a mi vida.*

*A todos mis familiares, primos y tíos, por el apoyo y  
Ánimo que en, su momento, recibí de ellos,  
Especialmente, de Enrique y Concepción.*

*A Luis por caminar conmigo todo este tiempo  
Por los buenos y malos momentos que hemos  
Podido compartir.*

*A mis amigas Ana y Rosario,  
Por el apoyo y compañía en  
Nuestra formación profesional.*

*A dos grandes amigos, Estela y Guillermo,  
Porque su cariño y ayuda se han hecho presente  
En todo momento.*

*A todos, espero no defraudarlos y contar siempre  
con su valioso apoyo, sincero e incondicional.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por el don de la vida, por su bondad y amor que han acompañado y porque me permite dar un paso más en mi superación personal.

A la Facultad de Ingeniería y a cada uno de los profesores que en las aulas nos compartieron sus conocimientos.

Al Dr. Gilberto Herrera Ruiz, gracias por confiar y haber puesto su mirada en mi.

A la M. en C. Patricia Spíndola Yáñez, por darme la oportunidad de compartir tanto tiempo y actividades con usted. Por el conocimiento y los valores que me transmitió.

A Gloria Hernández, por estar al cuidar de mi, en todos los aspectos, a lo largo de la carrera, por el apoyo incondicional y por procurar lo mejor para mí.

A mi director de tesis, Dr. Álvaro A. López Lambraño, por su paciencia e interés en que se realizara un buen trabajo.

Al Dr. Omar Chavez Alegría por su apoyo e interés que mostro en que este proyecto saliera adelante y por formar parte de él, como sinodal.

Al Dr. Máximo Pliego Diaz por sus correcciones y sugerencias para la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Domingo Gómez Melendez por la revisión y asesoría en la realización de este trabajo.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	iii
<b>Summary</b>	lv
<b>Dedicatorias</b>	v
<b>Agradecimientos</b>	vi
<b>Índice</b>	vii
<b>Índice de tablas</b>	x
<b>Índice de figuras</b>	xvi
<b>Índice de anexos</b>	xix
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes	21
1.1.1 Climas en el estado de Querétaro	24
1.2 Justificación	28
1.3 Descripción del problema	28
1.4 Objetivos	29
1.5 Hipótesis	29
<b>2. ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA</b>	
2.1 Introducción	31
2.2 Funciones de frecuencia y probabilidad	31
2.3 Parámetros estadísticos	33
2.4 Muestreo aleatorio	36
2.5 Tendencia central de la muestra	36
2.6 Variabilidad de la muestra	37

2.7 Simetría de la muestra	38
2.8 Ajuste a una distribución de probabilidad	38
2.9 Función de distribución Gumbel	39
2.9.1 Método de Máxima Verosimilitud	40
2.9.2 Método de Momentos	41
2.10 funciones de distribución de probabilidad	42
2.11 Análisis de frecuencia	43
2.11.1 Concepto de período de retorno	43
2.11.2 Series de información hidrológica	44
2.11.3 Análisis de frecuencia con factores de frecuencia	45
2.11.4 Factor de frecuencia para las	46
distribuciones normal y log-normal	
2.11.5 Factor de frecuencia para las	47
distribuciones Gumbel y Log-Gumbel	
2.11.6 Intervalos de confianza en el cálculo de eventos	47
extremos por factores de frecuencia	
<b>3. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN</b>	
3.1 Introducción	49
3.2 Aplicación de las curvas IDF	49
3.3 Método de Cheng	51
<b>4. METODOLOGÍA</b>	
4.1 Recopilación de la información	53
4.2 Ajuste a una distribución de probabilidad	56
4.3 Aplicación del Método de Cheng	57
4.4 Curvas IDF Regionales	57
4.4.1 Método 1	58
4.4.2 Método 2	58
4.4.3 Método 3	60



<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
5.1 Curvas IDF de una estación climatológica	65
5.2 Curvas IDF del Altiplano Central Mexicano	70
5.2.1 Método 1	70
5.2.2 Método 2	75
5.2.3 Método 3	78
5.3 Curvas IDF de la Región de Clima Templado	80
Subhúmedo	
5.3.1 Método 1	81
5.3.2 Método 2	85
5.3.3 Método 3	88
5.4 Curvas IDF de la Región de Clima Seco-Semiseco	91
5.4.1 Método 1	91
5.4.2 Método 2	96
5.4.3 Método 3	99
5.5 Curvas IDF de la Región de Clima Cálido-Semicálido	102
5.5.1 Método 1	102
5.5.2 Método 2	107
5.5.3 Método 3	110
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	112
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	114
<b>ANEXOS</b>	116

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Ecuaciones para encontrar el ajuste a la distribución de probabilidad Gumbel.	41
<b>2</b>	Algunas funciones de densidad de probabilidad utilizadas en Hidrología.	42
<b>3</b>	Estaciones climatológicas en el estado de Querétaro con registros de precipitación de más de 19 años.	54
<b>4</b>	Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro para la estación Amealco (22001).	55
<b>5</b>	Estaciones en la región de clima cálido-semicálido	59
<b>6</b>	Precipitaciones máximas registradas por estación climatológica	59
<b>7</b>	Promedio de los parámetros a, b y c	59
<b>8</b>	Promedio de intensidades para $Tr=2$ años	60
<b>9</b>	Promedio de intensidades para $Tr=5$ años	61
<b>10</b>	Promedio de intensidades para $Tr=10$ años	61
<b>11</b>	Promedio de intensidades para $Tr=25$ años	61
<b>12</b>	Promedio de intensidades para $Tr=50$ años	62
<b>13</b>	Promedio de intensidades para $Tr=2, 5, 10, 25$ y $50$ años	62
<b>14</b>	Mínimo error estándar	65
<b>14a</b>	Parámetros estadísticos de la muestra	66
<b>14b</b>	Parámetros de la función	66
<b>15</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno (Método Gumbel)	66
<b>16</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	67

<b>17</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	67
<b>18</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	67
<b>19</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	68
<b>20</b>	Precipitación máxima-máxima en 24 horas de cada estación climatológica	70
<b>21</b>	Mínimo error estándar	70
<b>21a</b>	Parámetros estadísticos de la muestra	71
<b>21b</b>	Parámetros de la función	71
<b>22</b>	Precipitación máxima por periodo de retorno (Método Gumbel)	71
<b>23</b>	Promedio de los parámetros a, b y c	72
<b>24</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	73
<b>25</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	73
<b>26</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	73
<b>27</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	74
<b>28</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	75
<b>29</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	76
<b>30</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	77

<b>31</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	77
<b>32</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	78
<b>33</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	79
<b>34</b>	Estaciones en la región de clima templado subhúmedo	80
<b>35</b>	Promedio de los parámetros a, b y c	81
<b>36</b>	Precipitación máxima-máxima en 24 horas de cada estación climatológica	81
<b>37</b>	Mínimo error estándar	81
<b>37a</b>	Parámetros estadísticos de la muestra	82
<b>37b</b>	Parámetros de la función	82
<b>38</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno (Método Gumbel)	82
<b>39</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	82
<b>40</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	83
<b>41</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	84
<b>42</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	84
<b>43</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	85
<b>44</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	86
<b>45</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	87

<b>46</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	87
<b>47</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	88
<b>48</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	89
<b>49</b>	Estaciones en la región de clima seco-semiseco	91
<b>50</b>	Promedio de los parámetros a, b y c	91
<b>51</b>	Precipitación máxima-máxima en 24 horas de cada estación climatológica	92
<b>52</b>	Mínimo error estándar	92
<b>52a</b>	Parámetros estadísticos de la muestra	92
<b>52b</b>	Parámetros estadísticos de la función	93
<b>53</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno (Método Gumbel)	93
<b>54</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	93
<b>55</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	94
<b>56</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	95
<b>57</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	95
<b>58</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	96
<b>59</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	97
<b>60</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	98

<b>61</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	98
<b>62</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	99
<b>63</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	100
<b>64</b>	Promedio de los parámetros a, b y c	102
<b>65</b>	Precipitación máxima-máxima en 24 horas de cada estación climatológica	102
<b>66</b>	Mínimo error estándar	102
<b>66a</b>	Parámetros estadísticos de la muestra	103
<b>66b</b>	Parámetros estadísticos de la función	103
<b>67</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno (Método Gumbel)	103
<b>68</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	104
<b>69</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	104
<b>70</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	105
<b>71</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	106
<b>72</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	107
<b>73</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	107
<b>74</b>	Precipitación máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	108
<b>75</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	109

<b>76</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)	110
<b>77</b>	Intensidades máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Mapa de climas en el estado de Querétaro	27
<b>2</b>	Efectos de la función de densidad de probabilidad causados por cambios en la desviación estándar y en el coeficiente de asimetría.	35
<b>3</b>	Métodos para la elaboración de curvas IDF del Altiplano Central Mexicano	63
<b>4</b>	Métodos para la elaboración de curvas IDF de la región de clima templado subhúmedo	63
<b>5</b>	Métodos para la elaboración de curvas IDF de la región de clima seco-semiseco	64
<b>6</b>	Métodos para la elaboración de curvas IDF de la región de clima cálido-semicálido	64
<b>7</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	69
<b>8</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	69
<b>9</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	74
<b>10</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	75
<b>11</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	76
<b>12</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	78
<b>13</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	79



<b>14</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	80
<b>15</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	83
<b>16</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	85
<b>17</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	86
<b>18</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	88
<b>19</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	89
<b>20</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	90
<b>21</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	94
<b>22</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	96
<b>23</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	97
<b>24</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	99
<b>25</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	100
<b>26</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	101
<b>27</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	105
<b>28</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	106

<b>29</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	108
<b>30</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	109
<b>31</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)	110
<b>32</b>	Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)	111

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos</b>		<b>Página</b>
<b>A</b>	Lluvia Media Mensual y Días de Lluvia para obtención del parámetro $(P_1^{Tr})$ Tr2 .	116
<b>B</b>	Análisis de estaciones climatológicas.	117
<b>B.1</b>	Ayutla, Arroyo Seco (22002).	117
<b>B.2</b>	El Doctor, Cadereyta de Montes (22005).	122
<b>B.3</b>	Villa Pueblito, Corregidora (22006).	126
<b>B.4</b>	Jalpan, Jalpan (DGE) (22007).	130
<b>B.5</b>	Jalpan, Jalpan (SMN) (22008).	134
<b>B.6</b>	La Palma, Pedro Escobedo (22009).	138
<b>B.7</b>	Pedro Escobedo (22011).	142
<b>B.8</b>	San Juan del Río (SMN) (22015).	146
<b>B.9</b>	Mineral, San Joaquín (22016).	150
<b>B.10</b>	La Lagunita, Landa de Matamoros (22019).	154
<b>B.11</b>	San Juan del Río (DGE) (22022).	158
<b>B.12</b>	Presa Centenario (22025).	162
<b>B.13</b>	Palmillas, San Juan del Río (22030).	166
<b>B.14</b>	Presa Constitución de 1917, San Juan del Río (22032).	170
<b>B.15</b>	San Pablo, Amealco (22033).	174
<b>B.16</b>	Villa Bernal, Ezequiel Montes (22034).	178
<b>B.17</b>	Vizarrón, Cadereyta de Montes (22035).	182
<b>B.18</b>	Arroyo Seco, Arroyo Seco (22036).	186

<b>B.19</b>	La Joya, Santa Rosa (22041).	190
<b>B.20</b>	La Llave, San Juan del Río (22042).	194
<b>B.21</b>	Juriquilla, Querétaro (22045).	198
<b>B.22</b>	Presa El Capulín, Amealco (22047).	202
<b>B.23</b>	El Zamorano, Colón (22049).	206
<b>B.24</b>	Higuerillas, Cadereyta de Montes (22056).	210
<b>B.25</b>	Santa Teresa, Huimilpan (22058).	214
<b>C</b>	Relación empírica para estimar la lluvia de una hora y periodo de retorno igual a dos años (Cheng, 1983; Campos, 1998).	218
<b>D</b>	Relación entre los parámetros (a, b, c) de una tormenta estándar y la razón de la lluvia de una hora con la de 24 horas (Cheng, 1983; Campos, 1998).	219
<b>E</b>	Valores de $Y_n$ y $S_n$ según número de observaciones	220

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

La precipitación, como variable de estado hidrológica, se puede caracterizar a través de la intensidad, su distribución en el espacio y en el tiempo, y su frecuencia o probabilidad de ocurrencia, y para poder caracterizarla es necesario un gran número de observaciones, extraídas de series pluviográficas o pluviométricas, con el objeto de deducir el patrón de comportamiento en una zona determinada y permitir su análisis o uso posterior (Campos, 1998).

Según Mintegui et. al. (1990) citados por Pizarro et al. (2001), se denominan curvas Intensidad – Duración - Frecuencia (IDF) a aquellas que representan duraciones en abscisas y alturas de precipitación en las ordenadas, en la cual, cada curva representada corresponde a una frecuencia (o período de retorno), de tal forma que las gráficas de las curvas IDF representan la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondiendo todos los de una misma curva, a un idéntico periodo de retorno.

Junto con la definición de las curvas, surgen otros elementos a considerar, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. Además, es de suma importancia tener claro el concepto de cada una de estas variables, para tener una visión más clara de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia Pizarro et al. (2001).

En este sentido, se debe destacar que la intensidad, según Chow et al. (1998), se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la altura de agua de precipitación por unidad de tiempo (mm/h ó pulg/h), y ésta se expresa como:

$$i = \frac{p}{Td} \quad (1)$$

Donde  $P$  es la altura de agua de precipitación en mm o pulg, y  $T_d$  es la duración de la lluvia, dada usualmente en horas.

El estudio de estas relaciones también se puede encontrar en otros trabajos, a manera de ejemplo se mencionan los desarrollados en algunas regiones de Latinoamérica.

Espildora (1971) desarrolló una metodología para que permite la estimación de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para lugares de Chile con escasa o ninguna información pluviográfica, basándose en coeficientes generalizados de duración y de frecuencia. Además, pudo establecer que los coeficientes, tanto de duración como de frecuencia, son aproximadamente iguales a los valores generalizados propuestos por Bell (1960), para lugares tales como Estados Unidos, Unión Soviética, Australia, Hawai, Alaska y Puerto Rico.

Por su parte, De Fraja (1993) determinó curvas IDF para las ciudades de Concepción y Talcahuano, utilizando la información de la estación "Carriel Sur" para un periodo de retorno de 10 años, a partir de la metodología propuesta por Varas y Sánchez en 1983.

De Fraja (1993) también hace mención a curvas IDF existentes para las ciudades de Concepción y Talcahuano, las que fueron generadas por Celis (1984), basándose en datos de la estación meteorológica "Bellavista", a partir de 428 chubascos seleccionados, observados entre los años 1971 y 1983.

Stappung (1999) realizó una recopilación de intensidades horarias para Chile y otros países como Argentina, Venezuela, Brasil, Estados Unidos, Francia y Canadá, generando las curvas IDF para periodos de retorno de dos, diez y cien años, separadas por duraciones entre 2 y 24 horas y entre 10 y 120 minutos. Además, realizó una recopilación de intensidades máximas de precipitación entre 10 y 120

minutos que corresponde al rango usual en drenaje urbano de colectores primarios, para periodos de retorno de dos, cinco, diez, veinticinco, cincuenta y cien años para varias ciudades de Chile, a partir de información extraída de los estudios de planes maestros de aguas lluvias de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), organismo dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

A nivel mundial, diversos autores se han preocupado de estudiar la relación existente entre la lluvia caída y su duración. Bell (1969), estudió las razones entre lluvias de distinta duración e igual periodo de retorno, y también la razón entre lluvias de diferentes periodos de retorno e igual duración. Para ello utilizó datos de un gran número de estaciones ubicadas en Estados Unidos Continental, Australia, Alaska, Rusia, Hawái, Puerto Rico y África. Dicho autor concluyó, a partir de su estudio, que las razones entre lluvias de distinta duración e igual periodo de retorno y la razón entre lluvias de diferentes periodos de retorno e igual duración son muy constantes en todos los puntos estudiados, debido a que las grandes intensidades se producen en tormentas convectivas, las cuales tienen gran independencia geográfica y regional (Varas y Sánchez, 1988).

Por otro lado, son variados los países que cuentan con una amplia red de curvas IDF; entre los que destacan Brasil, Ecuador, Estados Unidos y Grecia. Las curvas IDF han sido la base para el diseño de numerosas obras hidráulicas y en algunos estudios realizados para determinar puntos de riesgo, principalmente de inundaciones, desarrollando mapas de zonificación de riesgos naturales en conjunto con otras variables.

Dentro de los estudios más recientes destaca el realizado por Waltek et al. (2005), quienes actualizaron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para el Estado de Michigan, obteniendo, además, puntos de riesgo de inundaciones. Con ello se obtuvo un mapa isopluvial, donde se ven representadas las Curvas IDF. Por su parte, en México, Gutiérrez-López y Ramírez (2005) también actualizaron y ampliaron

variables para la construcción de índices de inundaciones, generados en el año 1960 por Dalrymple.

Asimismo, Kothyari y Garde (1992) plantean que en India se utiliza la relación entre las variables de intensidad, duración y frecuencia en la planificación y diseño de proyectos de recursos hídricos.

Por otra parte, en Cuba, Puentes (2000) generó una serie de curvas IDF en el contexto de un estudio de caracterización hidrológica de cuencas tropicales, específicamente en la cuenca del río San Diego, en el poblado de San Andrés. Para esto se basó en los datos pluviográficos de la estación “República de Chile”, considerando una serie de tiempo de 10 años y seleccionando las series de máximos anuales para las duraciones de 5, 10, 20, 30, 40, 60, 90, 150, 300, 720 y 1440 minutos.

La manera más confiable de obtener las curvas IDF de la precipitación es a partir de la información histórica registrada por los pluviógrafos de por lo menos 25 años (Aparicio, 2008). Sin embargo en México la red pluviográfica es escasa. Por lo que obtener curvas IDF de la precipitación a partir de la información histórica de pluviómetros que reportan la precipitación cada 24 horas sería una herramienta muy útil para el altiplano mexicano.

### **1.1.1 Climas en el Estado de Querétaro**

En el estado se encuentran diversos tipos de climas que van desde los cálidos relativamente húmedos del este de la Sierra Madre Oriental, hasta los secos y semisecos de la Mesa del Centro.

Se distinguen tres áreas climáticas bien definidas: la porción sur, que comprende parte de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico; la región centro que abarca áreas del Eje Neovolcánico, La Sierra Madre Oriental y la Mesa del Centro; y la zona norte que corresponde a una porción de la Sierra Madre Oriental.



### Climas templados subhúmedos del sur

Se distribuyen en la porción austral del estado, por Amealco, Huimilpan, San Pedrito y San Bartolomé. Estos climas son estables en lo que se refiere a temperatura, pues su régimen térmico medio anual varía de 12° a 18°C y sus precipitaciones más abundantes se registran en verano, pero a la mitad de esa estación se registra un periodo seco.

El grado de humedad aumenta conforme se avanza hacia el sur, la precipitación anual oscila entre 630 y 860 mm.

### Climas secos y semisecos del centro

Se presentan en terrenos rodeados de sierras, mesetas y lomeríos que impiden el paso de los vientos húmedos del Golfo y la Mesa del Centro, que en sus laderas boreales retiene la humedad de los vientos que viajan de norte a sur. La disposición de esas áreas origina un índice de precipitación bajo en la zona y provoca una oscilación térmica de 7° a 14°C, que determina el carácter extremo de estos climas.

#### Clima Semiseco Semicálido

La temperatura media anual varía de 18° a 19°C, la precipitación total anual fluctúa entre 450 y 630 mm.

Las áreas donde rige esta variante están situadas en los alrededores de la ciudad de Querétaro, Villa Corregidora, El Marqués, Santa Rosa de Jáuregui, la localidad Paso de Tablas y en la colindancia del municipio de Peñamiller con el estado de Guanajuato.

#### Clima Semiseco Templado

Es el más común, ya que cubre aproximadamente 35% de la superficie estatal, esta variante rige en las poblaciones de Ezequiel Montes, Cadereyta, Tequisquiapan, San Juan del Río y Puerta de Enmedio.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 16° y los 18°C, la precipitación total anual fluctúa entre 450 y 630 mm.

#### Clima Seco Semicálido

Influye principalmente las poblaciones de Peñamiller y Tolimán. La precipitación total anual va de 370 a 470 mm. Es clasificado como un clima extremo porque sus diferencias térmicas (medias mensuales) superan los 7°C.

#### Climas cálidos y semicálidos del norte

Prevalecen en la región de la Sierra Madre Oriental, donde hay variaciones de altitud considerables, que aunadas a la humedad atmosférica y a las temperaturas, entre otros factores, favorecen la presencia de fenómenos meteorológicos complejos. De norte a sur se presenta una graduación térmica que va de cálida a fría.

#### Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano

Abarcan áreas que pertenecen a los municipios de Arroyo Seco y Jalpan de Serra. Las lluvias en esta zona son de carácter veraniego y presentan precipitaciones anuales que alcanzan 850 mm. El mes más cálido es mayo y el más frío diciembre. Este clima se considera extremo debido a que su oscilación térmica es superior a 7°C.

#### Clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano

Tiene una temperatura media anual de 18°C.

Con diferentes grados de humedad, comprende parte de los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Pinal de Amoles y Landa de Matamoros. La precipitación total anual fluctúa entre 773 y 1270 mm.

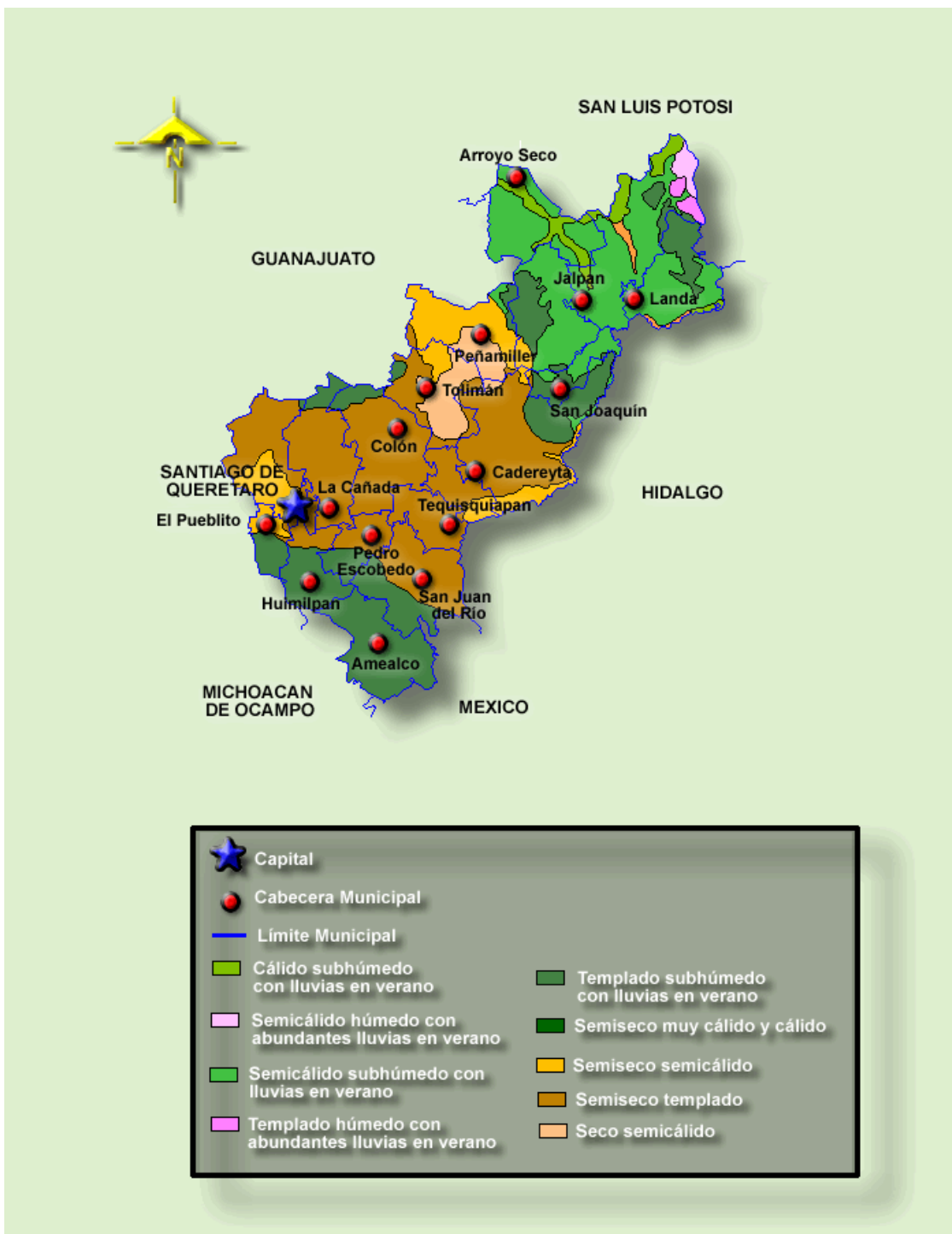


Figura 1. Mapa de climas en el estado de Querétaro.

## **1.2 Justificación**

El comportamiento de las precipitaciones en una zona se puede estudiar evaluando algunas características de los eventos de precipitación, entre ellas tenemos la precipitación media, intensidad media, intensidad máxima, duración y frecuencia. El conocimiento de las características mencionadas, es imprescindible para la planificación de obras hidráulicas, prevención de avenidas y gestión de los recursos hidráulicos en una cuenca. El análisis de frecuencia permite la estimación de eventos extremos correspondientes a diferentes periodos de retorno mediante el uso de funciones de distribución de probabilidad; la relación resultante entre las magnitudes de los valores extremos y sus correspondientes periodos de retorno, se le conoce como curva de Intensidad – Duración – Frecuencia de la precipitación y es de gran utilidad en los diseños en ingeniería.

## **1.3 Descripción del problema**

El régimen de precipitaciones intensas es una de las posibles variables sensibles al cambio climático. De hecho la intensidad de la lluvia, además de depender del contenido de agua precipitable de la atmósfera, también depende del gradiente térmico vertical en los distintos sistemas nubosos de precipitación; por ellos cabe esperar variaciones en el comportamiento de las intensidades máximas, que vendrán dadas por dos factores: la variabilidad natural e intrínseca de un clima y la variación de los promedios propios del clima.

Por otro lado uno de los problemas que suelen presentarse en hidrología, es la incertidumbre acompañada generalmente al diseño de proyectos de infraestructura pluvial debido a la falta de datos sobre intensidades de lluvia; en general no se dispone de una climatología fidedigna de la intensidad de la precipitación, ello se debe por una parte a las dificultades que suelen aparecer en el estudio climatológico de cualquier variable, tales como insuficiencia de datos, falta de homogeneidad en éstos, cambio de situación de sensores y ubicación de las estaciones de registro,

etc.; y por otra a la escasez de instrumentos precisos de medida de intensidades de precipitación.

Lo anterior explica el reducido número de investigaciones referidas al estudio de la intensidad de precipitación, como también la dificultad de analizar y obtener la intensidad de diseño para proyectar obras hidráulicas; por lo tanto las curvas Intensidad, Duración, Frecuencia, son una herramienta eficaz e indicada para la determinación de este parámetro de diseño.

## **1.4 Objetivos**

Objetivo general

Obtener la relación intensidad, duración, frecuencia de la precipitación en el altiplano central mexicano.

Objetivos particulares

- Determinar las precipitaciones máximas en 24 horas en el altiplano central mexicano.
- Encontrar la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos de lluvias máximas en 24 horas.
- Determinar los valores a, b, c de la ecuación de Cheng, correspondientes a la zona de estudio.
- Obtener las intensidades máximas de diseño para diferentes períodos de retorno.

## **1.5 Hipótesis**

La relación Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF) de la precipitación se puede obtener a partir de registros pluviométricos máximos en 24 horas.

Las curvas IDF se pueden emplear como herramienta para la obtención de la intensidad máxima, para ser utilizada en el diseño de estructuras hidráulicas.

## 2. ESTADÍSTICA HIDROLÓGICA

### 2.1 Introducción

Los procesos hidrológicos, la precipitación entre ellos, evolucionan en el tiempo y en el espacio en forma parcialmente predecible y aleatoria. Los procesos que cumplen con esta característica se conocen como procesos estocásticos. En algunos casos la variabilidad aleatoria es tan grande que se justifica que se dé al proceso un tratamiento puramente aleatorio, es el caso de este trabajo, en el que a las variables que se analizan (intensidad y cantidad de lluvia) se les considere variables aleatorias, o sea, que no están sujetas a ninguna predicción precisa. Por ejemplo la precipitación en un lugar determinado varía día a día y año tras año, y no puede predecirse con exactitud cuál será su magnitud, pero sí puede establecerse la probabilidad de que exceda o no cierto valor preestablecido, esto sólo puede determinarse a través del análisis probabilístico y estadístico de los registros que se tengan del pasado.

El objetivo básico del uso de la estadística en la explicación de los procesos hidrológicos es obtener información del fenómeno en el pasado y hacer inferencias acerca de su comportamiento futuro.

### 2.2 Funciones de frecuencia y probabilidad

Si las observaciones de una muestra están idénticamente distribuidas (cada valor de la muestra extraído de la misma distribución de probabilidad), éstas pueden ordenarse para formar un histograma de frecuencia. Primero, el rango factible de la variable aleatoria se divide en intervalos discretos, luego se cuenta el número de observaciones que cae en cada uno de los intervalos y finalmente el resultado se dibuja como una gráfica de barras. El ancho  $\Delta_x$ , del intervalo utilizado para construir el histograma de frecuencia se escoge lo más pequeño posible, y de tal manera que caigan suficientes observaciones dentro de cada uno de los intervalos para que el histograma tenga una variación razonablemente suave en el rango de la información.

Si el número de observaciones  $n_i$  en el intervalo  $i$ , que cubre el rango  $[\underline{x}_i - \Delta x, \underline{x}_i]$ , se divide por el número total de observaciones  $n$ , el resultado se conoce como la *función de frecuencia relativa*  $f_s(x)$ :

$$f_s(x_i) = \frac{n_i}{n} \quad (2)$$

Esta *función de frecuencia relativa* es una estimación de  $P(\underline{x}_i - \Delta x \leq X \leq \underline{x}_i)$  la probabilidad que una observación de la variable aleatoria  $X$  caiga en el intervalo  $[\underline{x}_i - \Delta x, \underline{x}_i]$ . El subíndice  $s$ , indica que la función se calcula utilizando información de la muestra.

La suma de los valores de las frecuencias relativas hasta un punto dado es la *función de frecuencia acumulada*,  $F_s(x)$ .

$$F_s(x_i) = \sum_{j=1}^i f_s(x_j) \quad (3)$$

La función de frecuencia acumulada representa un estimativo de  $P(X \leq x_i)$ , la probabilidad acumulada de  $x_i$ .

Las funciones de frecuencia relativa y de frecuencia acumulada están definidas para una muestra; las funciones correspondientes para la población se aproximan como límites a medida que  $n \rightarrow \infty$  y  $\Delta x \rightarrow 0$ . En el límite la función de frecuencia relativa dividida por el intervalo de longitud  $\Delta x$  se convierte en la *función de densidad de probabilidad*  $f(x)$ :

La función de densidad de probabilidad,  $f(x)$ , está definida como:



$$f(x) = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta x \rightarrow 0}} \frac{f_s(x)}{\Delta x} \quad (4)$$

La función de frecuencia acumulada se convierte en la *función de distribución de probabilidad*,  $F(x)$ , se define como:

$$F(x) = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta x \rightarrow 0}} F_s(x) \quad (5)$$

Cuya derivada es la función de densidad de probabilidad.

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \quad (6)$$

Para un valor de  $x$ ,  $F(x)$  es la probabilidad acumulada  $P(X \leq x)$ , y puede expresarse como la integral de la función de densidad de probabilidad sobre el rango  $X \leq x$ :

$$P(X \leq x) = F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du \quad (7)$$

Donde  $u$  es una variable auxiliar de integración (Ven Te Chow, 2000).

### 2.3 Parámetros estadísticos

Los parámetros estadísticos son características de una población. Un parámetro estadístico es el valor esperado  $E$  de alguna función de una variable aleatoria. Para una variable aleatoria  $X$ , la media es  $E(X)$ , y se calcula como el producto de  $x$  y la correspondiente densidad de probabilidad  $f(x)$ , integrando sobre el rango factible de la variable aleatoria tenemos:

$$E(X) = \mu = \int_{-\infty}^{\infty} fx(x)dx \quad (8)$$

$E(X)$  representa el primer momento con respecto al origen de la variable aleatoria, una medida del punto medio "tendencia central" de la distribución. La estimación por la muestra de la media es el promedio de la información de la muestra.

Otros valores de tendencia central son la moda, la mediana y la media geométrica.

La moda es el punto de máxima densidad de probabilidad, la mediana es el valor de la variable aleatoria que hace que  $F(x) = 0.5$ , o sea que tiene una probabilidad acumulada del 50%. La media geométrica se calcula como el antilogaritmo del valor esperado de los logaritmos de la variable aleatoria.

La variabilidad de la información se mide por medio de la varianza ( $\sigma^2$ ), la cual es el segundo momento con respecto a la media, y se define por la siguiente expresión:

$$E[(x - \mu)^2] = \sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x)dx \quad (9)$$

La desviación estándar ( $\sigma$ ), es la raíz cuadrada de la varianza. A medida que la desviación estándar aumenta, lo hace también la dispersión de la información. Una medida adicional de la variabilidad, es el coeficiente de la variación (CV).

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (10)$$

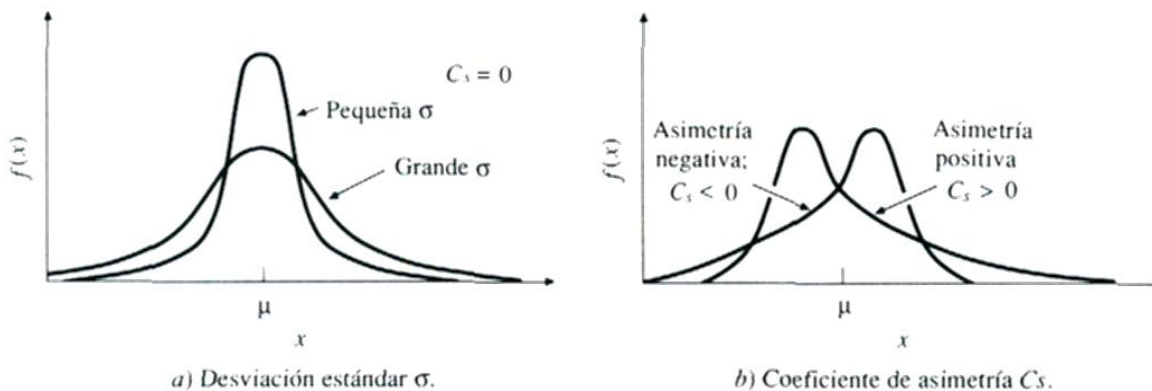
La simetría de una distribución de probabilidad con respecto a la media se mide utilizando la asimetría u oblicuidad, la cual es el tercer momento con respecto a la media, y está definido por:

$$E[(x - \mu)^3] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^3 f(x) dx \quad (11)$$

Un parámetro adimensional de medida de la asimetría lo constituye el coeficiente de asimetría ( $\gamma$ ), que está definido por la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{1}{\sigma^3} E[(x - \mu)^3] \quad (12)$$

Para valores del coeficiente de asimetría positivos ( $\gamma > 0$ ), la función de densidad de probabilidad está desviada hacia la derecha (hacia valores grandes). Cuando se tiene un coeficiente de asimetría negativo, está desviada hacia la izquierda (hacia valores pequeños), y si es cero la distribución de valores es totalmente simétrica alrededor de la media. En la Figura 1a y 1b, se puede apreciar cómo influyen los valores de los parámetros estadísticos en la forma de la función de densidad de probabilidad (Ven Te Chow, 2000).



**Figura 2. Efectos de la función de densidad de probabilidad causados por cambios en la desviación estándar y en el coeficiente de asimetría (Chow,2000)**

## 2.4 Muestreo aleatorio

En el numeral anterior se presentaron los parámetros estadísticos poblacionales, estos parámetros son constantes que no se ven afectados por las observaciones de una muestra aleatoria.

En hidrología se trabaja con poblaciones generalmente infinitas. Ante la imposibilidad de tener todos los valores que la variable aleatoria ha tomado en el pasado o que tomará en el futuro, se toma una muestra aleatoria, que consta de los valores registrados históricamente hasta la fecha del análisis. Por ejemplo, para la elaboración de una curva Intensidad-Duración-Frecuencia para una estación cualquiera, se toma una muestra aleatoria de los valores de intensidad para una duración determinada de lluvia, a partir de los registros pluviográficos disponibles. Las características medidas a partir de muestras aleatorias varían de una muestra a otra, es así como las curvas intensidad-duración-frecuencia que se elaboraron hace 20 años son diferentes a las que se puedan construir actualmente, porque aunque fueron hechas a partir de valores tomados de una misma población, los 20 años más de registro hacen que la muestra cambie y por tanto las características que de ella se puedan inferir.

## 2.5 Tendencia central de la muestra

La media de una muestra aleatoria de tamaño  $n$ , está definida por:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (13)$$

La mediana de una muestra de tamaño  $n$ , ordenada en forma creciente de magnitud, se define por:

Si  $n$  es impar, la mediana será la observación central de los valores, una vez que estos han sido ordenados en orden creciente o decreciente.

$$\tilde{X} = \frac{x(n+2)}{2} \quad (14)$$

Si  $n$  es par, será el promedio aritmético de las dos observaciones centrales.

$$\tilde{X} = \frac{X \frac{n}{2} + X \frac{n}{2} + 1}{2} \quad (15)$$

Los subíndices de las  $x$  en la fórmula anterior indican la posición de la observación en la muestra ordenada.

La moda de una muestra aleatoria, es el valor de la muestra que ocurre con mayor frecuencia.

La media es la medición de localización central usada más comúnmente, pero tiene la desventaja de verse afectada seriamente por la presencia de valores extremos.

## 2.6 Variabilidad de la muestra

Al medir la variabilidad de los datos de una muestra aleatoria, lo que se pretende es saber en qué grado las observaciones se alejan del promedio. Los estadísticos más importantes para cuantificar dicha variabilidad en la muestra aleatoria son la amplitud y la varianza muestral.

La amplitud de una muestra aleatoria se define por el estadístico  $(x_n - x(1))$ , donde  $x_n$  y  $x(1)$  son respectivamente las observaciones mayor y menor de la muestra.

La varianza de una muestra aleatoria de tamaño  $n$ , se define mediante el estadístico:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (16)$$

La desviación estándar de la muestra es la raíz cuadrada de la varianza muestral.

## 2.7 Simetría de la muestra

El coeficiente de asimetría de una muestra aleatoria de tamaño  $n$ , se define mediante el estadístico:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (17)$$

La interpretación de los estadísticos presentados anteriormente es equivalente a la que se presentó en el numeral anterior para los parámetros poblacionales.

Un estadístico es una variable aleatoria que depende únicamente de la muestra observada y por consiguiente tiene su propia distribución de probabilidad, la cual recibe el nombre de distribución muestral (Ven Te Chow, 2000).

## 2.8 Ajuste de una distribución de probabilidad

Mediante el ajuste de una función de probabilidad a un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística de la muestra puede resumirse en forma compacta, en la función de densidad de probabilidad con sus parámetros asociados. Lo que se pretende es encontrar los valores de los

parámetros que definen la función de distribución de probabilidad a partir de la información muestral. El cálculo de los parámetros de las distribuciones se puede llevar a cabo por el método de los momentos, este método es aplicable si se conoce, o asume, previamente la distribución de probabilidad. En el ajuste que se hizo para la elaboración de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia que motivaron este trabajo, se empleó el método de los momentos.

## 2.9 Función de distribución Gumbel

La ecuación de la distribución Gumbel, según Monsalve (1995) es:

$$P(x \leq x_i) = e^{-e^{-y_i}} \quad (18)$$

Donde

$e$  = base de los logaritmos neperianos

$y_i$  = Variable reducida

$x_i$  = Precipitación máxima en 1 hora para un período de retorno seleccionado, en este caso 2,5,10,20 y 50 años.

Luego se tiene que:

$$y_i = a(x_i - x_f) \quad (19)$$

$$a = \frac{S_n}{S} \quad (20)$$

$$x_f = \bar{X} - S \frac{Y_n}{S_n} \quad (21)$$

Donde

$\bar{X}$ : Promedio de los datos de la muestra (Observados).

$S$ : Desviación estándar de los datos de la muestra.

$Y_n$  y  $S_n$  dependen del número de años de registro de la muestra  $n$ , y son respectivamente la media y la desviación estándar de la variable reducida ( $y$ ). Los valores de  $Y_n$  y  $S_n$  provienen del cuadro conformado para estos valores correspondiente al método de Gumbel (Mosalve, 1995) (Anexo E).

### 2.9.1 Método de máxima verosimilitud

Como su nombre lo indica, este método busca maximizar la función de verosimilitud  $L(x)$  para encontrar el mejor ajuste de cada función de probabilidad. Esta función se define como:

$$L = \prod_{i=1}^N f(\chi_i) \quad (22)$$

donde  $\chi$  es el operador que indica el producto de los valores que representa su argumento (semejante al operador de suma  $\Sigma$ , ya que mientras  $\Sigma_{xi} = x1 + x2 + x3 + \dots$ . El operador  $\chi$  se define como  $\chi_{xi} = x1 \cdot x2 \cdot x3 \dots$ ).

En la siguiente tabla se muestran las ecuaciones para ambos métodos, que deben resolverse para encontrar el ajuste a una función de probabilidad.



**Tabla 1. Ecuaciones para encontrar el ajuste a una función de probabilidad**

Función de Probabilidad	Momentos	Máxima Verosimilitud
Gumbel	$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$ $\beta = \mu - 0.45\sigma$	$\sum_{i=1}^N x_i e^{-\alpha x_i} - \left(\mu - \frac{1}{\alpha}\right) \sum_{i=1}^N e^{-\alpha x_i} = 0$ $\beta = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{N}{\sum_{i=1}^N e^{-\alpha x_i}}$

### 2.9.2 Método de momentos

Si X es una variable aleatoria, el r-ésimo momento alrededor del origen se define como:

$$E(x^r) = \int_{-\infty}^{\infty} x^r f(x) dx \quad (23)$$

El primer momento con respecto al origen es la media o valor esperado de la variable aleatoria.

Para la misma variable aleatoria X, el r-ésimo momento centrado o r-ésimo momento con respecto a la media de X, se define por:

$$E(x - \mu)^r = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^r f(x) dx \quad (24)$$

En el método de momentos se considera que unos buenos estimativos de los parámetros de una función de probabilidad, son aquellos para los cuales los momentos de la función de densidad de probabilidad con respecto al origen o a la media, son iguales a los momentos correspondientes de la información muestral (Ven Te Chow, 2000).

## 2.10 Funciones de distribución de probabilidad para variables hidrológicas aleatorias continuas

Las funciones de distribución de probabilidad se ajustan a las variables hidrológicas. La mejor forma de mostrar de manera compacta las distribuciones es a través de una tabla, en la que se define para cada distribución, la función de densidad de probabilidad, el rango que puede tomar la variable aleatoria y las ecuaciones que definen los parámetros de la distribución en términos de la información muestral. La Tabla 2 presenta tales características.

**Tabla 2. Algunas funciones de densidad de probabilidad utilizadas en hidrología.**

Distribución	Función de densidad de probabilidad	Dominio	Ecuaciones para los parámetros en términos de los momentos de la muestra
<i>Normal</i>	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\mu = \bar{x}, \sigma = S_x$
<i>Log-normal</i>	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$	$x > 0$	$\mu_y = \bar{y}, \sigma_y = s_y$
<i>Gumbel, valor extremo tipo I</i>	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-u}{\alpha}\right)\right]$	$-\infty < x < \infty$	$\alpha = \frac{\sqrt{6s_x}}{\pi}$ $u = \bar{x} - 0.5772\alpha$

## 2.11 Análisis de frecuencia

Los sistemas hidrológicos se ven afectados en ocasiones por la ocurrencia de eventos extremos, tales como tormentas severas, sequías o crecientes. El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica, es relacionar la magnitud de eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia, mediante el uso de funciones de distribución de probabilidad. La magnitud de un evento está inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos de magnitud extrema (ya sea muy grande o muy pequeña) ocurren con menor frecuencia que eventos moderados. Un análisis de frecuencia de eventos hidrológicos extremos (por ejemplo, intensidades máximas) es útil en la optimización de diseños de estructuras hidráulicas, como un alcantarillado de agua pluvial. El no contar con un análisis de frecuencia adecuado de la variable de interés en el diseño, puede llevar a la construcción de estructuras subdimensionadas, con el riesgo de colapso que esto implica, o al sobre costo que acarrea un sobredimensionamiento.

En el diseño de obras de drenaje, un alcantarillado de agua pluvial, por ejemplo, se necesita conocer la tormenta de diseño, o las intensidades de lluvia puntuales en la aplicación del método racional, para obtener los caudales pico que deberán transitar a través de la red de alcantarillado. Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, son producto de un análisis de frecuencia. En ellas se relacionan la intensidad de la lluvia con su duración y su frecuencia o período de retorno.

### 2.11.1 Concepto de período de retorno

Supóngase que por definición un evento extremo ocurre si una variable aleatoria  $X$  es mayor o igual que un cierto nivel  $x_T$ . El tiempo que transcurre entre la ocurrencia de eventos de magnitud mayor o igual a  $x_T$  se conoce como intervalo de recurrencia ( $\tau$ ), el período de retorno  $T$  de un evento  $X \geq x_T$  es el valor esperado de  $\tau$ ,  $E(\tau)$ , o sea su valor promedio medido sobre un número de ocurrencias suficientemente grande. En síntesis, el periodo de retorno de un evento con una magnitud dada

puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

La probabilidad  $p=P(X \geq x_T)$  de ocurrencia del evento  $X \geq x_T$  en cualquier observación puede relacionarse con el período de retorno mediante la siguiente expresión:

$$P = P(X \geq x_T) = \frac{1}{T} \quad (25)$$

Es decir, la probabilidad de ocurrencia de un evento en cualquier observación es el inverso de su período de retorno.

### **2.11.2 Series de información hidrológica.**

Una serie de duración completa está compuesta por toda la información hidrológica ordenada por su tiempo de ocurrencia. Una serie de duración parcial es una serie de datos seleccionados de tal manera que su magnitud es mayor que un valor base predefinido. Si el valor base se selecciona de tal manera que el número de valores en la serie es igual al número de años en el registro, la serie se conoce como una serie de excedencia anual. Una serie de valor extremo incluye el valor máximo o mínimo que ocurre en cada uno de los intervalos de tiempo de igual longitud del registro. La longitud del intervalo de tiempo usualmente se toma como un año, y una serie seleccionada de esta manera se conoce como una serie anual. Si se utilizan los valores máximos anuales es una serie anual máxima. La selección de los valores mínimos anuales produce una serie anual mínima.

Para la elaboración de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia que se presentan en este trabajo, se tomaron series de precipitaciones máximas en 24 horas, en donde se determinó la precipitación máxima en 24 horas para cada año del registro de la estación climatológica utilizada en este estudio.

### 2.11.3 Análisis de frecuencia con factores de frecuencia

El cálculo de las magnitudes de eventos extremos, puede llevarse a cabo conocida la función teórica de distribución de probabilidad, determinando para un valor dado el período de retorno, la correspondiente magnitud del evento, usando la siguiente expresión:

$$\frac{1}{T} = 1 - F(x_T) \quad (26)$$

Donde T es el período de retorno en años y  $F(x_T)$  es la función de distribución de probabilidad en  $X=x_T$ .

Según el método de los factores de frecuencia, la magnitud  $x_T$  de un evento hidrológico extremo, se puede calcular como la media ( $\mu$ ), más una desviación  $\Delta x_T$  de la variable con respecto a la media (Ven Te Chow, 2000).

$$x_T = \mu + \Delta x_T \quad (27)$$

El término  $\Delta x_T$  en la ecuación(27) puede calcularse como el producto de la desviación estándar  $\sigma$  y el factor de frecuencia  $K_T$ . Entonces la ecuación (27) puede expresarse como:

$$X_T = \mu + K_T \sigma \quad (28)$$

Una estimación de  $x_T$  puede hacerse empleando la información muestral utilizando la siguiente ecuación:

$$X_T = \bar{x} + K_T S \quad (29)$$

Cuando se utiliza una distribución con transformación logarítmica, la magnitud del evento se encuentra tomando el antilogaritmo de valor calculado con la ecuación(29).

El factor de frecuencia  $K_T$  es función del período de retorno y del tipo de distribución utilizada en el análisis (Ven Te Chow, 2000).

#### 2.11.4 Factor de frecuencia para las distribuciones Normal y Log-Normal

El factor de frecuencia para el cálculo de la magnitud de un evento con probabilidad de excedencia ( $p=1/T$ ), utilizando la distribución normal o la lognormal, se puede encontrar empleando las siguientes ecuaciones (Ven Te Chow, 2000):

Cuando  $p = \frac{1}{T} \leq 0.5$

$$K_T = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \quad (30)$$

$$\text{Donde } w = \left[ \ln \left( \frac{1}{p^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Cuando  $P > 0.5$

$$K_T = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}^{-w} \quad (31)$$

$$\text{Donde } w = \left[ \ln \left( \frac{1}{1-p^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Para la distribución log-normal, se utiliza el mismo procedimiento, excepto que éste se aplica a los logaritmos de las variables y su media y desviación estándar son utilizadas en la ecuación 29. Las ecuaciones 30 y 31 son el resultado de una aproximación numérica que fue realizada por (Abramowitz y Stegun, 1965), para calcular la integral que representa la función de probabilidad de estas distribuciones. El error al aplicar las fórmulas es menor que 0.00045.

### 2.11.5 Factor de frecuencia para las distribuciones Gumbel y Log-Gumbel

Para estas distribuciones el factor de frecuencia se puede calcular con la siguiente ecuación (Ven Te Chow, 2000):

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[ 0.5772 + \ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right] \right] \quad (32)$$

### 2.11.6 Intervalos de confianza en el cálculo de eventos extremos por factores de frecuencia

Las magnitudes de eventos determinadas a partir de un análisis de frecuencia, a menudo se presentan en un rango o intervalo de confianza, donde es de esperarse que se encuentre el valor correcto del evento estimado. El tamaño del intervalo depende de un nivel de confianza  $\beta$ . Los valores superior e inferior del intervalo de confianza se conocen como los límites de confianza. A cada nivel de confianza corresponde un nivel de significancia  $\alpha$ , el cual está dado por:

$$\alpha = \frac{1-\beta}{2} \quad (33)$$

Es importante anotar que los límites de confianza son variables aleatorias, ya que son función del tamaño de la muestra. Mientras más grande sea la muestra, más estrecho es el intervalo de confianza. Para la magnitud de un intervalo asociada a un

período de retorno cualquiera, los límites de confianza se pueden calcular utilizando el error estándar ( $S_e$ ), el cual mide la desviación estándar de las magnitudes de eventos, calculadas mediante muestras, con respecto a la verdadera magnitud del evento. Cada distribución de probabilidad tiene expresiones para calcular el error estándar (Ven Te Chow, 2000).

Para la distribución normal, el error estándar se calcula como:

$$Se = \left( \frac{2 + z^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}} S \quad (34)$$

Donde  $z$  es la variable normal estandarizada,  $n$  el tamaño de la muestra y  $S$  la desviación estándar de la muestra.

Para la distribución Gumbel se tiene:

$$Se = \left[ \frac{1}{n} \left( 1 + 1.1396K_T + 1.1K_T^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} S \quad (35)$$

$K_T$  es el factor de frecuencia para la distribución Gumbel.

Los límites de confianza superior ( $L_T, \alpha$ ) e inferior, ( $U_T, \alpha$ ), se calculan empleando las siguientes expresiones (Ven Te Chow, 2000):

$$L_{T,\alpha} = x_t + S_e Z_\alpha \quad (36)$$

$$U_{T,\alpha} = x_t - S_e Z_\alpha \quad (37)$$

En las ecuaciones anteriores,  $Z_\alpha$  es el valor de la variables normal estándar con una probabilidad de excedencia  $\alpha$ .



### **3. CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)**

#### **3.1 Introducción**

El agua es un recurso fundamental para la vida y un factor esencial para el sector productivo, por lo que, el estudio de las precipitaciones en una región, tiene especial importancia debido al predominio de las actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos hídricos. A través de esto, es posible obtener una información valiosa para la gestión del agua, en términos de los usos agrícolas, forestales, energéticos, de uso doméstico, entre otros.

Por otro lado, estudiar las precipitaciones y conocer su distribución temporal es motivo de interés para diversos fines, por ejemplo meteorológicos edafológicos, como también hidrológicos, al tiempo de lo cual se pueden proporcionar índices para realizar estudios de crecidas o permitir la alimentación de modelos precipitación-escorrentía que permitan mejorar la información disponible, para un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles. Para esto, es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno Pizarro *et al.* (2001).

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978).

#### **3.2 Aplicación de las curvas IDF.**

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, son una de las herramientas más útiles para el diseño hidrológico de caudales máximos (Nania, 2003). Así, un gran número de proyectos hidrológicos, como el diseño de evacuadores de crecidas, construcción de puentes, construcción de redes de drenaje, entre otros, se definen

en relación con la máxima precipitación que se podría esperar para un determinado periodo de retorno. A partir de estos eventos extremos, se fijan las dimensiones del proyecto y se establecen los criterios de predicción y de riesgo (Llamas, 1993 y Asociación Catalana de Ingeniería Sin Fronteras, 2002).

Por otra parte, las curvas IDF son de gran ayuda en la construcción de obras de control de erosión y recuperación de suelos degradados. En obras como zanjas de infiltración, canales de desviación, diques de postes, gaviones y otras destinadas al control de cárcavas y procesos erosivos en laderas, se hace necesario conocer los máximos valores de intensidades de precipitación que se pueden alcanzar, con el fin de dimensionar dichas obras (Pizarro et al., 2005).

Adicionalmente a las aplicaciones anteriores, destaca la construcción de las tablas de extensión de las curvas IDF. Estas permiten estimar las intensidades máximas de precipitación para distintas duraciones y periodos de retorno, relacionando la intensidad de precipitación de 1, 2, 4...12 horas, con la intensidad de 24 h, puesto que las precipitaciones diarias son las más comunes de obtener, permitiendo así extrapolar estas relaciones a zonas donde solo se cuenta con datos pluviométricos (Pizarro et al., 2001).

En países como Ecuador, las curvas IDF, junto con otras variables, han sido utilizadas en la prevención de aluviones. Esto se realiza por medio de la interpretación de eventos históricos, los que en conjunto con el análisis de estas curvas, han permitido determinar puntos de riesgo, dentro de las distintas microcuencas que rodean a la ciudad de Quito (Zevallos, 1996).

El uso de las curvas IDF se enmarcan en la estimación de crecidas de cuencas hidrográficas que tienen tiempos de concentración pequeños o de pequeña duración, y su utilidad principal es poder estimar la intensidad, duración y frecuencia de la precipitación en un lugar que no posee pluviógrafo, solamente pluviómetros totalizadores que entregan precipitaciones diarias o lugares donde no existe información pluviométrica (Pizarro *et al.*, 2002).

Además, es importante señalar que uno de los primeros pasos que deben seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como es el caso del diseño de un drenaje urbano, el aprovechamiento de recursos hídricos en la generación de energía eléctrica, o el diseño de obras de ingeniería de regadíos, es la determinación del evento o eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o períodos de retorno. Esta relación se denomina curva IDF, curvas que son determinadas para cada sitio en particular (Chow *et al.*, 2000).

### 3.3 Método de Cheng

En cuanto a las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia es bastante común la utilización de la metodología propuesta por Cheng (1983) (*e.g.* Campos y Gómez, 1990; Aparicio, 2008). En ésta, la lluvia con duración de una hora y un periodo de retorno de dos años o más, se puede evaluar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno, denominada cociente lluvia/duración (R). Este cociente se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{P_1^{Tr}}{P_{24}^{Tr}} \quad (38)$$

donde  $P_1^{Tr}$  y  $P_{24}^{Tr}$  corresponden respectivamente a la lluvia de una hora y 24 horas con periodo de retorno (Tr) de dos o más años.

La metodología requiere también del cálculo del cociente lluvia/periodo de retorno (x):

$$X = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}} \quad (39)$$

siendo  $P_t^{100}$  y  $P_t^{10}$  son la lluvia de 24 horas y periodo de retorno de 100 años y 10 años, respectivamente.

La ecuación de Cheng para estimar la lluvia a diferentes duraciones (t) y periodos de retorno (Tr) es:

$$P_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10} \log(10^{2-x} Tr^{x-1})t}{60(t+b)^c} \quad (40)$$

donde  $P_1^{10}$  es la lluvia de duración de una hora y periodo de retorno de 10 años, en milímetros; (a), (b) y (c) son parámetros regionales que depende del cociente (R).

## **4. METODOLOGÍA**

A continuación, se describirá detalladamente, cada una de las fases metodológicas para la obtención de las curvas IDF correspondientes al estado de Querétaro:

### **4.1 Recopilación de la información**

La información correspondiente a este proyecto de tesis, se obtuvo de la base de datos ERIC III; a continuación en la tabla 3 se presenta un inventario de las estaciones climatológicas, utilizadas para la obtención de la relación Intensidad – Duración – Frecuencia de la precipitación en el estado de Querétaro.

**Tabla 3. Estaciones climatológicas en el estado de Querétaro con registros de precipitaciones de más de 19 años.**

Clave	Nombre	Latitud	Longitud
22001	Amealco, Amealco	20.1833	-100.1500
22002	Ayutla, Arroyo Seco	21.3833	-99.5667
22005	El Doctor, Cadereyta	20.8500	-99.6000
22006	V.Pueblito, Corregidora	20.5333	-100.4500
22007	Jalpan, Jalpan (Dge)	21.2167	-99.4667
22008	Jalpan, Jalpan (Smn)	21.2167	-99.4667
22009	La Palma, Pedro Escobedo	20.5167	-100.1833
22011	Pedro Escobedo	20.5000	-100.1333
22015	San Juan Del Rio (Smn)	20.3833	-100.0000
22016	San Joaquín (Mineral)	20.9000	-99.5500
22019	La Lagunita, Landa De Matamoros	21.2667	-99.2167
22022	San Juan Del Rio (Dge)	20.3833	-100.0000
22025	Presa Centenario, San Juan Del Río	20.5167	-99.9000
22030	Palmillas, San Juan Del Rio	20.3333	-99.9333
22032	Presa Constitución 1917, San Juan Del Río	20.5000	-100.0500
22033	San Pablo, Amealco	20.2333	-99.9333
22034	Villa Bernal, Ezequiel Montes	20.7333	-99.9500
22035	Vizarron, Cadereyta	20.8333	-99.7833
22036	Arroyo Seco, Arroyo Seco	21.5500	-99.6667
22041	La Joya, Santa Rosa	20.8000	-100.5500
22042	La Llave, San Juan Del Rio	20.4500	-99.9833
22045	Juriquilla, Querétaro	20.7000	-100.4500
22047	Presa El Capulín, Amealco	20.1333	-100.0500
22049	El Zamorano, Colon	20.9000	-100.2000
22056	Higuerillas, Cadereyta	20.9167	-99.7667
22058	Santa Teresa, Huimilpan	20.4833	-100.3000

A partir de la tabla 3, se conformaron series de datos lluvia máxima anual en 24 horas registradas con pluviómetro para cada estación climatológica.

A manera de ejemplo se muestra en la tabla 4 la serie de datos de lluvia máxima en 24 horas para la estación Amealco (22001) la cual cuenta con un registro de 59 años.

**Tabla 4. Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro de la estación  
Amealco (22001)**

Estación: 22001, Amealco, Amealco					
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1944	36.00	1964	64.50	1984	48.60
1945	28.00	1965	95.80	1985	53.20
1946	18.00	1966	62.00	1986	38.40
1947	16.00	1967	90.00	1987	32.60
1948	23.10	1968	43.00	1988	54.00
1949	16.20	1969	60.00	1989	58.00
1950	25.40	1970	40.00	1990	52.00
1951	19.10	1971	46.50	1991	80.00
1952	24.40	1972	74.00	1992	117.00
1953	23.40	1973	29.50	1993	107.00
1954	32.10	1974	67.00	1994	53.50
1955	25.20	1975	46.50	1995	71.50
1956	32.40	1976	33.00	1996	60.50
1957	21.20	1977	76.00	1997	103.00
1958	29.50	1978	67.00	1998	123.50
1959	18.20	1979	57.50	1999	115.00
1960	32.00	1980	45.00	2000	129.50
1961	15.60	1981	84.20	2001	130.00
1962	44.00	1982	55.30	2002	107.00
1963	47.00	1983	35.40		

De los de los datos de la tabla anterior se realizan los ajustes a la distribución de probabilidad de Gumbel.

## 4.2 Ajuste de distribuciones de probabilidad

El análisis de la precipitación en una región requiere de su distribución probabilística a lo largo del tiempo. En especial, se ha argumentado que la precipitación máxima es satisfactoriamente bien descrita por una distribución de Gumbel (Villón, 2006); por lo tanto las series de lluvias máximas para cada estación fueron ajustadas a dicha distribución.

Para el ajuste de datos de precipitación a la distribución Gumbel se empleó el software AX-win versión 1.5 desarrollado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); en dicho análisis se evaluó el Mínimo Error Estándar y se determinaron los parámetros estadísticos correspondientes a la Media ( $m$ ), Desviación Estándar ( $S$ ), Asimetría ( $g$ ) y Curtosis ( $k$ ) respectivamente; así mismo se realizó la estimación de los parámetros de la función de distribución de probabilidad, utilizando el método de los momentos y máxima verosimilitud. En las tablas 5, 5a y 5b, se muestran a manera de ejemplo los resultados obtenidos para la estación Amealco (22001).

Una vez realizado los ajustes de las series de precipitaciones mediante la distribución de probabilidades de Gumbel, es posible obtener la precipitación máxima para cada periodo de retorno ( $T_r$ ) establecido; en este trabajo se establecieron valores de 2,5,10,25,50 y 100 años.

Siguiendo con la estación en estudio se puede mostrar, para efectos ilustrativos, la tabla 5c.

El procedimiento anterior, correspondiente al ajuste de los datos de precipitación mediante la distribución de probabilidades de Gumbel, fue realizado de manera similar para todas las estaciones climatológicas reportadas en la tabla 3 y sus respectivos análisis son reportados en los anexos B.



### 4.3 Aplicación del método de Cheng

Las curvas IDF de la precipitación para cada estación del estudio se estiman siguiendo la metodología de Cheng (1983) fundamentadas en las ecuaciones (38)-(40).

A continuación se describen los pasos a seguir:

a) Se determina la lluvia de una hora y periodo de retorno de dos años  $P_1^{Tr}$  a partir de la figura del anexo C, utilizando como parámetros de entrada la lluvia media anual y la media anual del número de días de lluvia. Estos datos se muestran en el Anexo A.

b) Se obtiene el cociente lluvia/duración (R) mediante la ecuación (38).

c) Empleando la ecuación (40), se calculan las magnitudes en milímetros (mm), para los diferentes periodos de retorno y duraciones, en dicha ecuación (a), (b) y (c) son parámetros regionales que depende del cociente (R) y son determinados mediante la figura del anexo D.

d) Las láminas de precipitación obtenidas con la ecuación (40) se convierten a intensidades con sus respectivos periodos de retorno.

### 4.4 Curvas IDF regionales

Se elaboraron curvas IDF de cuatro zonas de estudio:

- Región del altiplano central mexicano, empleando datos de todas las estaciones.
- Región de clima templado subhúmedo
- Región de clima seco-semiseco
- Región de clima cálido-semicálido

Cada curva se obtuvo por medio de tres métodos, a continuación descritos y por el ajuste de distribución de probabilidad Gumbel (Momentos) y Gumbel (Máxima Verosimilitud):

#### **4.41 Método 1**

Se determinó la lluvia máxima en 24 horas registrada en todo el historial de en cada una de las estaciones climatológicas reportadas en la tabla 2, por lo tanto para cada estación se obtiene un valor de precipitación máxima-máxima.

Una vez conformada la serie de valores máximos-máximos de precipitación, se vuelven a emplear los pasos establecidos en los incisos 4.2 y 4.3 respectivamente, obteniéndose la curva IDF de manera regional de la zona comprendida por el estudio.

Es importante mencionar que al emplear la ecuación (40) para el cálculo regional de las magnitudes en milímetros (mm), para los diferentes periodos de retorno y duraciones, los parámetros (a), (b) y (c) se determinaron promediando los valores de todas las estaciones involucradas en la zona de estudio, obteniendo así valores regionales.

#### **4.4.2 Método 2**

Se realizó un promedio de las precipitaciones máximas para cada periodo de retorno así como de los parámetros a, b y c de las estaciones comprendidas en la zona de estudio. A manera de ejemplo, se presenta la metodología para la región de clima cálido-semicálido empleando el ajuste Gumbel (Momentos).

a) Selección de estaciones involucradas en la zona de estudio

**Tabla 5. Estaciones en la región de clima cálido-semicálido.**

Clave	Nombre
22002	Ayutla, Arroyo Seco
22007	Jalpan, Jalpan (Dge)
22008	Jalpan, Jalpan (Smn)
22016	San Joaquin (Mineral)
22019	La Lagunita, Landa De Matamoros
22036	Arroyo Seco

b) Promedio de las precipitaciones máximas para cada periodo de retorno

**Tabla 6. Precipitaciones máximas registradas por estación climatológica.**

Estación	22002	22007	22008	22016	22019	22036	
Tr (años)	Precipitación Máxima (mm)						Promedio
2	72.25	64.84	61	74.4	44.82	49.87	61.1967
5	103.89	91.54	90.82	106.26	66.98	73.08	88.7617
10	124.84	109.22	110.56	127.35	81.65	88.45	107.0117
25	151.3	131.56	135.5	154.01	100.18	107.87	130.0700
50	170.94	148.14	154.01	173.78	113.93	122.28	147.1800
100	190.43	164.59	172.38	193.4	127.58	136.58	164.1600

c) Promedio de los parámetros a, b y c

**Tabla 7. Promedio de parámetros a, b y c**

Estación	Gumbel (Momentos)		
	a	b	c
22002	6.00	-0.05	0.45
22007	8.00	1.00	0.51
22008	8.00	1.00	0.51
22016	8.80	1.30	0.51
22019	9.70	1.70	0.52
22036	9.75	1.75	0.53
<b>Promedio</b>	8.38	1.12	0.50

- d) Cálculo de R (Cociente lluvia-duración) a partir del promedio de los parámetros a, b y c. Es decir, en la figura del anexo D entramos con el promedio de los parámetros a, b y c y obtenemos un cociente R aproximado.
- e) Empleando la ecuación (40), se calculan las magnitudes en milímetros (mm), para los diferentes periodos de retorno y duraciones.
- f) Las láminas de precipitación obtenidas con la ecuación (40) se convierten a intensidades con sus respectivos periodos de retorno.

#### 4.4.3 Método 3

Se elaboraron las curvas IDF para cierta región haciendo un promedio de intensidades para cada duración y periodo de retorno, de las estaciones de la zona en estudio. A manera de ejemplo, se muestra la metodología para la región de clima templado subhúmedo por el ajuste Gumbel (Momentos).

- a) Promedio de intensidades para cada duración y periodo de retorno de las estaciones en la zona de estudio.

**Tabla 8. Promedio de intensidades para Tr= 2 años**

Estación	22001	22015	22025	22032	22033	22047	22049	
Duración (min)	Intensidad (mm/hr)							Promedio
5	45.3826	44.3994	36.1404	45.9930	49.7966	50.6556	40.2592	44.6610
10	32.5967	33.1519	26.9177	34.7276	37.2232	37.9470	30.2824	33.2638
20	22.6759	23.9455	19.6939	25.1348	26.9413	27.4652	21.9177	23.9677
30	18.1702	19.6029	16.3238	20.5324	22.0886	22.5013	17.9301	19.5928
60	12.3263	13.7842	11.7865	14.3298	15.5776	15.8351	12.5655	13.7436
120	8.3047	9.6208	8.4808	9.8969	10.9072	11.0570	8.7258	9.5705

**Tabla 9. Promedio de intensidades para Tr= 5 años**

Estación	22001	22015	22025	22032	22033	22047	22049	
Duración (min)	Intensidad (mm/hr)							Promedio
5	64.1928	65.1870	44.3071	55.2988	62.5251	65.9249	56.1322	59.0811
10	46.1075	48.6736	33.0003	41.7541	46.7379	49.3855	42.2219	43.9829
20	32.0746	35.1568	24.1442	30.2203	33.8277	35.7441	30.5592	31.6753
30	25.7013	28.7809	20.0125	24.6867	27.7347	29.2840	24.9994	25.8857
60	17.4353	20.2380	14.4499	17.2292	19.5593	20.6083	17.5196	18.1485
120	11.7469	14.1253	10.3972	11.8994	13.6952	14.3899	12.1662	12.6314

**Tabla 10. Promedio de intensidades para Tr= 10 años**

Estación	22001	22015	22025	22032	22033	22047	22049	
Duración (min)	Intensidad (mm/hr)							Promedio
5	78.4221	80.9122	50.4850	62.3384	72.1538	77.4756	68.1397	69.9896
10	56.3279	60.4152	37.6016	47.0694	53.9354	58.0384	51.2537	52.0917
20	39.1845	43.6377	27.5107	34.0674	39.0371	42.0068	37.0962	37.5058
30	31.3985	35.7238	22.8030	27.8294	32.0058	34.4149	30.3471	30.6460
60	21.3001	25.1200	16.4647	19.4225	22.5714	24.2192	21.2673	21.4808
120	14.3507	17.5328	11.8470	13.4142	15.8042	16.9111	14.7687	14.9470

**Tabla 11. Promedio de intensidades para Tr= 25 años**

Estación	22001	22015	22025	22032	22033	22047	22049	
Duración(min)	Intensidad (mm/hr)							Promedio
5	97.2323	101.6999	58.6517	71.6442	84.8823	92.7449	84.0127	84.4097
10	69.8386	75.9369	43.6842	54.0959	63.4500	69.4769	63.1932	62.8108
20	48.5832	54.8489	31.9609	39.1529	45.9236	50.2857	45.7377	45.2133
30	38.9296	44.9018	26.4917	31.9837	37.6518	41.1975	37.4164	36.9389
60	26.4091	31.5738	19.1282	22.3219	26.5532	28.9924	26.2215	25.8857
120	17.7929	22.0372	13.7634	15.4166	18.5922	20.2441	18.2090	18.0079

**Tabla 12. Promedio de intensidades para Tr= 50 años**

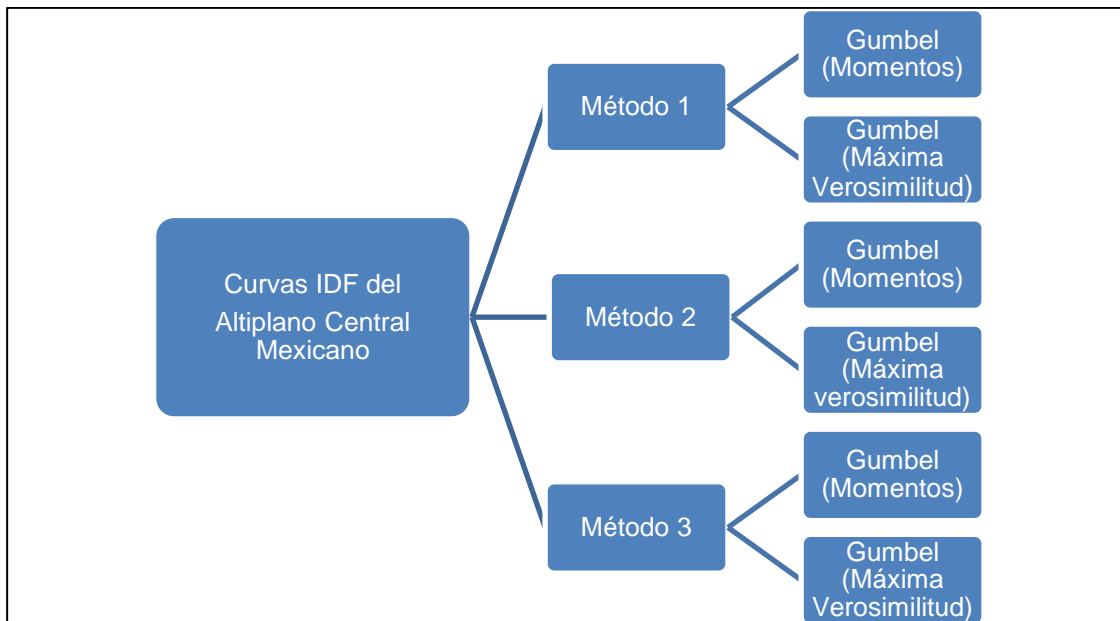
Estación	22001	22015	22025	22032	22033	22047	22049	
Duración (min)	Intensidad (mm/hr)							Promedio
5	111.4617	117.4251	64.8296	78.6838	94.5110	104.2957	96.0202	95.3182
10	80.0591	87.6785	48.2856	59.4112	70.6475	78.1297	72.2250	70.9195
20	55.6931	63.3299	35.3274	43.0000	51.1330	56.5485	52.2747	51.0438
30	44.6268	51.8447	29.2821	35.1264	41.9229	46.3284	42.7642	41.6993
60	30.2739	36.4558	21.1430	24.5152	29.5653	32.6032	29.9692	29.2179
120	20.3968	25.4447	15.2131	16.9314	20.7012	22.7653	20.8115	20.3234

b) Se hace un concentrado de promedio de intensidades y se grafican las curvas IDF para la zona de clima templado subhúmedo.

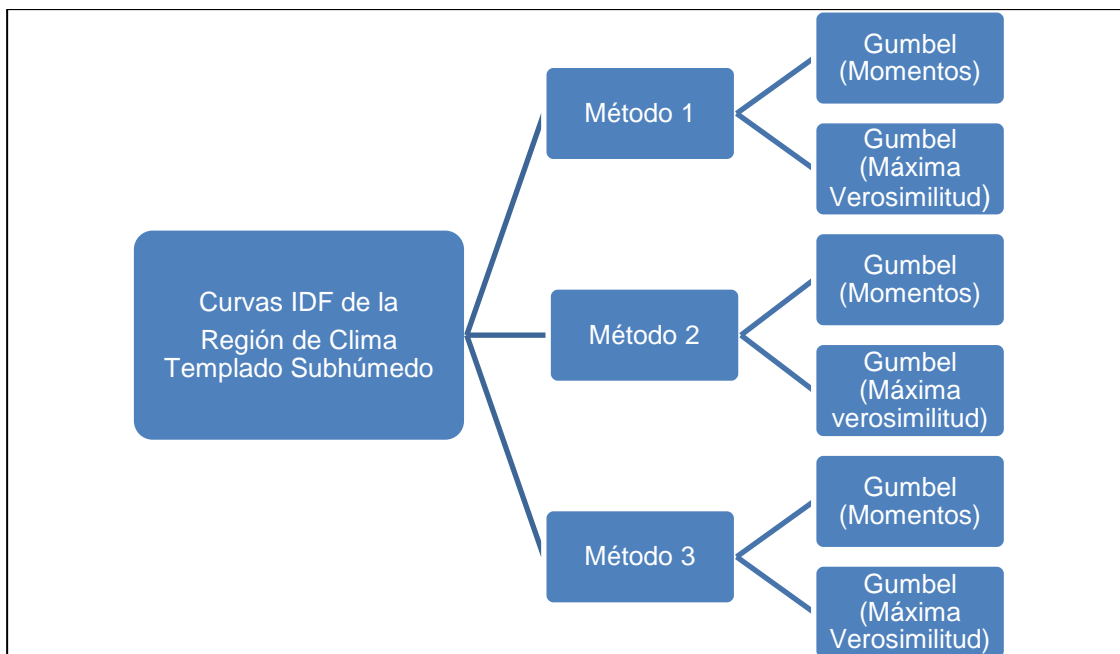
**Tabla 13. Promedio de intensidades para Tr= 2, 5, 10, 25 y 50 años.**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	44.66	33.26	23.97	19.59	13.74	9.57
5	59.08	43.98	31.68	25.89	18.15	12.63
10	69.99	52.09	37.51	30.65	21.48	14.95
25	84.41	62.81	45.21	36.94	25.89	18.01
50	95.32	70.92	51.04	41.70	29.22	20.32

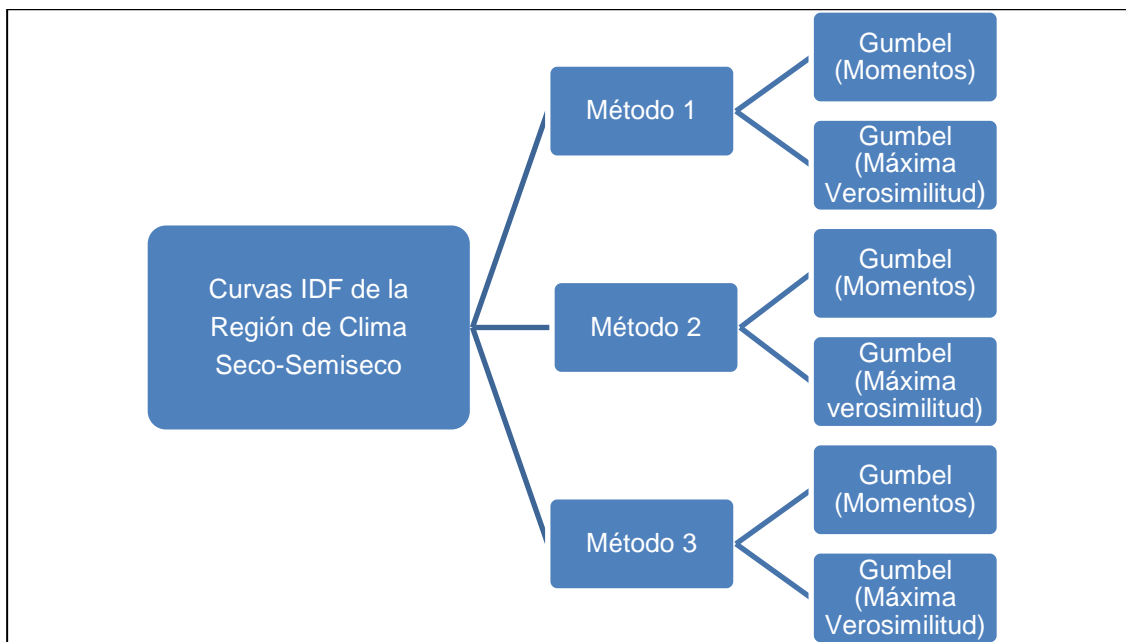
En resumen, de los métodos empleados para obtener curvas IDF regionales tenemos:



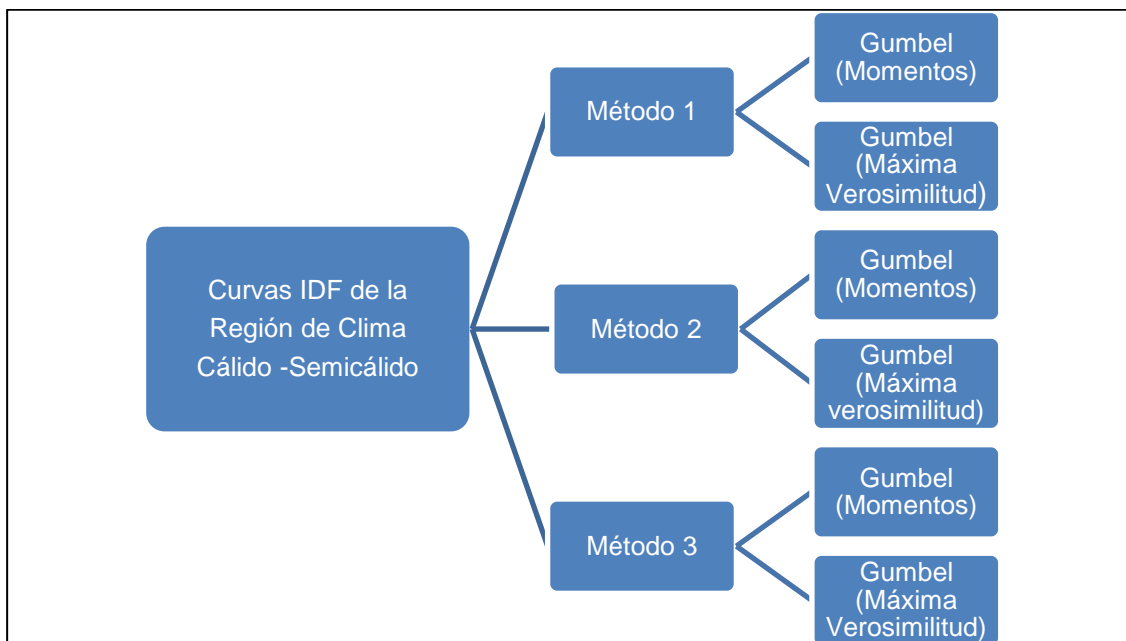
**Figura 3. Métodos para la elaboración de curvas IDF del Altiplano Central Mexicano.**



**Figura 4. Métodos para la elaboración de curvas IDF de la Región de clima Templado Subhúmedo**



**Figura 5. Métodos para la elaboración de curvas IDF de la Región de clima Seco-Semiseco.**



**Figura 6. Métodos para la elaboración de curvas IDF de la Región de clima Cálido-Semicálido.**



## 5. RESULTADOS

### 5.1 Curvas IDF de cada estación climatológica

Para mostrar los resultados obtenidos en las estaciones climatológicas del estudio, se tomará el análisis de la estación Amealco (22001); el resto de los análisis son referenciados en los anexos B.

En la tabla 14 se tienen los valores del Mínimo Error Estándar, empleando la distribución de probabilidad de Gumbel, utilizando como métodos de estimación de parámetros el de momentos y máxima verosimilitud, en el caso de la estación Amealco (22001), se tiene que el resultado más adecuado para el Error Mínimo Estándar es mediante la aplicación del método de Momentos. Es importante resaltar que no siempre el método de los momentos proporciona el Mínimo Error Estándar, como se puede observar en los ajustes de los datos de precipitación correspondientes a la estación Ayutla (22002) (Ver Anexo B1).

En la tabla 14a. Se reportan los parámetros estadísticos como la Media ( $m$ ), Desviación Estándar ( $S$ ), Asimetría ( $g$ ) y Curtosis ( $k$ ) respectivamente, los cuales son importantes en la estimación de los parámetros alfa ( $a$ ) y beta ( $b$ ) de la función de distribución de probabilidades, en este caso la Gumbel. Los parámetros  $a$  y  $b$  son reportados en la tabla 14b.

**Tabla 14. Mínimo error estándar.**

<b>Función</b>	<b>Momentos</b>	<b>Máxima Verosimilitud</b>
Gumbel	5.417	6.454
Mínimo error estándar:	5.417	
Calculado por la función:	Gumbel (Momentos)	

**Tabla 14a. Parámetros estadísticos de la muestra.**

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu =$	54.802
$\sigma =$	31.586
$\gamma =$	0.887
$\kappa =$	3.031

**Tabla 14b. Parámetros de la función.**

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0406	0.0432
Beta	40.5879	40.6271

En la tabla 15 se muestran los datos de lluvia calculados para cada periodo de retorno establecido para este análisis; dichos datos se obtuvieron mediante el método de Momentos y Máxima Verosimilitud con la finalidad de evaluar cuál proporcionaba mejores resultados; se aprecia que los valores son muy similares, por lo cual al aplicar la ecuación (40) los valores de precipitación no varían considerablemente, como se puede observar en las tablas 16 y 18, este mismo comportamiento sucede al convertir los valores de láminas de precipitación a intensidades máximas de lluvia, como se reporta en las tablas 17 y 19.

**Tabla 15. Precipitaciones máximas por periodo de retorno (Método Gumbel)**

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	49.61	49.1
5	77.53	75.31
10	96.01	92.67
25	119.36	114.6
50	136.69	130.86
100	153.88	147.01

**Tabla 16. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.78	5.43	7.56	9.09	12.33	16.61
5	5.35	7.68	10.69	12.85	17.44	23.49
10	6.54	9.39	13.06	15.70	21.30	28.70
25	8.10	11.64	16.19	19.46	26.41	35.59
50	9.29	13.34	18.56	22.31	30.27	40.79

**Tabla 17. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	45.38	32.60	22.68	18.17	12.33	8.30
5	64.19	46.11	32.07	25.70	17.44	11.75
10	78.42	56.33	39.18	31.40	21.30	14.35
25	97.23	69.84	48.58	38.93	26.41	17.79
50	111.46	80.06	55.69	44.63	30.27	20.40

**Tabla 18. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	4.00	6.03	8.75	10.74	15.07	20.94
5	5.69	8.58	12.44	15.28	21.44	29.78
10	6.95	10.48	15.20	18.67	26.19	36.39
25	8.61	13.00	18.85	23.15	32.47	45.11
50	9.87	14.90	21.61	26.53	37.22	51.72

**Tabla 19. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	47.97	36.19	26.25	21.49	15.07	10.47
5	68.23	51.48	37.33	30.56	21.44	14.89
10	83.35	62.89	45.61	37.34	26.19	18.19
25	103.35	77.97	56.55	46.29	32.47	22.56
50	118.47	89.38	64.82	53.07	37.22	25.86

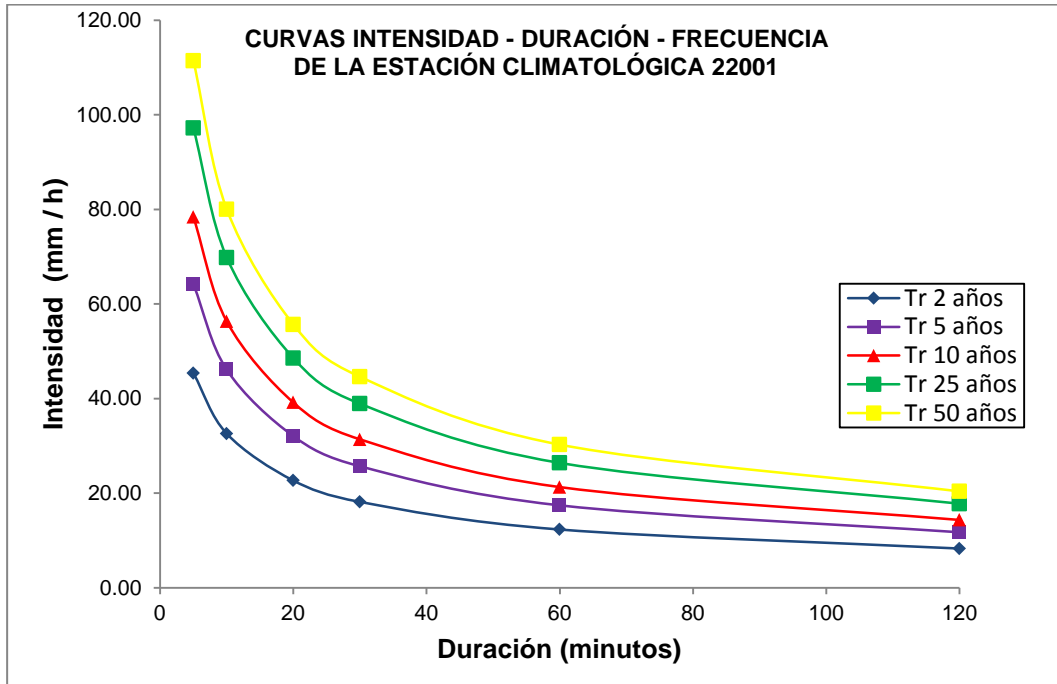
En las tablas anteriores 16 y 18, se tienen los valores máximos de precipitación, obtenidos con la ecuación (40) para periodos de retorno de 2,5,10,25 y 50 años, y sus respectivas duraciones, que van desde los 5 hasta los 120 minutos debido a que es el tiempo máximo promedio de un evento de lluvia en la zona del estudio. También se puede observar que a menor duración se tienen mayores valores de precipitación siendo esto un comportamiento típico de una curva IDF. Así mismo se menciona que a mayor periodo de retorno de obtienen magnitudes mayores en las precipitaciones.

En las tablas 17 y 19, correspondientes a intensidad de precipitaciones, las magnitudes de los valores en (mm/h) presentan el mismo comportamiento.

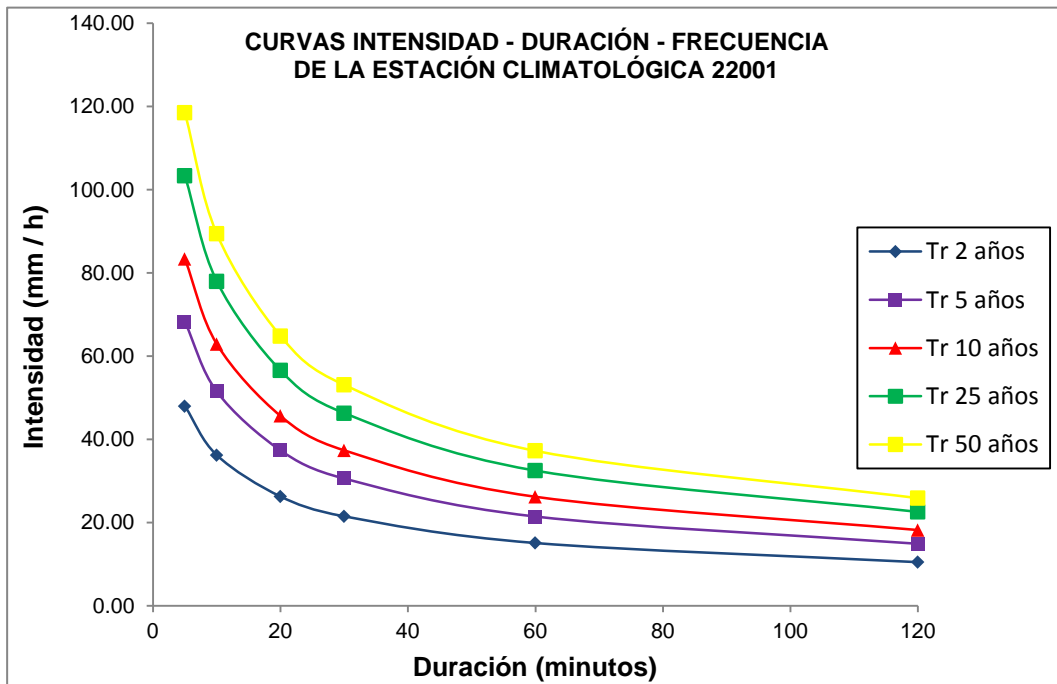
En la tabla del Anexo A se reportan los días de lluvia en promedio anual, ese dato es utilizado en el desarrollo del método de Cheng (1983), con los cual se obtiene la precipitación para una hora y un periodo de retorno de 2 años ( $P_1^{Tr}$ ), como se explicó en la metodología.

En las siguientes figura, 7 y 8, se tienen las curvas IDF para la estación en mención.

**Figura 7. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Figura 8. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## 5.2 Curvas IDF del Altiplano Central Mexicano

### 5.2.1 Método 1

En la tabla 20, se reportan las precipitaciones máximas-máximas en 24 horas utilizadas para la obtención de la relación intensidad – duración – frecuencia de manera regional, se tienen 26 valores máximos-máximos, obtenidos de los registros de cada estación climatológica de la tabla 3. El rango de valores va desde los 75 a los 240 milímetros de lluvia.

**Tabla 20. Precipitación máxima-máxima en 24 horas para cada estación climatológica.**

Estación	Precipitación Máxima-Máxima en 24 Horas (mm)	Estación	Precipitación Máxima-Máxima en 24 Horas (mm)
22001	130.00	22030	91.00
22002	162.50	22032	79.10
22005	148.50	22033	107.00
22006	84.00	22034	80.00
22007	173.20	22035	136.00
22008	187.00	22036	106.00
22009	106.30	22041	80.30
22011	195.00	22042	90.00
22015	240.00	22045	80.50
22016	160.00	22047	146.00
22019	101.00	22049	111.40
22022	86.50	22056	80.70
22025	90.50	22058	90.00

**Tabla 21. Mínimo error estándar.**

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
Gumbel	13.322	17.753
Mínimo error estándar:	13.322	
Calculado por la función:	Gumbel (Momentos)	

**Tabla 21a. Parámetros estadísticos de la muestra.**

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu =$	114.431
$\sigma =$	44.327
$\gamma =$	1.326
$\kappa =$	4.004

**Tabla 21b. Parámetros de la función.**

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0289	0.0366
Beta	94.4842	95.3988

**Tabla 22. Precipitaciones máximas por periodo de retorno (Método Gumbel)**

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	107.15	105.41
5	146.33	136.38
10	172.26	156.89
25	205.04	182.79
50	229.35	202.01
100	253.48	221.09

Para la aplicación del método de Cheng se realizó un promedio de los parámetros a, b y c obtenidos en cada estación climatológica, el cual se muestra en la tabla 23.

**Tabla 23. Promedio de los parámetros a, b y c**

Estación	Gumbel Momentos			Gumbel Máxima Verosimilitud		
	a	b	c	a	b	c
22001	10.00	1.50	0.58	10.50	2.30	0.54
22002	6.00	-0.05	0.45	7.30	0.20	0.45
22005	8.00	1.50	0.58	10.80	2.40	0.55
22006	8.00	1.00	0.51	8.50	1.00	0.50
22007	8.00	1.00	0.51	9.00	1.40	0.51
22008	8.00	1.00	0.51	9.00	1.40	0.51
22009	7.00	0.50	0.51	7.40	0.20	0.46
22011	8.80	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22015	9.80	1.80	0.53	10.00	1.90	0.53
22016	8.80	1.30	0.51	9.00	1.40	0.51
22019	9.70	1.70	0.52	9.75	1.75	0.53
22022	9.00	1.30	0.51	8.50	1.00	0.50
22024	8.50	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22025	8.40	0.90	0.48	8.00	0.70	0.48
22030	10.00	1.90	0.53	10.00	1.90	0.53
22032	11.00	2.50	0.55	11.00	2.50	0.55
22033	9.75	1.75	0.53	9.75	1.75	0.53
22034	8.50	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22035	8.50	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22036	9.75	1.75	0.53	9.75	1.75	0.53
22041	10.00	1.90	0.53	10.00	1.90	0.53
22042	7.40	0.20	0.46	7.40	0.20	0.46
22045	9.00	1.50	0.51	9.00	1.40	0.51
22047	10.00	1.90	0.53	10.00	1.90	0.53
22049	10.50	2.20	0.54	10.50	2.20	0.54
22056	8.50	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22058	8.00	0.70	0.48	7.60	0.40	0.47
<b>Promedio</b>	<b>8.85</b>	<b>1.29</b>	<b>0.51</b>	<b>9.08</b>	<b>1.35</b>	<b>0.51</b>

Se puede observar en las tablas 24 y 27, los valores de precipitaciones máximas por el método de momentos y máxima verosimilitud para la elaboración de la curva IDF regional.



**Tabla 24. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	7.67	11.38	16.47	20.30	28.82	40.69
5	9.81	14.57	21.08	25.98	36.88	52.08
10	11.44	16.98	24.57	30.28	42.98	60.69
25	13.58	20.16	29.18	35.96	51.05	72.08
50	15.21	22.57	32.66	40.26	57.15	80.69

**Tabla 25. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	92.02	68.29	49.41	40.60	28.82	20.35
5	117.78	87.40	63.24	51.97	36.88	26.04
10	137.26	101.85	73.70	60.56	42.98	30.35
25	163.01	120.97	87.53	71.92	51.05	36.04
50	182.50	135.42	97.99	80.52	57.15	40.35

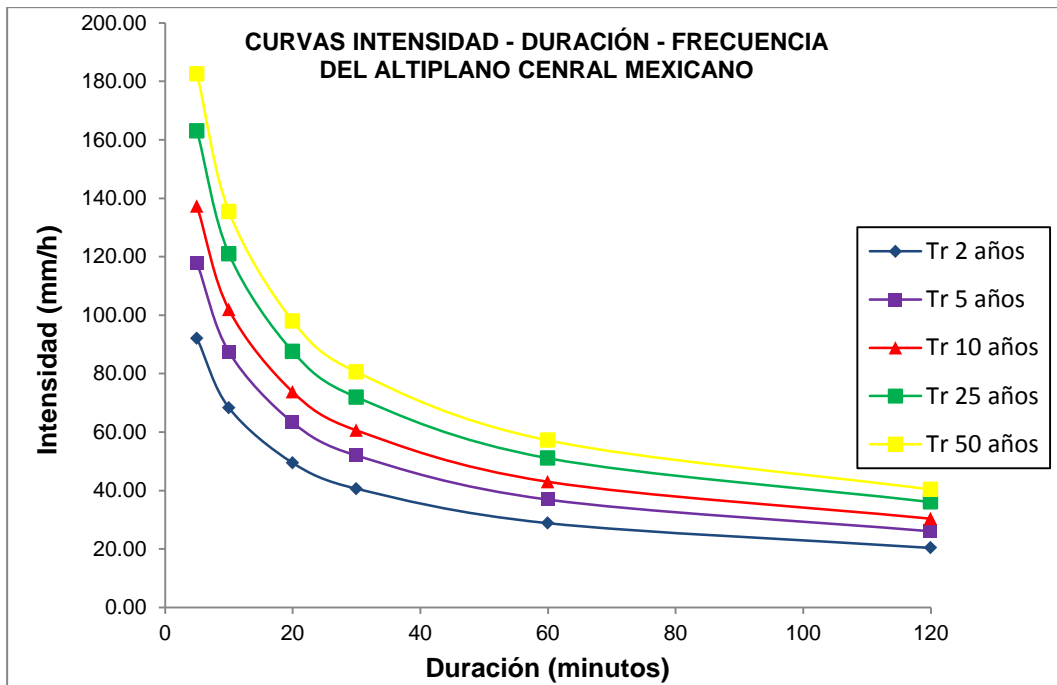
**Tabla 26. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	7.10	10.56	15.30	18.87	26.79	37.84
5	8.72	12.97	18.79	23.17	32.90	46.47
10	9.94	14.79	21.43	26.42	37.53	53.00
25	11.56	17.20	24.92	30.73	43.64	61.63
50	12.79	19.02	27.56	33.98	48.26	68.16

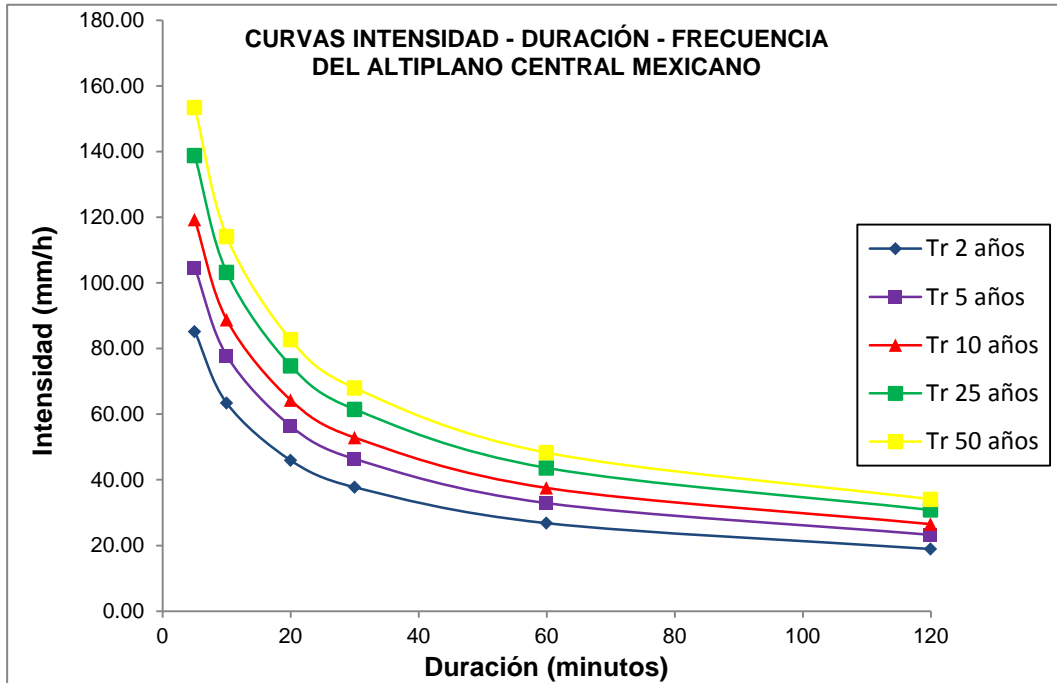
**Tabla 27. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	85.19	63.35	45.90	37.73	26.79	18.92
5	188.76	157.30	120.76	99.73	68.29	44.64
10	211.14	175.94	135.08	111.55	76.38	49.93
25	240.72	200.59	154.00	127.18	87.08	56.92
50	263.09	219.23	168.32	139.00	95.18	62.21

**Figura 9. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Figura 10. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



**5.2.2 Método 2**

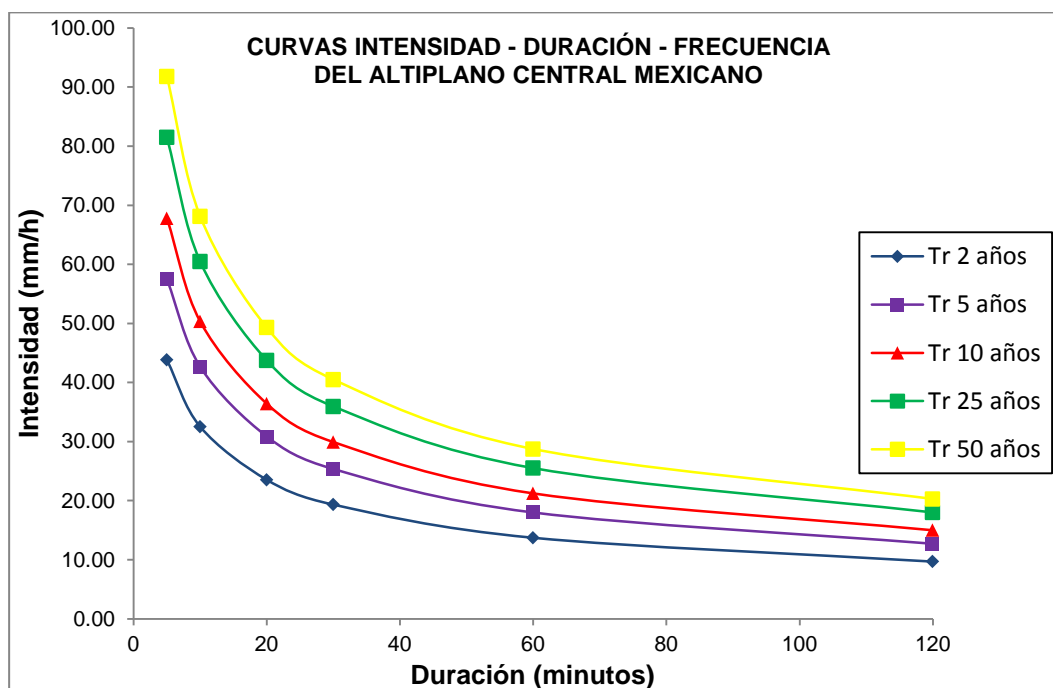
**Tabla 28. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.65	5.42	7.84	9.67	13.72	19.37
5	4.79	7.11	10.29	12.68	18.00	25.41
10	5.65	8.39	12.14	14.96	21.23	29.98
25	6.79	10.08	14.58	17.97	25.51	36.02
50	7.65	11.35	16.43	20.25	28.75	40.59

**Tabla 29. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	43.81	32.51	23.52	19.33	13.72	9.69
5	57.47	42.65	30.86	25.36	18.00	12.71
10	67.81	50.32	36.41	29.92	21.23	14.99
25	81.47	60.45	43.74	35.94	25.51	18.01
50	91.80	68.12	49.29	40.50	28.75	20.30

**Figura 11. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



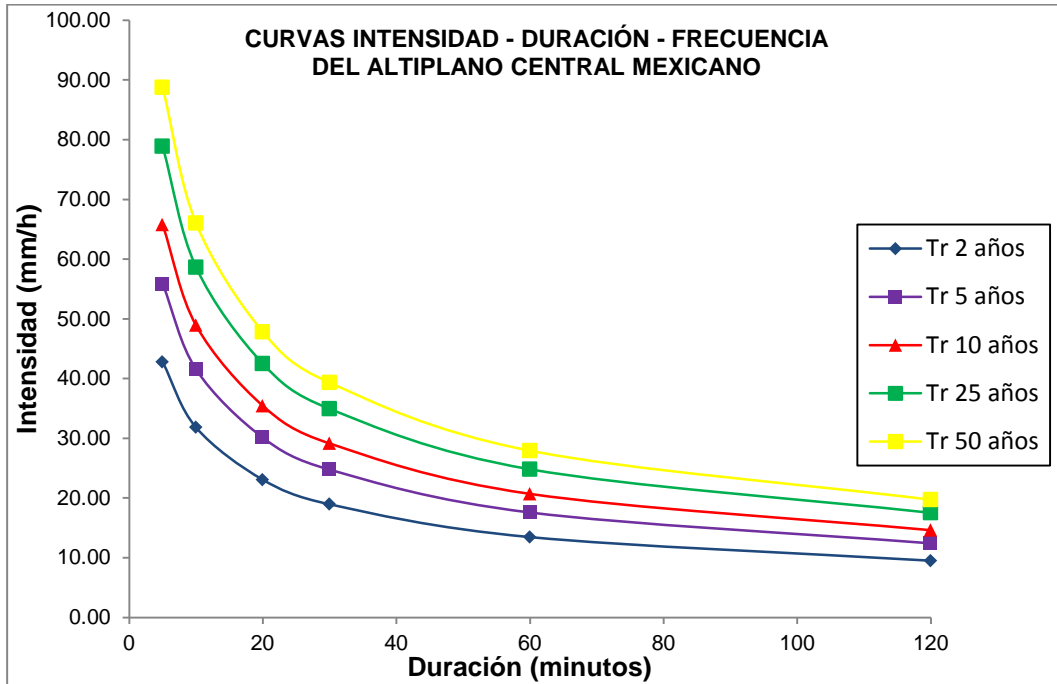
**Tabla 30. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.57	5.30	7.68	9.48	13.46	19.01
5	4.66	6.93	10.04	12.38	17.57	24.82
10	5.48	8.15	11.81	14.57	20.69	29.22
25	6.57	9.78	14.17	17.47	24.81	35.04
50	7.40	11.00	15.95	19.66	27.92	39.44

**Tabla 31. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	42.78	31.82	23.05	18.95	13.46	9.50
5	55.88	41.55	30.11	24.75	17.57	12.41
10	65.78	48.92	35.44	29.14	20.69	14.61
25	78.88	58.66	42.50	34.94	24.81	17.52
50	88.78	66.02	47.84	39.32	27.92	19.72

**Figura 12. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

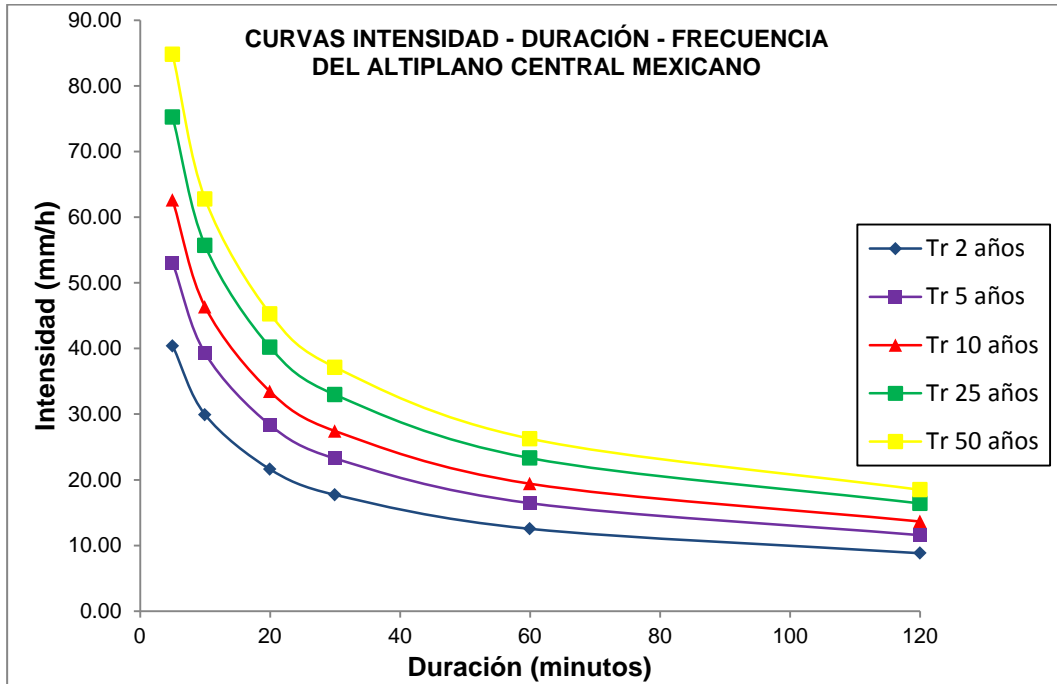


### 5.2.3. Método 3

**Tabla 32. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	40.40	29.91	21.59	17.71	12.53	8.82
5	53.04	39.26	28.33	23.24	16.44	11.57
10	62.59	46.34	33.43	27.42	19.39	13.65
25	75.23	55.69	40.18	32.95	23.30	16.40
50	84.79	62.76	45.28	37.13	26.26	18.48

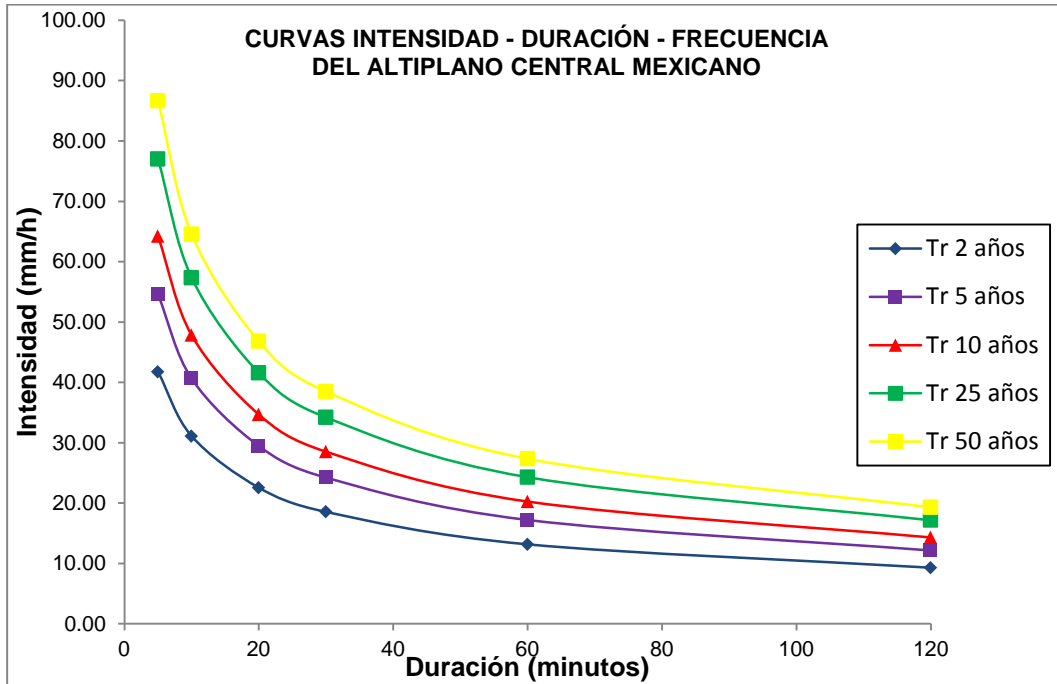
**Figura 13. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



**Tabla 33. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	41.76	31.10	22.55	18.55	13.17	9.30
5	54.55	40.62	29.46	24.23	17.21	12.15
10	64.22	47.82	34.68	28.52	20.26	14.31
25	77.00	57.34	41.59	34.20	24.29	17.16
50	86.67	64.54	46.81	38.49	27.34	19.31

**Figura 14. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



### 5.3 Curvas IDF de la Región de Clima Templado Subhúmedo.

**Tabla 34. Estaciones climatológicas en la región de clima templado subhúmedo.**

Clave	Nombre	Latitud	Longitud
22001	Amealco, Amealco	20.1833	-100.1500
22015	San Juan Del Río (SMN)	20.3833	-100.0000
22025	Presa Centenario, San Juan Del Río	20.5167	-99.9000
22032	Presa Constitución 1917, San Juan Del Río	20.5000	-100.0500
22033	San Pablo, Amealco	20.2333	-99.9333
22047	Presa El Capulín, Amealco	20.1333	-100.0500
22049	El Zamorano, Colón	20.9000	-100.2000



### 5.3.1 Método 1

**Tabla 35. Promedio de los parámetros a, b y c.**

Estación	Gumbel Momentos			Gumbel Máxima Verosimilitud		
	a	b	C	a	b	c
22001	10	1.5	0.58	10.5	2.3	0.54
22015	9.8	1.8	0.53	10	1.9	0.53
22025	8.4	0.9	0.48	8	0.7	0.48
22032	11	2.5	0.55	11	2.5	0.55
22033	9.75	1.75	0.525	9.75	1.75	0.525
22047	10	1.9	0.53	10	1.9	0.53
22049	10.5	2.2	0.54	10.5	2.2	0.54
<b>Promedio</b>	<b>9.92</b>	<b>1.79</b>	<b>0.53</b>	<b>9.96</b>	<b>1.89</b>	<b>0.53</b>

**Tabla 36. Precipitación máxima-máxima en 24 horas para cada estación climatológica.**

Estación	Precipitación Máxima-Máxima en 24 Horas (mm)
22001	130.00
22015	240.00
22025	90.50
22032	79.10
22033	107.00
22047	146.00
22049	111.40

**Tabla 37. Mínimo error estándar.**

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
Gumbel	23.806	30.790
Mínimo error estándar:		
		23.806
Calculado por la función:		
		Gumbel (Momentos)

**Tabla 37a. Parámetros estadísticos de la muestra.**

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu =$	129.143
$\sigma =$	53.816
$\gamma =$	1.748
$\kappa =$	7.787

**Tabla 37b. Parámetros de la función.**

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0238	0.0313
Beta	104.9257	108.0714

**Tabla 38. Precipitaciones máximas por periodo de retorno  
(Método Gumbel)**

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	120.31	119.77
5	167.87	155.96
10	199.35	179.91
25	239.14	210.18
50	268.66	232.64
100	297.96	254.93

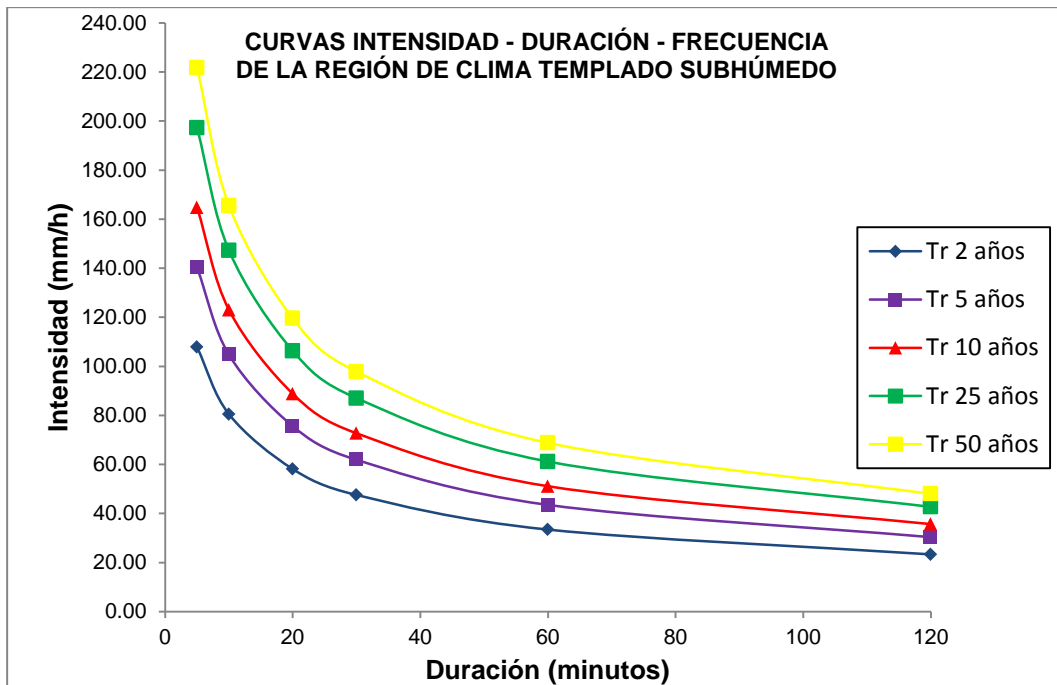
**Tabla 39. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	8.99	13.41	19.37	23.79	33.45	46.69
5	11.69	17.45	25.20	30.94	43.52	60.74
10	13.73	20.50	29.61	36.36	51.13	71.37
25	16.44	24.54	35.44	43.52	61.19	85.42
50	18.48	27.59	39.85	48.93	68.81	96.05

**Tabla 40. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	107.82	80.48	58.12	47.58	33.45	23.35
5	140.26	104.70	75.61	61.89	43.52	30.37
10	164.80	123.01	88.83	72.72	51.13	35.68
25	197.24	147.23	106.32	87.03	61.19	42.71
50	221.78	165.55	119.55	97.86	68.81	48.02

**Figura 15. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



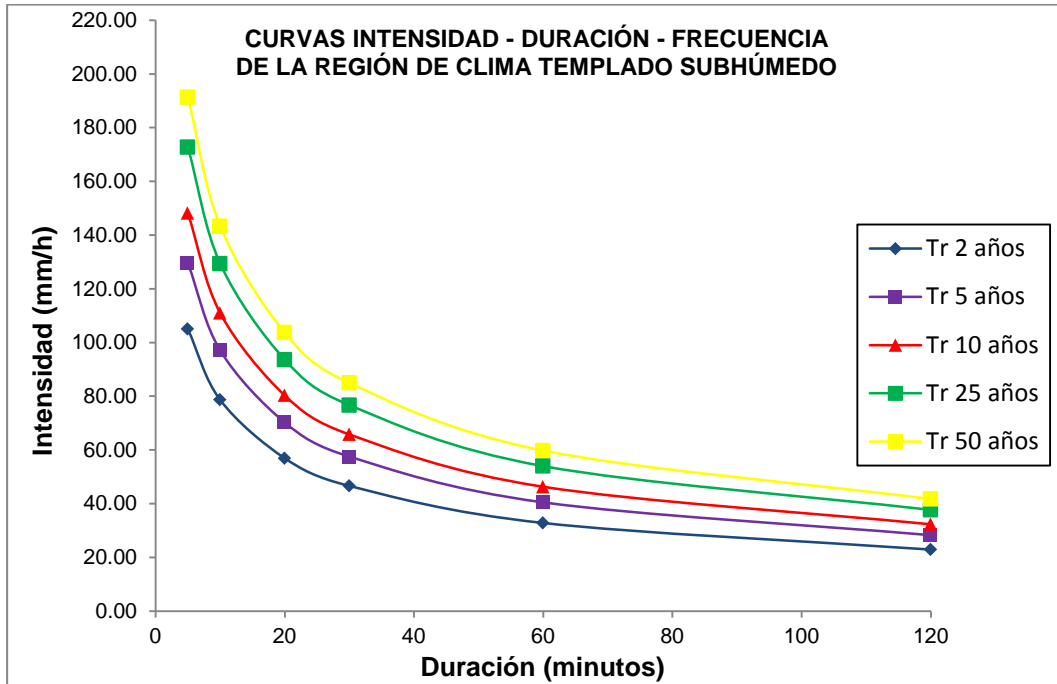
**Tabla 41. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	8.75	13.10	18.97	23.30	32.80	45.80
5	10.80	16.17	23.41	28.76	40.48	56.53
10	12.35	18.49	26.77	32.89	46.29	64.64
25	14.40	21.56	31.21	38.35	53.97	75.37
50	15.95	23.89	34.57	42.48	59.78	83.48

**Tabla 42. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	104.99	78.62	56.90	46.61	32.80	22.90
5	129.58	97.04	70.22	57.52	40.48	28.26
10	148.18	110.97	80.30	65.78	46.29	32.32
25	172.77	129.38	93.62	76.70	53.97	37.68
50	191.37	143.31	103.70	84.95	59.78	41.74

**Figura 16. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



### 5.3.2 Método 2

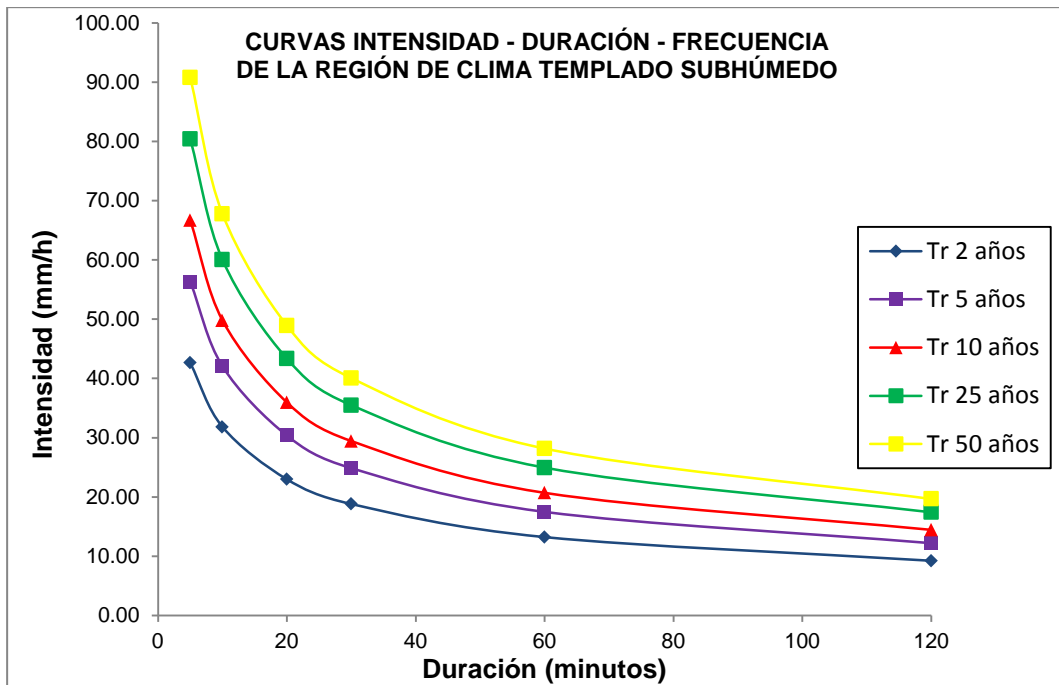
**Tabla 43. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.55	5.30	7.66	9.40	13.22	18.46
5	4.69	7.01	10.12	12.43	17.48	24.39
10	5.56	8.30	11.98	14.72	20.69	28.88
25	6.70	10.00	14.45	17.74	24.95	34.82
50	7.57	11.29	16.31	20.03	28.16	39.31

**Tabla 44. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	42.62	31.81	22.97	18.80	13.22	9.23
5	56.33	42.04	30.36	24.85	17.48	12.20
10	66.70	49.79	35.95	29.43	20.69	14.44
25	80.41	60.02	43.34	35.48	24.95	17.41
50	90.78	67.76	48.93	40.06	28.16	19.66

**Figura 17. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



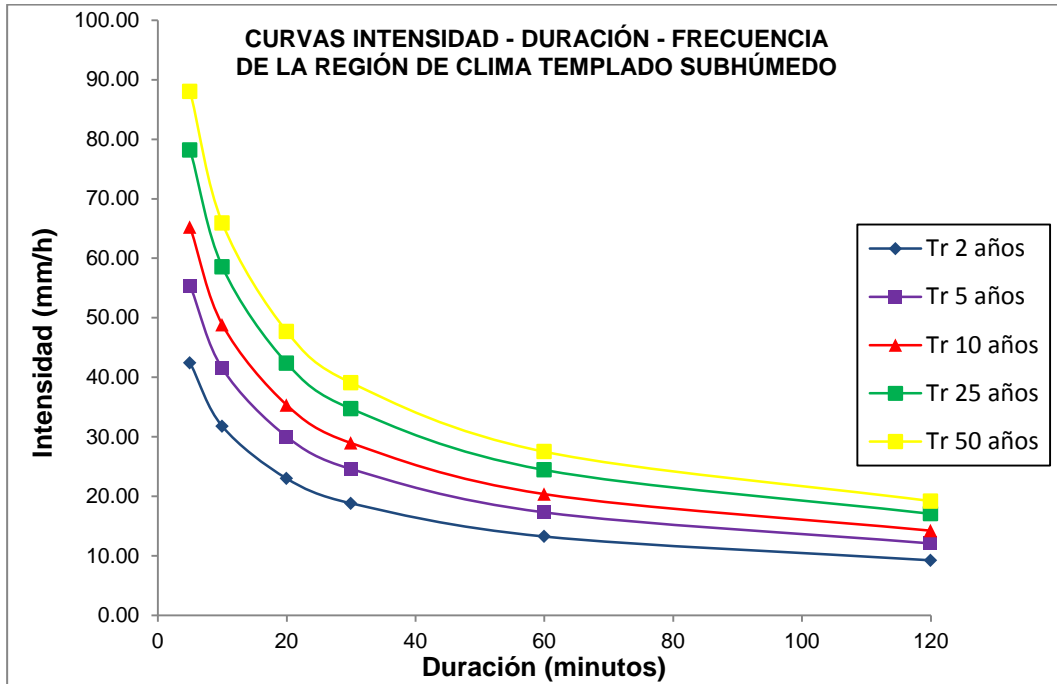
**Tabla 45. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.53	5.29	7.66	9.41	13.24	18.49
5	4.61	6.91	10.00	12.29	17.30	24.16
10	5.43	8.14	11.78	14.47	20.37	28.44
25	6.52	9.76	14.12	17.35	24.42	34.11
50	7.33	10.98	15.90	19.53	27.49	38.39

**Tabla 46. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	42.39	31.75	22.97	18.82	13.24	9.25
5	55.38	41.47	30.01	24.58	17.30	12.08
10	65.20	48.83	35.33	28.94	20.37	14.22
25	78.18	58.55	42.37	34.71	24.42	17.05
50	88.01	65.91	47.69	39.07	27.49	19.20

**Figura 18. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



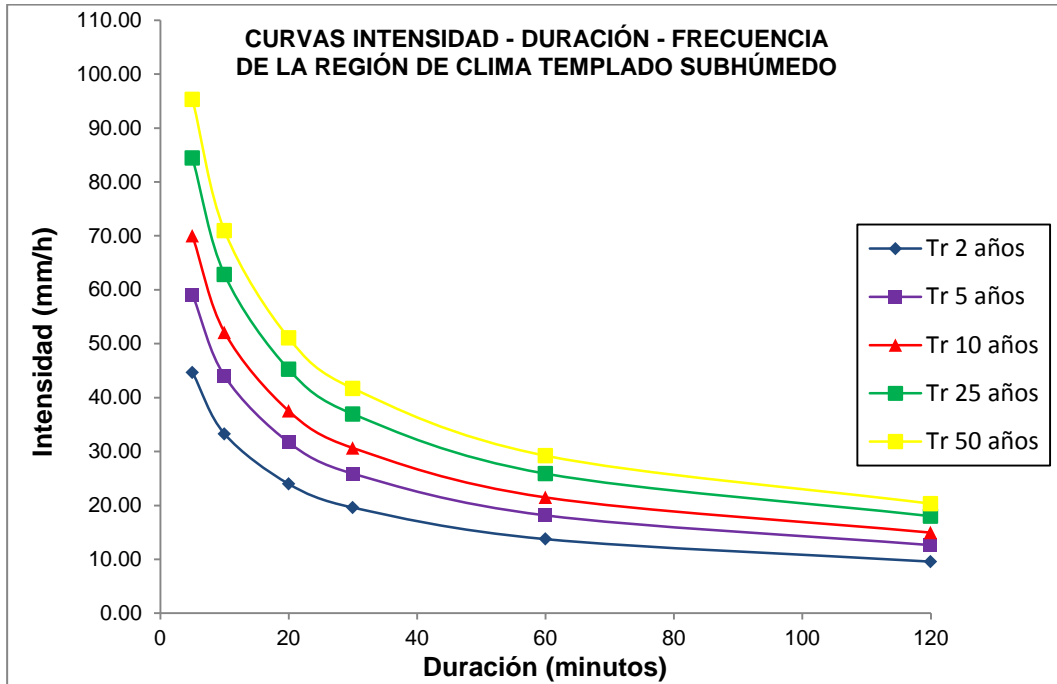
### 5.3.3 Método 3

**Tabla 47. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	44.66	33.26	23.97	19.59	13.74	9.57
5	59.08	43.98	31.68	25.89	18.15	12.63
10	69.99	52.09	37.51	30.65	21.48	14.95
25	84.41	62.81	45.21	36.94	25.89	18.01
50	95.32	70.92	51.04	41.70	29.22	20.32



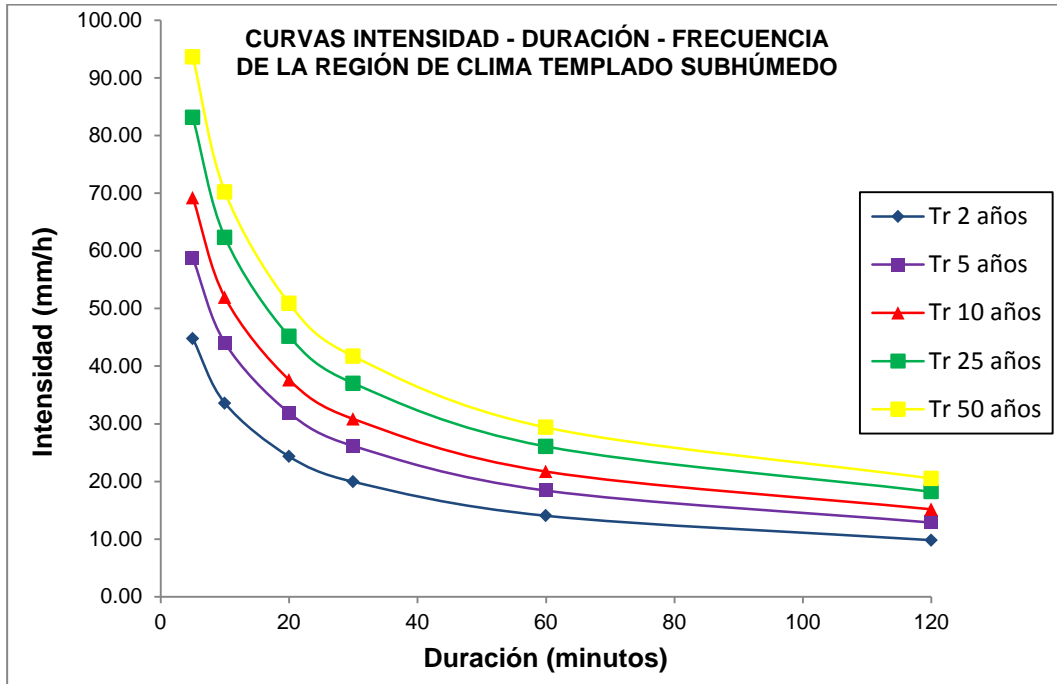
**Figura 19. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



**Tabla 48. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	44.77	33.57	24.32	19.94	14.04	9.81
5	58.71	44.02	31.90	26.14	18.41	12.87
10	69.22	51.91	37.61	30.83	21.71	15.17
25	83.13	62.34	45.17	37.02	26.07	18.21
50	93.64	70.23	50.88	41.71	29.37	20.52

**Figura 20. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## 5.4 Curvas IDF de la Región de Clima Seco-Semiseco.

**Tabla 49. Estaciones climatológicas en la región de clima seco-semiseco.**

Clave	Nombre	Latitud	Longitud
22005	El Doctor, Cadereyta	20.8500	-99.6000
22006	V.Pueblito, Corregidora	20.5333	-100.4500
22009	La Palma, Pedro Escobedo	20.5167	-100.1833
22011	Pedro Escobedo	20.5000	-100.1333
22022	San Juan Del Rio (Dge)	20.3833	-100.0000
22030	Palmillas, San Juan Del Rio	20.3333	-99.9333
22034	Villa Bernal, Ezequiel Montes	20.7333	-99.9500
22035	Vizarron, Cadereyta	20.8333	-99.7833
22041	La Joya, Santa Rosa	20.8000	-100.5500
22042	La Llave, S.Juan Del Rio	20.4500	-99.9833
22045	Juriquilla, Queretaro	20.7000	-100.4500
22056	Higuerillas, Cadereyta	20.9167	-99.7667
22058	Santa Teresa, Huimilpan	20.4833	-100.3000

### 5.4.1 Método 1

**Tabla 50. Promedio de los parámetros a, b y c.**

Estación	Gumbel Momentos			Gumbel Máxima Verosimilitud		
	a	b	c	a	b	c
22005	8.00	1.50	0.58	10.80	2.40	0.55
22006	8.00	1.00	0.51	8.50	1.00	0.50
22009	7.00	0.50	0.51	7.40	0.20	0.46
22011	8.80	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22022	9.00	1.30	0.51	8.50	1.00	0.50
22030	10.00	1.90	0.53	10.00	1.90	0.53
22034	8.50	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22035	8.50	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22041	10.00	1.90	0.53	10.00	1.90	0.53
22042	7.40	0.20	0.46	7.40	0.20	0.46
22045	9.00	1.50	0.51	9.00	1.40	0.51
22056	8.50	1.00	0.50	8.50	1.00	0.50
22058	8.00	0.70	0.48	7.60	0.40	0.47
<b>Promedio</b>	<b>8.52</b>	<b>1.12</b>	<b>0.51</b>	<b>8.71</b>	<b>1.11</b>	<b>0.50</b>

**Tabla 51. Precipitación máxima-máxima en 24 horas para cada estación climatológica.**

Estación	Precipitación Máxima-Máxima en 24 Horas (mm)
22005	148.50
22006	84.00
22009	106.30
22011	195.00
22022	86.50
22030	91.00
22034	80.00
22035	136.00
22041	80.30
22042	90.00
22045	80.50
22056	80.70
22058	90.00

**Tabla 52. Mínimo error estándar**

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
Gumbel	15.775	20.677
Mínimo error estándar: 15.775		
Calculado por la función: Gumbel (Momentos)		

**Tabla 52a. Parámetros estadísticos de la muestra.**

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu =$	103.754
$\sigma =$	35.107
$\gamma =$	1.847
$\kappa =$	6.401

**Tabla 52b. Parámetros de la función.**

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0365	0.0536
Beta	87.9558	89.845

**Tabla 53. Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)**

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	97.99	96.68
5	129.01	117.81
10	149.56	131.80
25	175.51	149.48
50	194.77	162.59
100	213.88	175.61

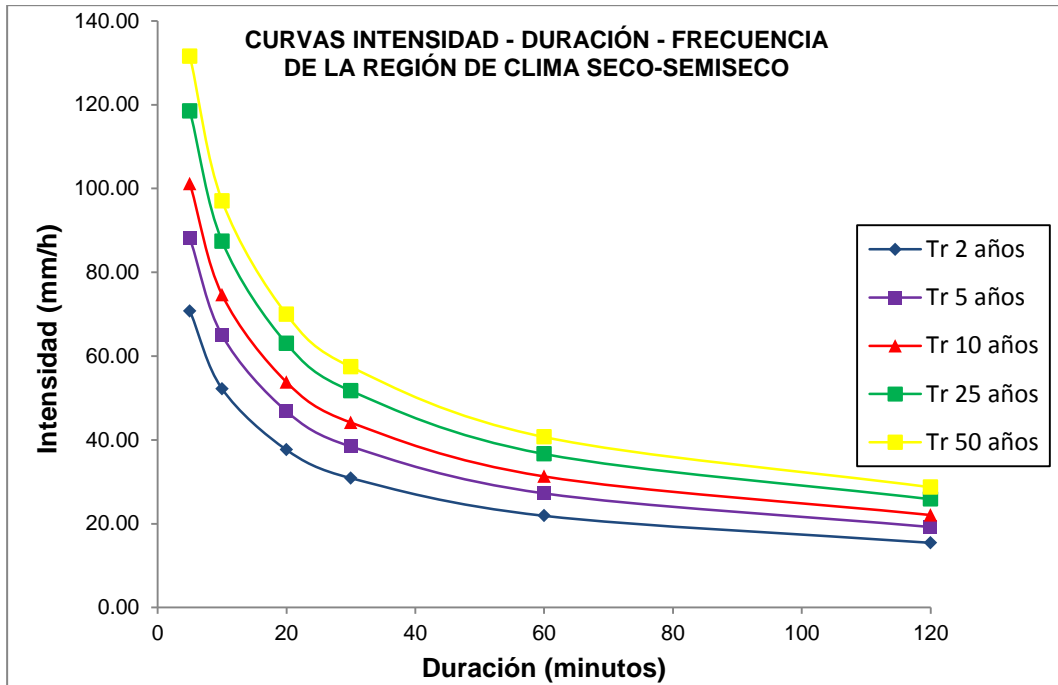
**Tabla 54. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	5.90	8.70	12.54	15.44	21.88	30.87
5	7.34	10.82	15.61	19.21	27.23	38.43
10	8.43	12.43	17.93	22.07	31.28	44.14
25	9.87	14.56	21.00	25.85	36.64	51.70
50	10.96	16.17	23.32	28.70	40.69	57.41

**Tabla 55. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	70.76	52.18	37.62	30.87	21.88	15.44
5	88.07	64.95	46.83	38.43	27.23	19.21
10	101.17	74.61	53.79	44.14	31.28	22.07
25	118.48	87.37	62.99	51.69	36.64	25.85
50	131.58	97.03	69.96	57.41	40.69	28.71

**Figura 21. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



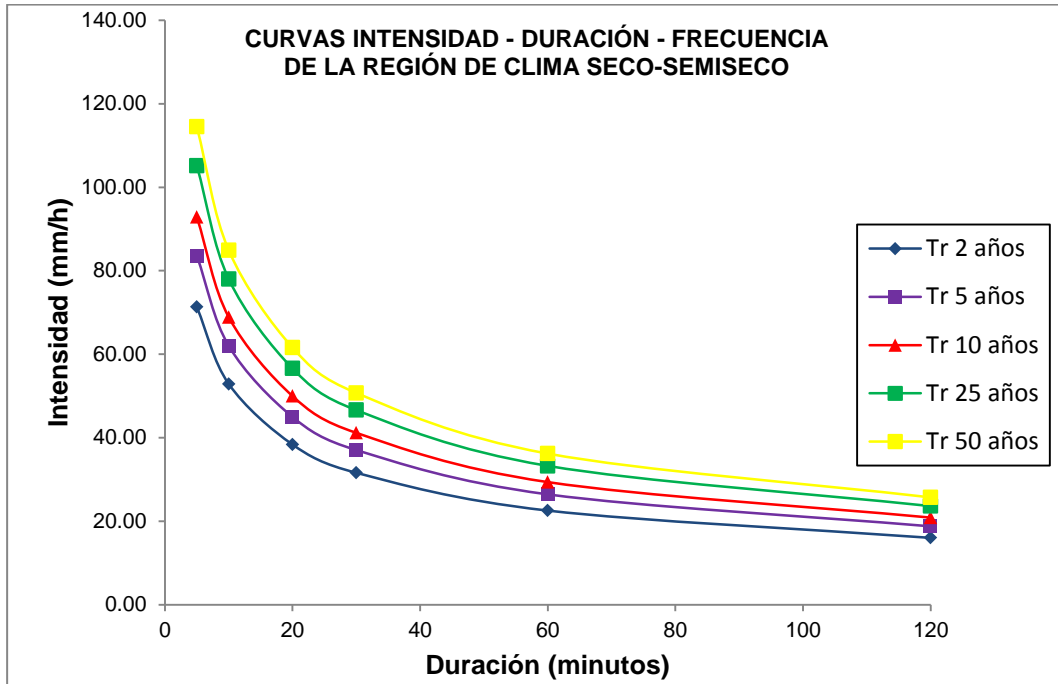
**Tabla 56. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	5.94	8.81	12.79	15.80	22.55	32.03
5	6.97	10.33	14.99	18.52	26.43	37.55
10	7.74	11.48	16.66	20.58	29.37	41.73
25	8.76	13.00	18.86	23.30	33.26	47.24
50	9.54	14.15	20.53	25.36	36.19	51.42

**Tabla 57. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	71.30	52.88	38.36	31.60	22.55	16.02
5	83.59	61.99	44.97	37.04	26.43	18.78
10	92.88	68.88	49.97	41.16	29.37	20.86
25	105.17	77.99	56.58	46.61	33.26	23.62
50	114.46	84.89	61.58	50.73	36.19	25.71

**Figura 22. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



**5.4.2 Método2**

**Tabla 58. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

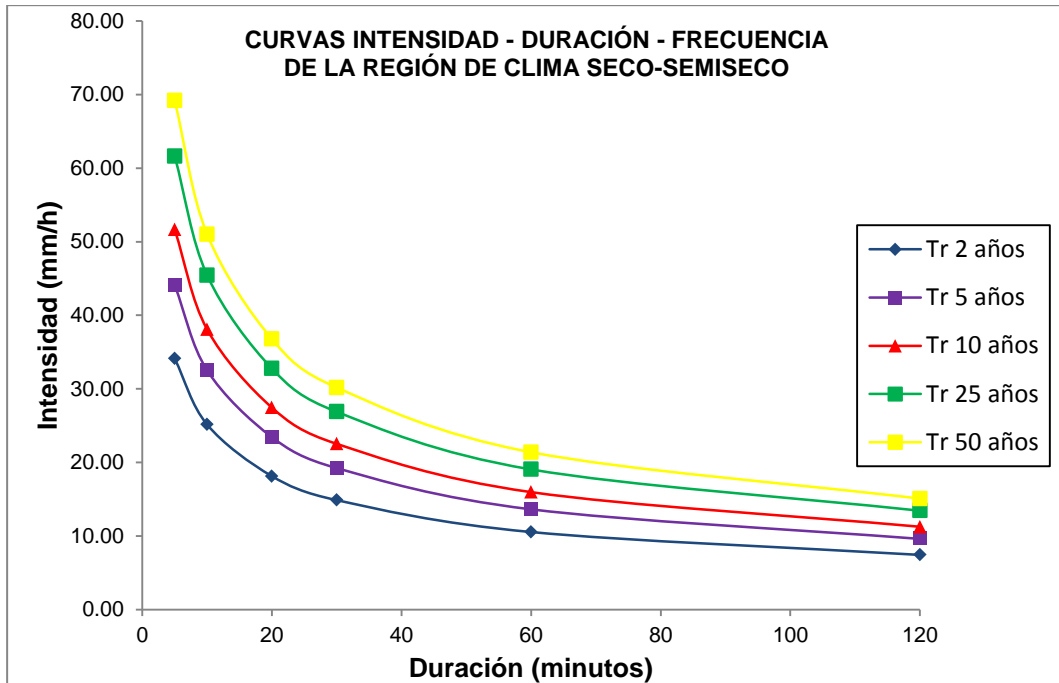
Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.84	4.19	6.05	7.44	10.55	14.89
5	3.67	5.42	7.82	9.62	13.64	19.24
10	4.30	6.35	9.15	11.27	15.97	22.54
25	5.14	7.58	10.92	13.45	19.06	26.89
50	5.77	8.50	12.26	15.09	21.39	30.19



**Tabla 59. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	34.11	25.16	18.14	14.88	10.55	7.44
5	44.10	32.52	23.45	19.24	13.64	9.62
10	51.65	38.09	27.46	22.53	15.97	11.27
25	61.63	45.45	32.77	26.89	19.06	13.45
50	69.18	51.02	36.78	30.19	21.39	15.09

**Figura 23. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



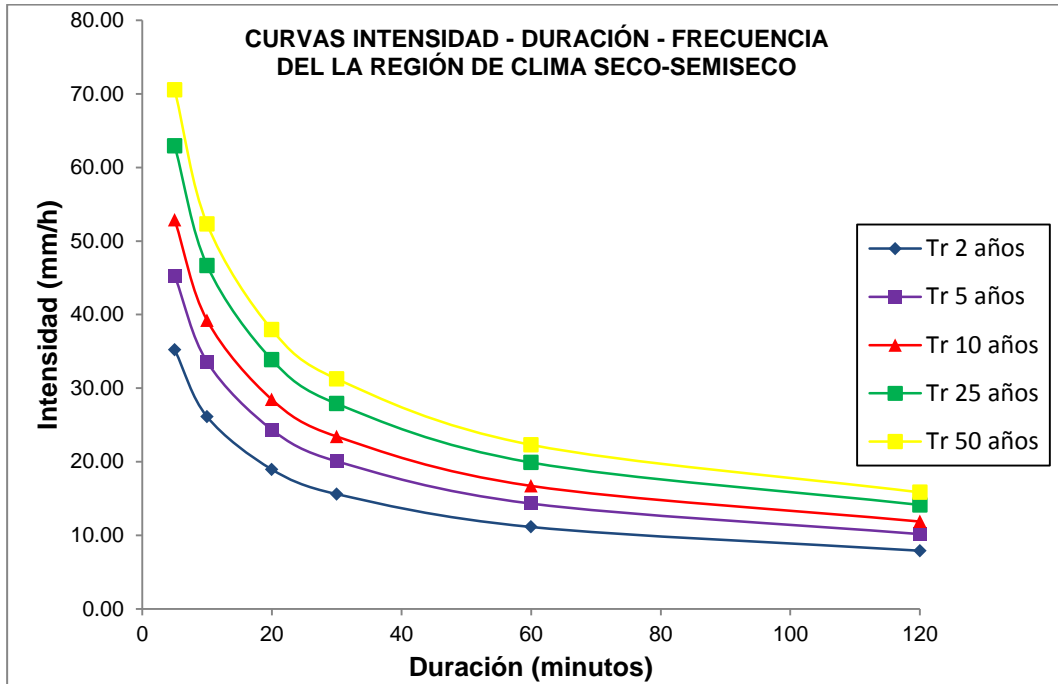
**Tabla 60. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.94	4.35	6.32	7.80	11.14	15.82
5	3.77	5.60	8.12	10.03	14.32	20.34
10	4.41	6.54	9.48	11.72	16.72	23.76
25	5.24	7.78	11.29	13.95	19.90	28.27
50	5.88	8.72	12.65	15.63	22.30	31.69

**Tabla 61. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	35.22	26.12	18.95	15.61	11.14	7.91
5	45.28	33.58	24.36	20.06	14.32	10.17
10	52.88	39.22	28.45	23.44	16.72	11.88
25	62.93	46.67	33.86	27.89	19.90	14.14
50	70.54	52.31	37.95	31.26	22.30	15.84

**Figura 24. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

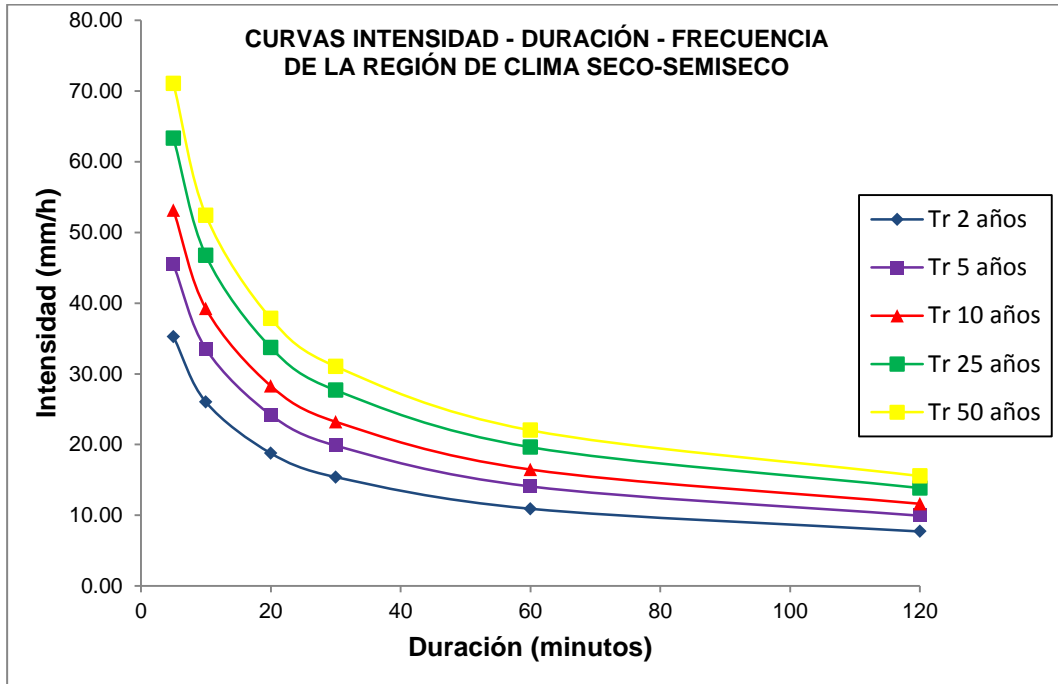


### 5.4.3 Método 3

**Tabla 62. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	35.25	26.01	18.76	15.40	10.92	7.71
5	45.44	33.53	24.19	19.86	14.08	9.94
10	53.15	39.22	28.29	23.22	16.47	11.63
25	63.33	46.73	33.72	27.68	19.63	13.86
50	71.04	52.42	37.82	31.05	22.02	15.55

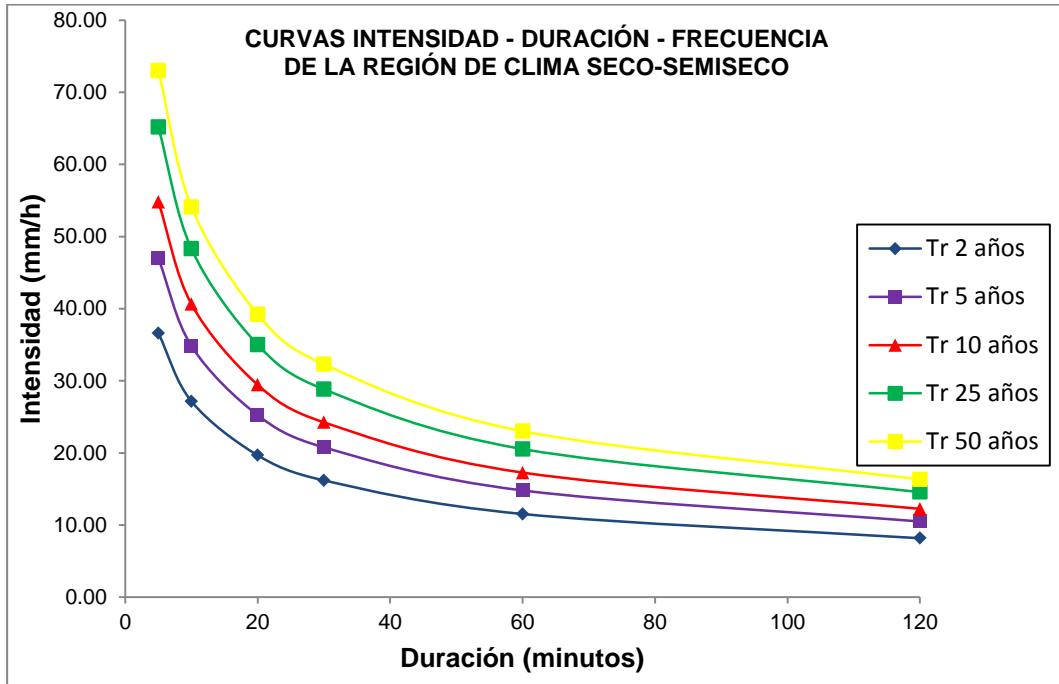
**Figura 25. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



**Tabla 63. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	36.62	27.15	19.68	16.20	11.54	8.18
5	46.98	34.82	25.25	20.78	14.81	10.50
10	54.82	40.63	29.45	24.25	17.28	12.26
25	65.18	48.30	35.02	28.83	20.55	14.58
50	73.02	54.11	39.23	32.30	23.02	16.33

**Figura 26. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## 5.5 Curvas IDF de la Región de Clima Cálido-Semicálido

La lista de estaciones climatológicas con clima cálido-semicálido se muestra en la tabla 5.

### 5.5.1 Método 1

**Tabla 64. Promedio de los parámetros a, b y c.**

Estación	Gumbel Momentos			Gumbel Máxima Verosimilitud		
	a	b	c	a	b	c
22002	6.00	-0.05	0.45	7.30	0.20	0.45
22007	8.00	1.00	0.51	9.00	1.40	0.51
22008	8.00	1.00	0.51	9.00	1.40	0.51
22016	8.80	1.30	0.51	9.00	1.40	0.51
22019	9.70	1.70	0.52	9.75	1.75	0.53
22036	9.75	1.75	0.53	9.75	1.75	0.53
<b>Promedio</b>	<b>8.38</b>	<b>1.12</b>	<b>0.50</b>	<b>8.97</b>	<b>1.32</b>	<b>0.51</b>

**Tabla 65. Precipitación máxima-máxima en 24 horas para cada estación climatológica.**

Estación	Precipitación Máxima-Máxima en 24 Horas (mm)
22002	162.50
22007	173.20
22008	187.00
22016	160.00
22019	101.00
22036	106.00

**Tabla 66. Mínimo error estándar**

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
Gumbel	18.718	17.408
Mínimo error estándar:		
		17.408
Calculado por la función:		
		Gumbel (Máxima Verosimilitud)

**Tabla 66a. Parámetros estadísticos de la muestra**

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu =$	148.283
$\sigma =$	36.008
$\gamma =$	0.664
$\kappa =$	3.886

**Tabla 66b. Parámetros de la función**

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0356	0.0313
Beta	132.0798	130.3981

**Tabla 67. Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno  
(Método Gumbel)**

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	142.37	142.09
5	174.19	178.26
10	195.26	202.21
25	221.88	232.47
50	241.63	254.91
100	261.23	277.19

**Tabla 68. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

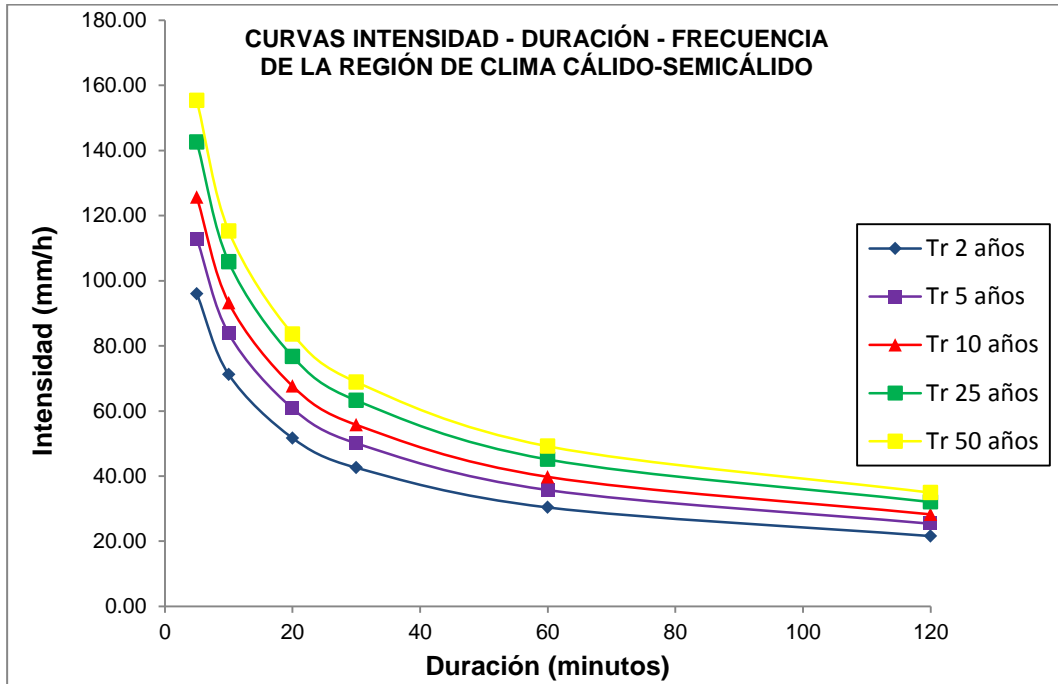
Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	8.00	11.87	17.22	21.28	30.38	43.16
5	9.41	13.96	20.26	25.03	35.72	50.75
10	10.47	15.54	22.55	27.87	39.77	56.50
25	11.88	17.63	25.58	31.61	45.11	64.09
50	12.95	19.21	27.87	34.45	49.16	69.84

**Tabla 69. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	95.99	71.21	51.67	42.57	30.38	21.58
5	112.89	83.75	60.77	50.06	35.72	25.38
10	125.67	93.23	67.65	55.73	39.77	28.25
25	142.57	105.77	76.74	63.22	45.11	32.05
50	155.35	115.25	83.62	68.89	49.16	34.92



**Figura 27. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



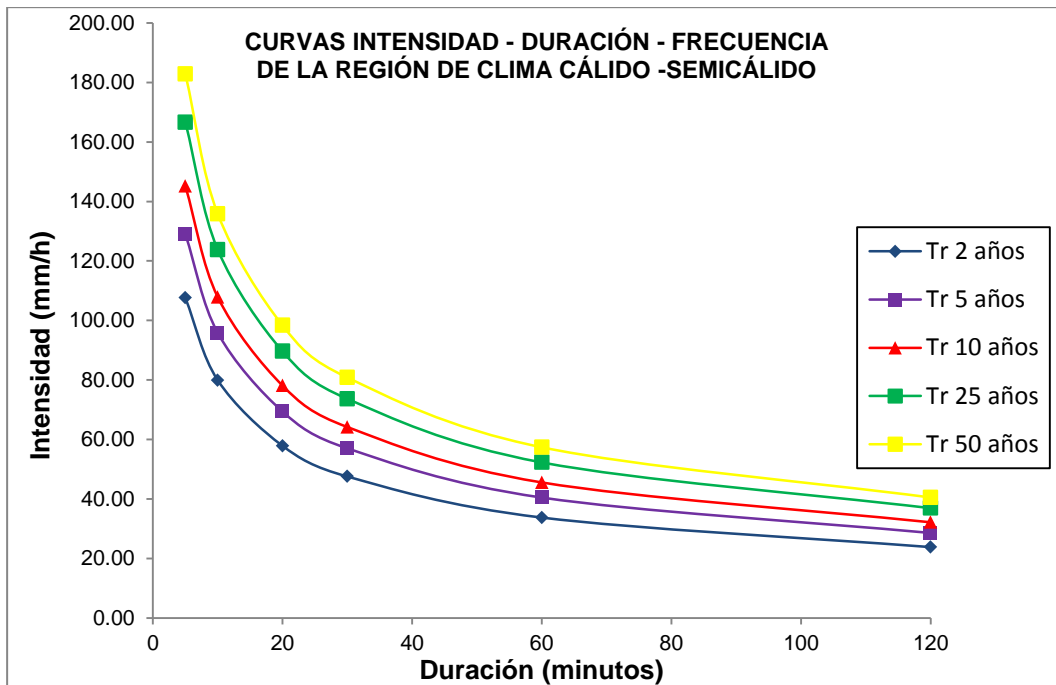
**Tabla 70. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	8.96	13.32	19.29	23.78	33.76	47.67
5	10.75	15.97	23.13	28.51	40.48	57.17
10	12.10	17.98	26.03	32.10	45.57	64.35
25	13.89	20.63	29.88	36.83	52.29	73.85
50	15.24	22.64	32.78	40.41	57.38	81.03

**Tabla 71. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	107.57	79.91	57.86	47.55	33.76	23.84
5	129.00	95.83	69.38	57.03	40.48	28.59
10	145.21	107.87	78.10	64.19	45.57	32.18
25	166.63	123.78	89.63	73.66	52.29	36.92
50	182.84	135.82	98.35	80.83	57.38	40.52

**Figura 28. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## 5.5.2 Método 2

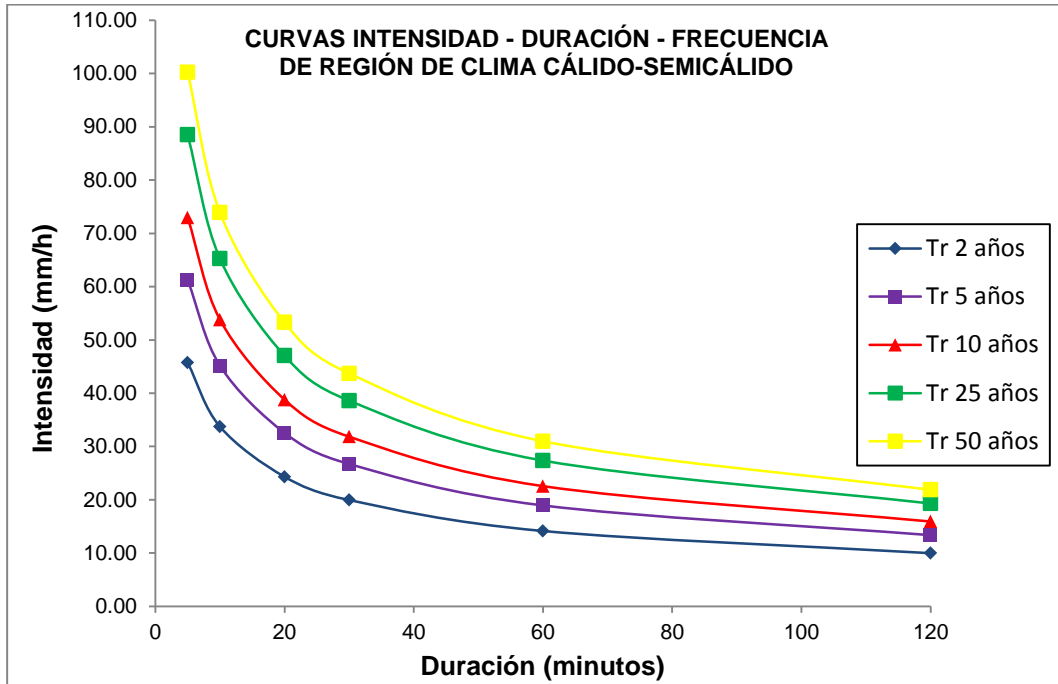
**Tabla 72. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.81	5.62	8.11	9.98	14.14	19.96
5	5.10	7.53	10.85	13.36	18.94	26.72
10	6.08	8.97	12.93	15.92	22.57	31.84
25	7.37	10.88	15.68	19.30	27.36	38.61
50	8.35	12.32	17.76	21.86	30.99	43.73

**Tabla 73. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	45.74	33.73	24.32	19.96	14.14	9.98
5	61.25	45.16	32.56	26.72	18.94	13.36
10	72.98	53.82	38.80	31.84	22.57	15.92
25	88.49	65.25	47.05	38.61	27.36	19.31
50	100.22	73.90	53.28	43.73	30.99	21.86

**Figura 29. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



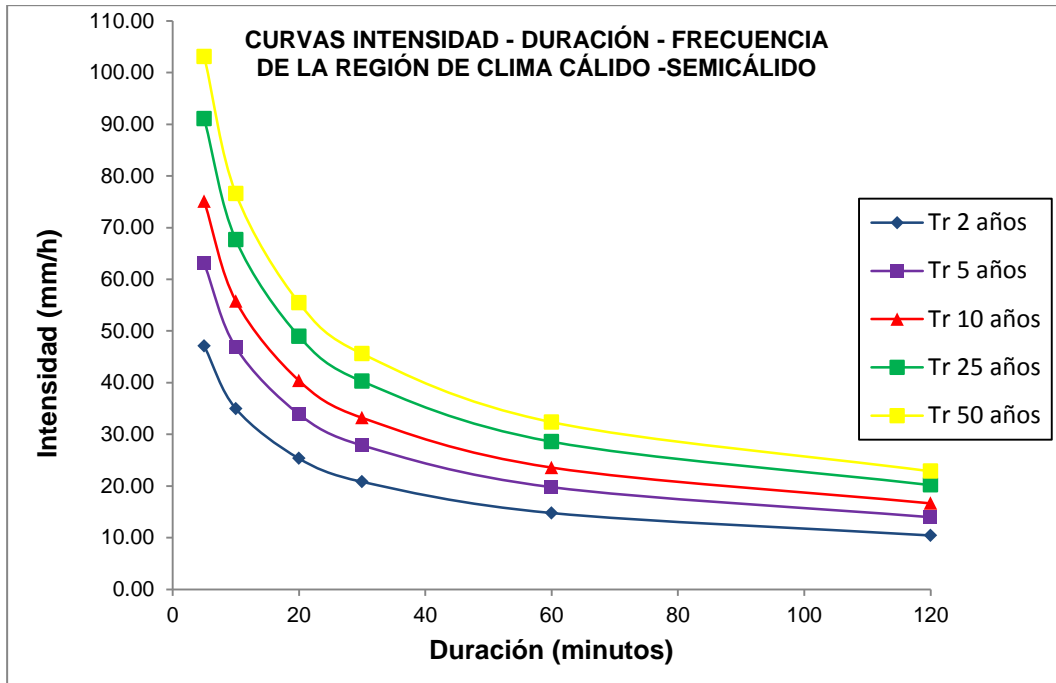
**Tabla 74. Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.92	5.83	8.44	10.40	14.77	20.86
5	5.25	7.80	11.30	13.93	19.78	27.93
10	6.26	9.30	13.46	16.60	23.56	33.28
25	7.59	11.27	16.32	20.12	28.57	40.35
50	8.59	12.77	18.49	22.79	32.36	45.70

**Tabla 75. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	47.06	34.96	25.32	20.81	14.77	10.43
5	63.02	46.81	33.90	27.86	19.78	13.96
10	75.09	55.78	40.39	33.20	23.56	16.64
25	91.04	67.63	48.97	40.25	28.57	20.17
50	103.11	76.60	55.46	45.58	32.36	22.85

**Figura 30. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

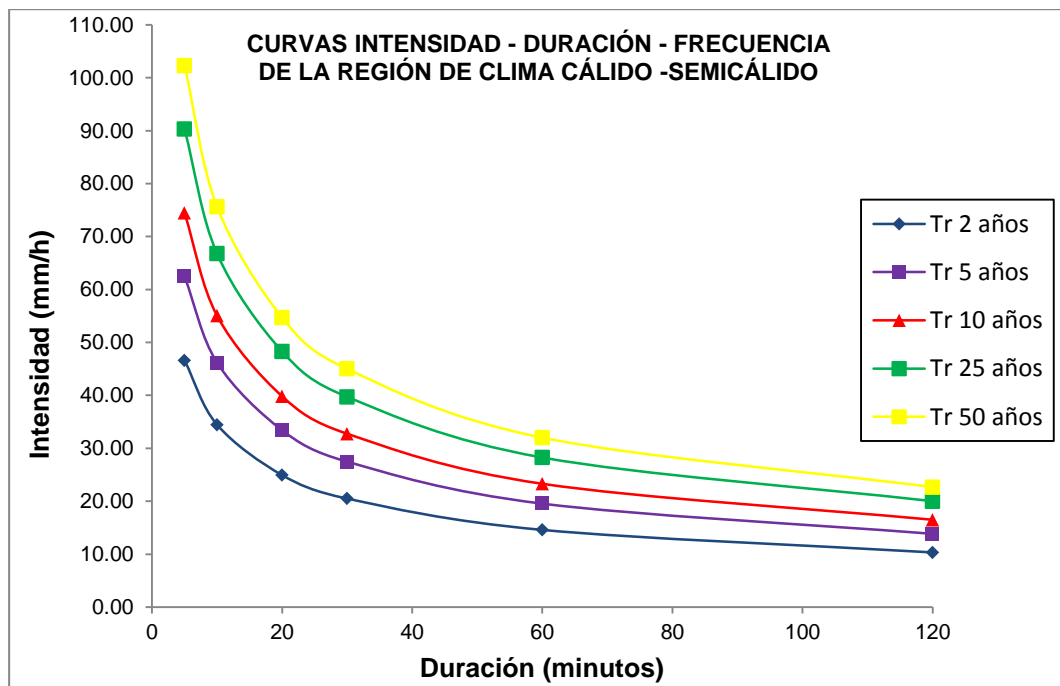


### 5.5.3 Método 3

**Tabla 76. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	46.61	34.46	24.93	20.50	14.59	10.33
5	62.45	46.18	33.41	27.48	19.55	13.85
10	74.44	55.05	39.83	32.75	23.30	16.50
25	90.29	66.77	48.31	39.73	28.26	20.01
50	102.28	75.63	54.72	45.00	32.01	22.67

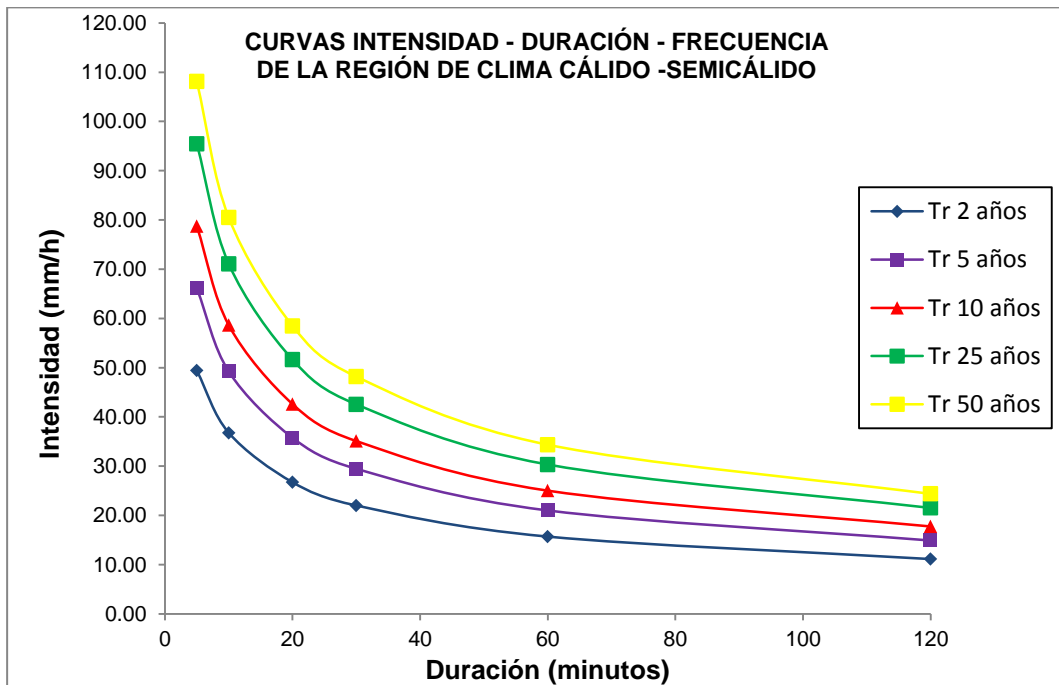
**Figura 31. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel- Momentos)**



**Tabla 77. Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel- Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	49.39	36.78	26.72	22.01	15.69	11.13
5	66.10	49.22	35.76	29.46	21.00	14.90
10	78.75	58.63	42.60	35.09	25.02	17.75
25	95.46	71.08	51.64	42.54	30.33	21.52
50	108.10	80.49	58.48	48.18	34.35	24.37

**Figura 32. Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los datos de precipitaciones máximas en 24 horas registrados en las 26 estaciones climatológicas que conforman la zona de estudio y empleando la metodología establecida por Cheng (1983), se pudo obtener la relación Intensidad, Duración y Frecuencia en el Altiplano Central Mexicano, haciendo posible la estimación de intensidades máximas de precipitación, para una duración y período de retorno determinado.

Se contemplaron tres procedimientos para la elaboración de las curvas IDF regionales; de los cuales se recomienda utilizar el método número uno, ya que las intensidades de diseño son obtenidas a partir de valores máximos – máximos de precipitación; también cabe resaltar que se tomó en consideración la variabilidad climática de la zona, la cual comprende los climas templados subhúmedos, seco – semiseco y cálido - semicálido.

Con respecto a la variabilidad de las intensidades, ésta fue mayor en la región correspondiente al clima templado subhúmedo con intensidades que van del orden de los 23.35 mm/h hasta los 221.78 mm/h, para un rango de periodos de retorno entre 2 años y 50 años y duraciones entre 5 minutos y 120 minutos. Las menores intensidades se registran en el clima seco - semiseco con intensidades que van del orden de los 15.44 mm/h hasta los 131.58 mm/h, para lo mismos rangos de periodos de retorno y duraciones mencionadas anteriormente.

En cuanto a la función de distribución de Gumbel utilizada para el diseño de las curvas IDF, ésta resulta ser apropiada al momento de trabajar con datos extremos como es el caso de las intensidades máximas de precipitación. La estimación de parámetros de la función de distribución de probabilidad fue realizado empleando los métodos de momentos y máxima verosimilitud. Las intensidades de precipitación estimadas por los métodos mencionados no difieren de manera considerable.

Es importante resaltar que el 50% de las estaciones climatológicas presentaron valores del Mínimo Error Estándar para el método de momentos y el mismo



porcentaje se tiene para el método de máxima verosimilitud.

Por su parte, el único inconveniente en la construcción de las curvas IDF, es la necesidad de realizar diversos muestreos para obtener curvas, donde se pueda apreciar claramente la relación de la intensidad de precipitación con la duración, y donde además se verifica que la hipótesis de que a menores duraciones, se debieran encontrar intensidades mayores. Asimismo, la forma y la tendencia de las curvas IDF, no difieren mayormente una de otra, produciéndose solo diferencias con relación a la escala de intensidad de precipitaciones.

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia de la lluvia representan una familia de curvas típicas de las relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia, y se puede observar en dichas curvas la relación de proporcionalidad inversa entre la intensidad y la duración para cada período de retorno establecido.

Finalmente las intensidades de diseño pueden ser diferentes de acuerdo a ubicación geográfica y zona climática presente o considerada; ocasionando con ello que los caudales de diseño se incrementen o disminuyan, impacto que se aprecia en los costos económicos de una obra hidráulica. Por otro lado las consideraciones anteriores pueden ser importantes en la gestión integrada de los recursos hídricos de una zona; lo cual se puede reflejar en la determinación de volúmenes de agua para el abastecimiento de poblaciones, riego de cultivos y dimensionamiento de obras hidráulicas, tales como: canales de drenaje urbano y rural, alcantarillados pluviales, puentes, alcantarillas, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abramowitz, M. and Stegun I. 1965. Handbook of mathematical functions, Dover Pub, New York.

Aparicio, F. 1997. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Balderas, México: Limusa. 303 p.

Aparicio, M. F. J. 2008. Fundamentos de hidrología de superficie. Ed. Limusa. México.D.F.

Bell, F. 1969. Generalized rainfall – duration – frequency relationships. Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol. 95, N° 1, pp. 311-327.

Campos, A. D. F.; Gómez, D. R. 1990. Procedimiento para obtener curvas I – D – Tr a partir de registros pluviométricos. Revista Ingeniería Hidráulica en México. Vol. V. Núm. 2. II Época.

Campos, A. D. F. 1998. Procesos del ciclo hidrológico. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

Cheng, C. 1983. Rainfall intensity – duration – frequency formulas. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 109, núm. 12, p. 1603-1621.

Chow, VenTe. Hidrología aplicada. 1998. 584 PP.

Chow, V. T.; Maidment, D.R.; y Mays, L.W. 1994. Hidrología aplicada. Ed. McGraw Hill. Santafé de Bogotá, Colombia.

De Fraja, E. 1993. Saneamiento de la cuenca hidrológica del río Bio-Bio y del área costera adyacente. Estudio de prefactibilidad. Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 600 p.

Espildora, B. 1971. Estimación de curvas intensidad –duración– frecuencia mediante coeficientes generalizados. Memorias I Coloquio Nacional Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Chile. 274 p.

Gutiérrez-López, A; Ramírez, AI. 2005. Hydrological prediction in two towns using the index-flood method. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. 20, No. 2, pp. 37-47.

Kothyari, C.; Garde, J. 1992. Rainfall intensity-duration-frequency formula for India. Journal of Hydraulic Engineering. Vol.118, No 2. USA. 323 – 336 pag.

Langousis A, Veneziano D. 2007. Intensity-duration-frequency curves from scaling representations of rainfall. *Water Resources Research*.43, W02422, doi: 10.1029/2006WR005245.

Pizarro, R., Flores, J.,Sanguesa, C., Martinez, E. 2001. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia en Chile.

Pizarro, T. R.; Abarza, M. A.; y Flores, V. J. P. 2001. Análisis comparativo de las curvas Intensidad – duración – Frecuencia (IDF) en 6 estaciones pluviográficas (VII Región del Maule, Chile). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Talca. Talca, Chile.

Pizarro, R., Flores, J.,Sanguesa, C., Martinez, E. 2001. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia en Chile.

Puentes, A. 2000. Caracterización hidrológica de cuencas tropicales. La cuenca Del río San Diego en la Provincia de Pinar del Rio. (Cuba). Universidad de Córdoba. España.

Stappung, C. 1999. Lluvias de diseño de sistemas de aguas lluvias en Chile. Memorias XIV Congreso Chileno de Hidrología. Santiago, Chile. 512 p.

Varas, E.; Sánchez, S. 1988. Curvas generalizadas de intensidad - duración-frecuencia de lluvias. Hidrología y drenaje vial. Chile. 332 p.

Veneziano D, Furcolo P, 2002. Multifractality of rainfall and scaling of intensity duration- frequency curves. *Water Resources Research* 38 (12), doi: 10.1029/2001WR000372.

Veneziano D, Langousis A, Furcolo P. 2006. Multifractality and rainfall extremes: A review. *WaterResoucesResearch*42(6): Art. No. W06D15.

Villón Béjar, M. 2006. Hidrología Estadística. Editorial Ténologica de Costa Rica. 440 pp.

**ANEXO A. Lluvia Media Mensual y Días de Lluvia para obtención del parámetro  $(P_1^{Tr})$  Tr2 .**

Estación	Lluvia Media Mensual (mm)	Días de Lluvia	$(P_1^{Tr})$ Tr 2
22001	17.93	69.00	12.00
22002	22.55	63.00	13.00
22005	20.46	80.00	13.00
22006	17.07	59.00	10.00
22007	23.68	93.00	14.00
22008	21.48	79.00	13.00
22009	17.72	61.00	9.00
22011	18.41	44.00	11.00
22015	18.33	72.00	11.00
22016	27.87	79.00	16.00
22019	17.56	88.00	10.00
22022	16.06	68.00	9.00
22024	19.05	78.00	12.00
22025	15.85	54.00	9.50
22030	16.18	66.00	10.00
22032	16.90	67.00	12.00
22033	20.25	79.00	13.00
22034	15.63	51.00	9.00
22035	15.05	65.00	9.50
22036	17.13	61.00	11.00
22041	17.01	64.00	11.00
22042	14.60	33.00	8.00
22045	16.02	50.00	9.50
22047	20.31	67.00	13.00
22049	16.25	53.00	10.00
22056	12.09	36.00	8.00
22058	14.66	33.00	9.00

## ANEXO B. ANÁLISIS DE ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

### B 1. Ayutla, Arroyo Seco (22002)

#### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro

Estación: 22002, Ayutla, Arroyo Seco			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1966	52.00	1987	44.00
1967	80.00	1988	117.50
1968	117.00	1989	22.00
1969	107.00	1990	63.00
1970	53.50	1991	6.00
1971	71.50	1992	55.00
1972	60.50	1993	162.50
1973	103.00	1994	95.00
1974	123.50	1995	30.00
1975	115.00	1996	66.00
1976	129.50	1997	37.00
1977	130.00	1998	80.00
1978	107.00	1999	82.00
1979	104.00	2000	59.00
1980	64.50		
1981	113.00		
1982	41.50		
1983	50.50		
1984	78.00		
1986	40.50		

### Mínimo error estándar

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
Gumbel	7.729	7.128
Mínimo error estándar:	7.128	
Calculado por la función:	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	78.129
$\sigma=$	35.8
$\gamma=$	0.207
$\kappa=$	2.739

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0358	0.0312
Beta	62.0187	60.7479

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	72.25	72.51
5	103.89	108.87
10	124.84	132.94
25	151.3	163.36
50	170.94	185.92
100	190.43	208.32

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.46	5.05	7.39	9.24	13.52	19.78
5	4.60	6.72	9.83	12.29	17.98	26.32
10	5.47	7.99	11.68	14.59	21.36	31.27
25	6.61	9.66	14.12	17.65	25.83	37.80
50	7.48	10.92	15.97	19.95	29.20	42.75

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	41.52	30.33	22.18	18.47	13.52	9.89
5	55.24	40.35	29.50	24.57	17.98	13.16
10	65.62	47.93	35.05	29.19	21.36	15.63
25	79.34	57.95	42.37	35.29	25.83	18.90
50	89.72	65.53	47.92	39.91	29.20	21.37

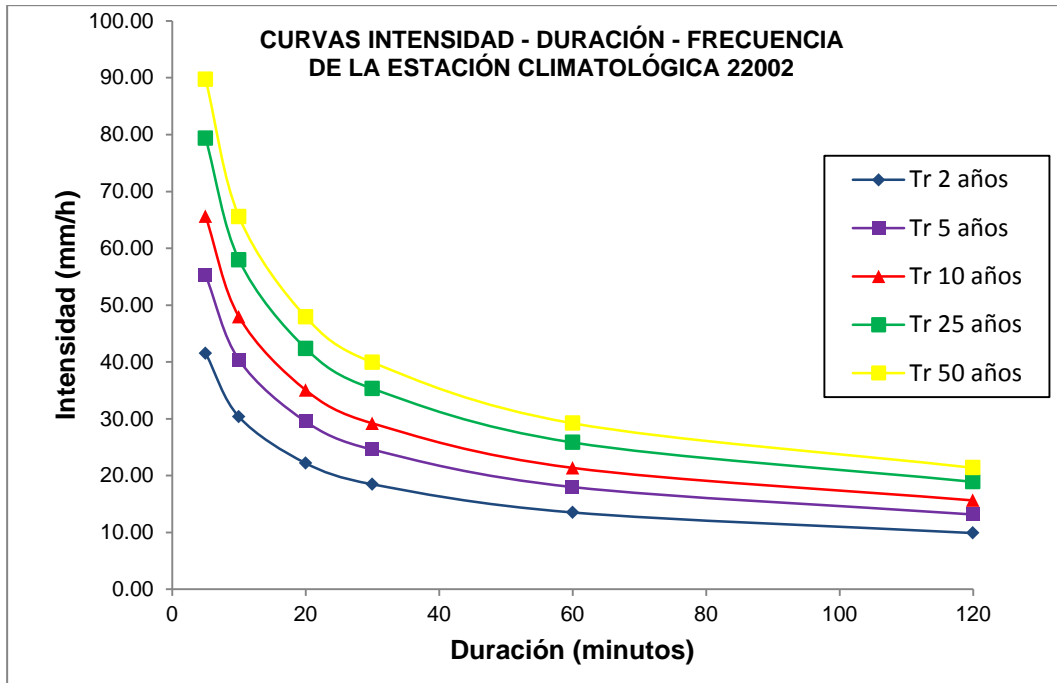
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	4.17	6.16	9.05	11.33	16.62	24.34
5	5.73	8.46	12.44	15.57	22.83	33.44
10	6.90	10.20	15.00	18.77	27.52	40.33
25	8.46	12.50	18.38	23.01	33.73	49.43
50	9.64	14.24	20.94	26.21	38.43	56.31

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud).**

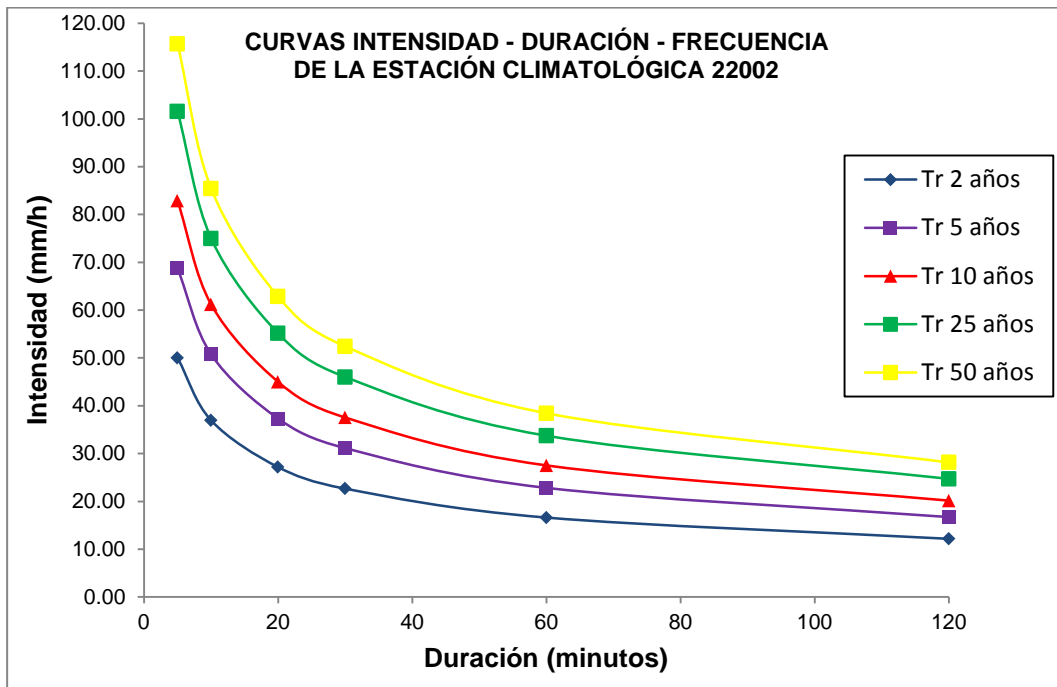
Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	50.02	36.94	27.16	22.66	16.62	12.17
5	68.71	50.74	37.31	31.13	22.83	16.72
10	82.86	61.19	44.99	37.54	27.52	20.16
25	101.55	74.99	55.14	46.01	33.73	24.71
50	115.69	85.44	62.82	52.42	38.43	28.16

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**





### Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)



## B 2. El Doctor, Cadereyta De Montes (22005)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22005, El Doctor, Cadereyta De Montes					
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1953	35.00	1973	49.00	1993	128.00
1954	100.00	1974	70.00	1994	41.00
1955	75.00	1975	47.50	1995	50.50
1956	66.00	1976	72.00	1996	77.00
1957	54.00	1977	45.50	1997	53.50
1958	70.00	1978	60.50	1998	62.50
1959	64.00	1979	98.50	1999	82.50
1960	43.00	1980	50.00	2000	43.00
1961	54.00	1981	49.50		
1962	44.00	1982	35.00		
1963	53.00	1983	66.00		
1964	46.00	1984	65.00		
1965	39.00	1985	67.00		
1966	53.00	1986	46.00		
1967	41.00	1987	29.00		
1968	38.00	1988	49.50		
1969	51.50	1989	41.00		
1970	51.00	1990	148.50		
1971	45.00	1991	43.00		
1972	40.50	1992	55.50		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	7.183	9.133
Mínimo error estándar:		
	7.183	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	58.094
$\sigma=$	22.823
$\gamma=$	2.131
$\kappa=$	8.661

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0562	0.072
Beta	47.8234	48.9587

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	54.35	54.05
5	74.52	69.8
10	87.87	80.23
25	104.74	93.4
50	117.26	103.17
100	129.69	112.87

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.16	4.54	6.31	7.59	10.29	13.87
5	4.05	5.82	8.10	9.74	13.21	17.80
10	4.73	6.80	9.46	11.37	15.42	20.78
25	5.63	8.08	11.25	13.52	18.34	24.72
50	6.31	9.06	12.60	15.15	20.55	27.69

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	37.89	27.22	18.93	15.17	10.29	6.93
5	48.64	34.94	24.31	19.48	13.21	8.90
10	56.78	40.78	28.37	22.73	15.42	10.39
25	67.53	48.51	33.74	27.04	18.34	12.36
50	75.67	54.35	37.81	30.30	20.55	13.85

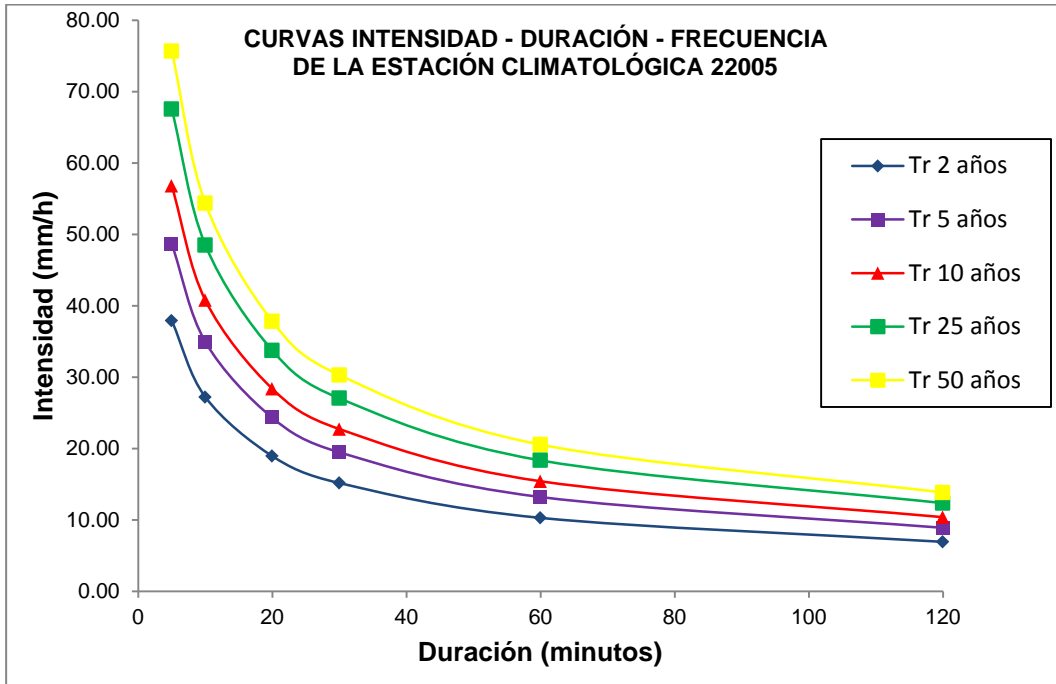
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	4.13	6.22	8.99	11.01	15.36	21.20
5	5.07	7.63	11.03	13.50	18.83	26.00
10	5.78	8.70	12.56	15.38	21.46	29.63
25	6.71	10.11	14.60	17.87	24.93	34.42
50	7.42	11.17	16.14	19.76	27.56	38.05

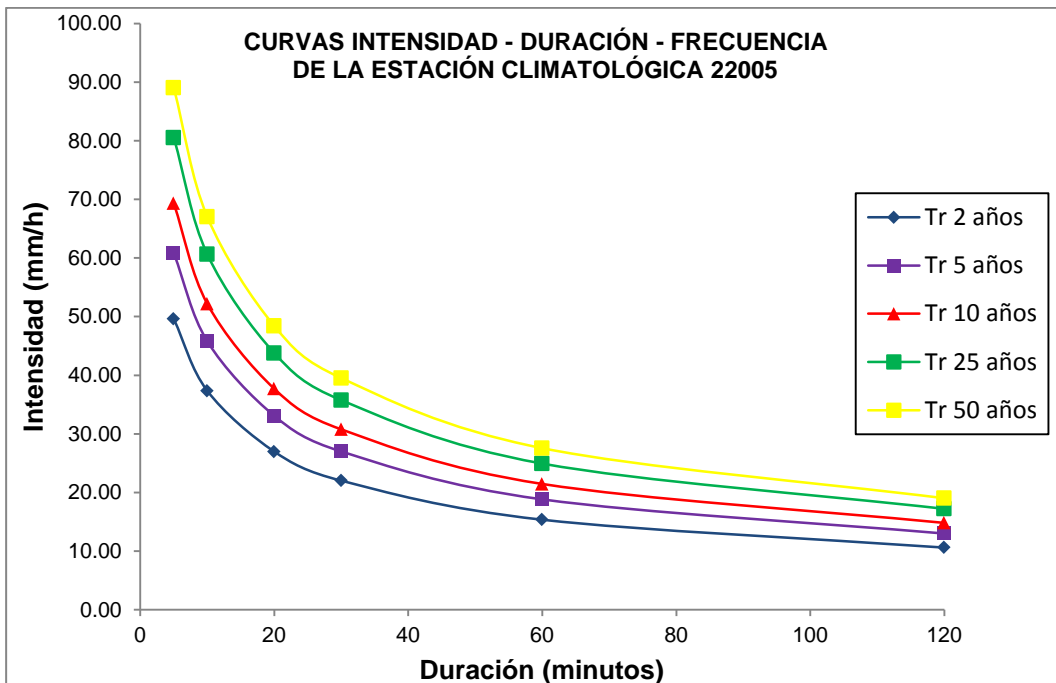
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	49.60	37.34	26.98	22.02	15.36	10.60
5	60.83	45.79	33.08	27.00	18.83	13.00
10	69.32	52.18	37.69	30.77	21.46	14.81
25	80.54	60.63	43.80	35.75	24.93	17.21
50	89.03	67.02	48.41	39.52	27.56	19.02

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método-Máxima Verosimilitud)**



### B 3. Villa Pueblito, Corregidora (22006)

#### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22006, Villa Pueblito, Corregidora			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1961	54.50	1981	32.00
1962	59.40	1982	32.70
1963	71.40	1983	19.50
1964	75.40	1984	37.30
1965	76.40	1985	36.00
1966	57.00	1986	47.50
1967	49.50	1987	40.70
1968	59.10	1988	39.20
1969	48.50	1989	57.00
1970	53.00	1990	32.30
1971	84.00	1991	40.60
1972	54.60	1992	40.90
1973	62.00	1993	46.70
1974	51.00	1994	44.50
1975	29.30	1995	55.80
1976	75.50	1996	53.40
1977	45.60	1997	23.30
1978	43.50	1998	60.00
1979	61.60	2002	57.00
1980	48.90		

#### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	3.063	3.057
Mínimo error estándar:		
	3.057	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	50.169
$\sigma=$	14.735
$\gamma=$	0.189
$\kappa=$	3.111

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.087	0.0734
Beta	43.5383	42.9941

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	47.75	47.99
5	60.77	63.44
10	69.39	73.67
25	80.29	86.6
50	88.37	96.19
100	96.39	105.71

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.83	4.15	5.97	7.34	10.40	14.67
5	3.43	5.04	7.24	8.91	12.61	17.79
10	3.88	5.70	8.20	10.09	14.29	20.15
25	4.49	6.59	9.47	11.65	16.50	23.27
50	4.94	7.25	10.43	12.83	18.17	25.63

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	33.94	24.91	17.92	14.69	10.40	7.33
5	41.16	30.21	21.73	17.81	12.61	8.89
10	46.62	34.22	24.61	20.18	14.29	10.07
25	53.84	39.52	28.42	23.30	16.50	11.63
50	59.30	43.53	31.30	25.66	18.17	12.81

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

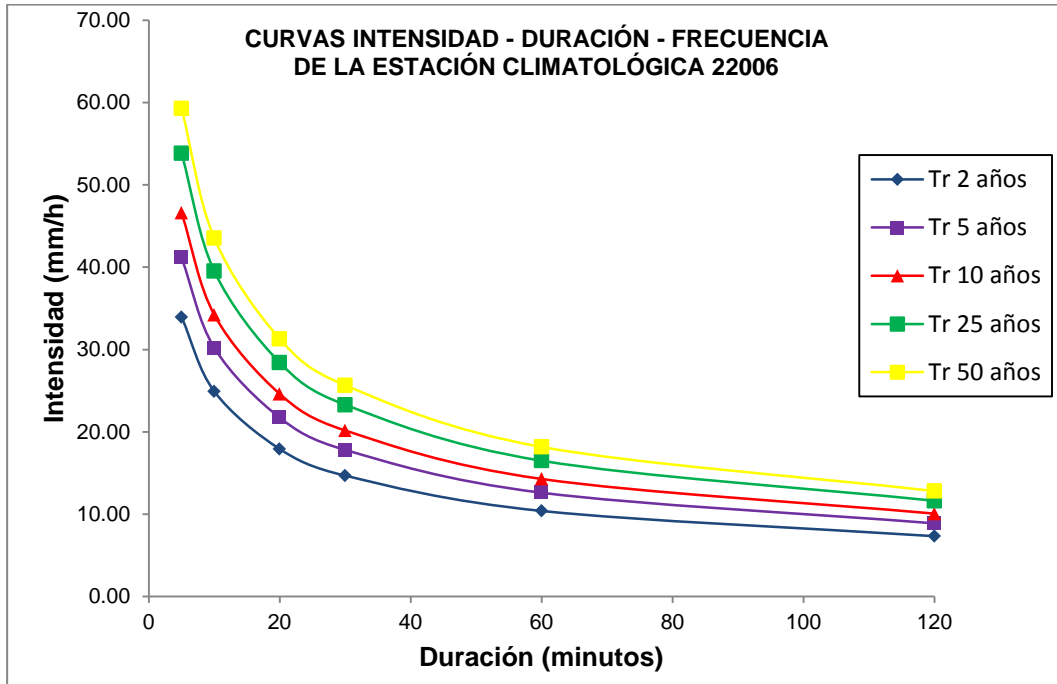
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.09	4.56	6.61	8.16	11.63	16.51
5	3.86	5.70	8.25	10.18	14.52	20.62
10	4.44	6.56	9.49	11.72	16.71	23.72
25	5.21	7.69	11.13	13.75	19.60	27.83
50	5.79	8.55	12.38	15.28	21.79	30.94

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

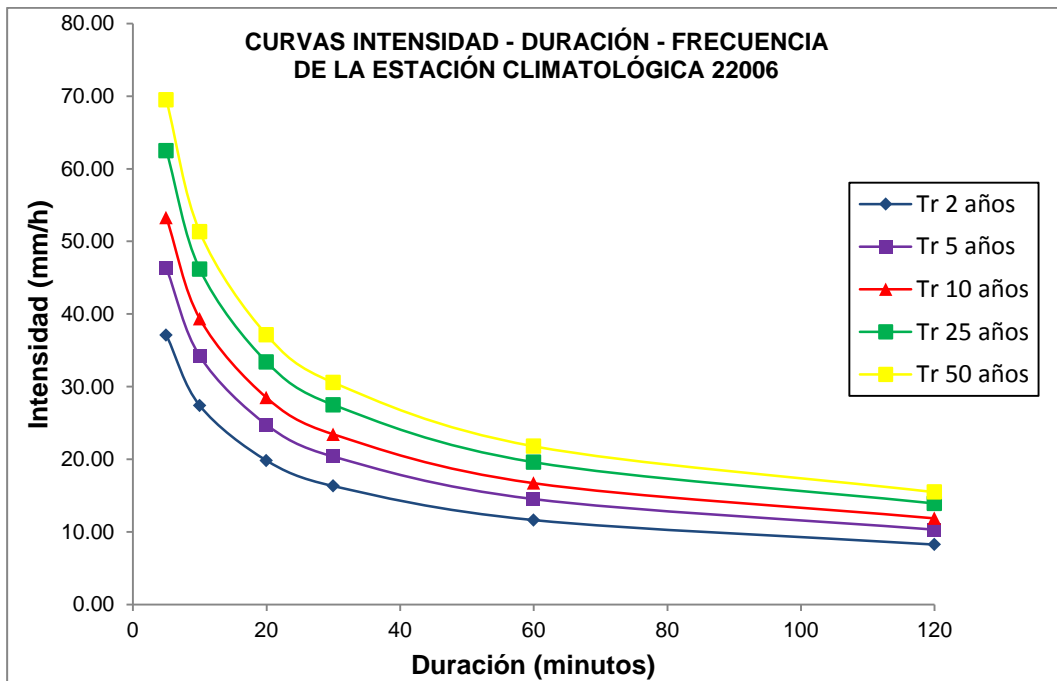
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	37.08	27.38	19.82	16.31	11.63	8.26
5	46.30	34.19	24.75	20.37	14.52	10.31
10	53.27	39.34	28.47	23.44	16.71	11.86
25	62.49	46.15	33.40	27.49	19.60	13.92
50	69.46	51.30	37.13	30.56	21.79	15.47



### Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Momentos)



### Relación Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)



#### B 4. Jalpan, Jalpan (DGE) (22007)

Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22007, Jalpan, Jalpan (DGE)	
Año	Lluvia Máxima (mm)
1966	68.00
1967	77.50
1968	46.50
1969	72.50
1970	64.50
1971	81.00
1972	36.00
1973	173.20
1974	59.50
1975	100.00
1976	69.00
1977	87.00
1978	77.60
1979	44.40
1980	57.50
1981	64.00
1982	40.00
1983	65.00
1984	43.00

**Mínimo error estándar.**

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	12.813	14.718
Mínimo error estándar:	12.813	
Calculado por la función:	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	69.8
$\sigma=$	30.217
$\gamma=$	2.304
$\kappa=$	10.490

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0424	0.0529
Beta	56.2024	57.8606

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	64.84	64.79
5	91.54	86.2
10	109.22	100.38
25	131.56	118.29
50	148.14	131.58
100	164.59	144.78

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	4.07	5.98	8.59	10.57	14.97	21.11
5	5.34	7.84	11.28	13.87	19.64	27.71
10	6.30	9.26	13.31	16.37	23.18	32.70
25	7.58	11.12	16.00	19.67	27.86	39.29
50	8.54	12.54	18.03	22.17	31.40	44.28

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	48.84	35.86	25.78	21.14	14.97	10.55
5	64.11	47.06	33.84	27.74	19.64	13.85
10	75.65	55.54	39.93	32.74	23.18	16.35
25	90.91	66.74	47.99	39.35	27.86	19.65
50	102.46	75.21	54.08	44.34	31.40	22.14

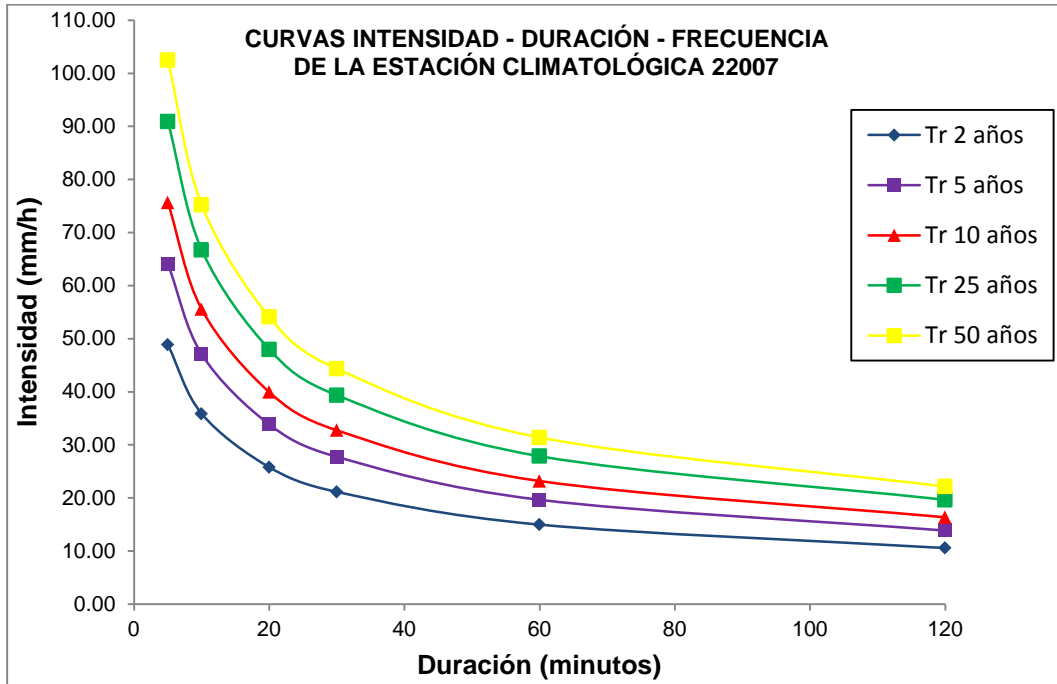
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	4.36	6.50	9.42	11.63	16.52	23.33
5	5.47	8.15	11.83	14.59	20.72	29.28
10	6.31	9.40	13.64	16.83	23.91	33.77
25	7.42	11.06	16.04	19.79	28.12	39.72
50	8.26	12.31	17.86	22.03	31.30	44.22

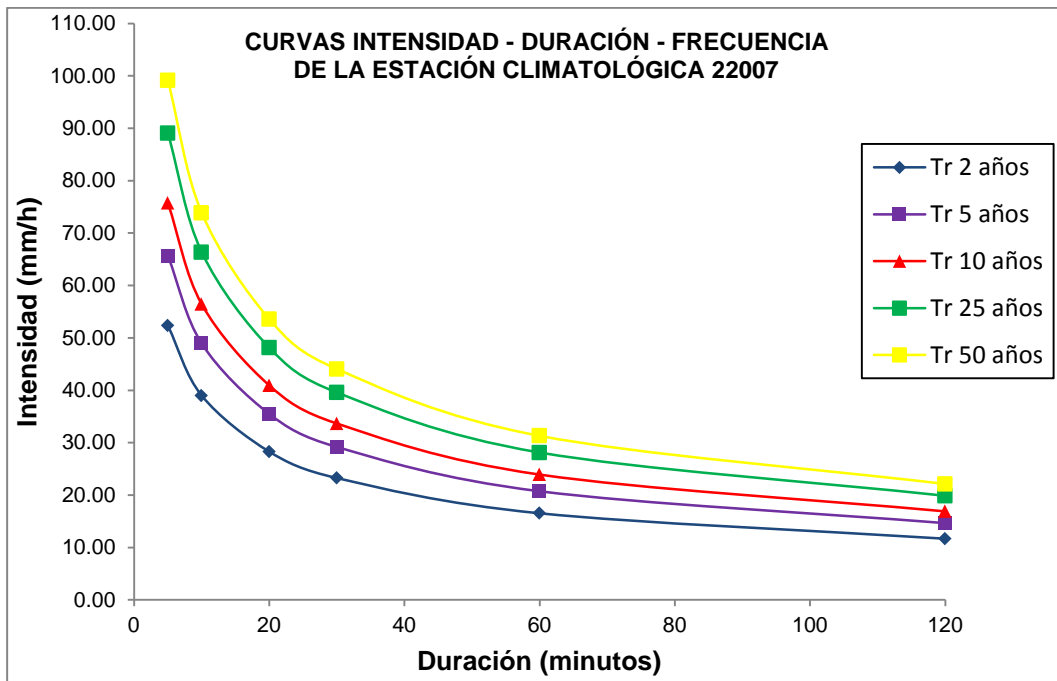
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

Tr (años)	Intensidades Máximas (mm/hr)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	52.33	38.98	28.27	23.25	16.52	11.67
5	65.66	48.91	35.48	29.18	20.72	14.64
10	75.75	56.43	40.93	33.66	23.91	16.89
25	89.08	66.36	48.13	39.58	28.12	19.86
50	99.16	73.87	53.58	44.06	31.30	22.11

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 5. Jalpan, Jalpan (SMN) (22008)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22008, Jalpan, Jalpan (SMN)					
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1942	44.50	1969	72.50	1989	14.00
1943	56.50	1970	64.50	1990	56.00
1944	69.00	1971	81.00	1991	26.00
1945	55.00	1972	36.00	1992	30.00
1946	40.50	1973	173.20	1993	158.00
1947	108.00	1974	59.50	1994	50.00
1948	60.50	1975	67.20	1995	116.00
1949	54.50	1976	69.00	1996	69.80
1950	38.50	1977	87.00	1997	48.70
1951	62.00	1978	72.00	1998	45.00
1952	92.50	1979	44.40	1999	52.50
1953	65.50	1980	57.50	2000	68.00
1954	65.00	1981	64.00		
1955	187.00	1982	40.00		
1956	69.50	1983	65.00		
1957	49.50	1984	6.10		
1958	55.50	1985	70.00		
1959	55.00	1986	62.00		
1960	40.00	1987	86.70		
1961	86.00	1988	94.00		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	10.489	10.850
Mínimo error estándar:		
10.489		
Calculado por la función:		
Gumbel (Momentos)		

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	66.54
$\sigma=$	33.74
$\gamma=$	1.772
$\kappa=$	7.513

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.038	0.0404
Beta	51.3575	52.4594

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	61	61.53
5	90.82	89.57
10	110.56	108.14
25	135.5	131.6
50	154.01	149
100	172.38	166.28

### Precipitaciones máximas para por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.84	5.63	8.10	9.96	14.11	19.90
5	5.24	7.69	11.06	13.60	19.26	27.17
10	6.30	9.25	13.30	16.36	23.16	32.67
25	7.70	11.31	16.26	20.00	28.32	39.94
50	8.76	12.86	18.50	22.75	32.21	45.43

**Intensidades máximas para por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	46.04	33.80	24.31	19.93	14.11	9.95
5	62.86	46.15	33.18	27.21	19.26	13.58
10	75.59	55.49	39.90	32.71	23.16	16.33
25	92.41	67.83	48.78	39.99	28.32	19.97
50	105.13	77.17	55.49	45.50	32.21	22.72

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

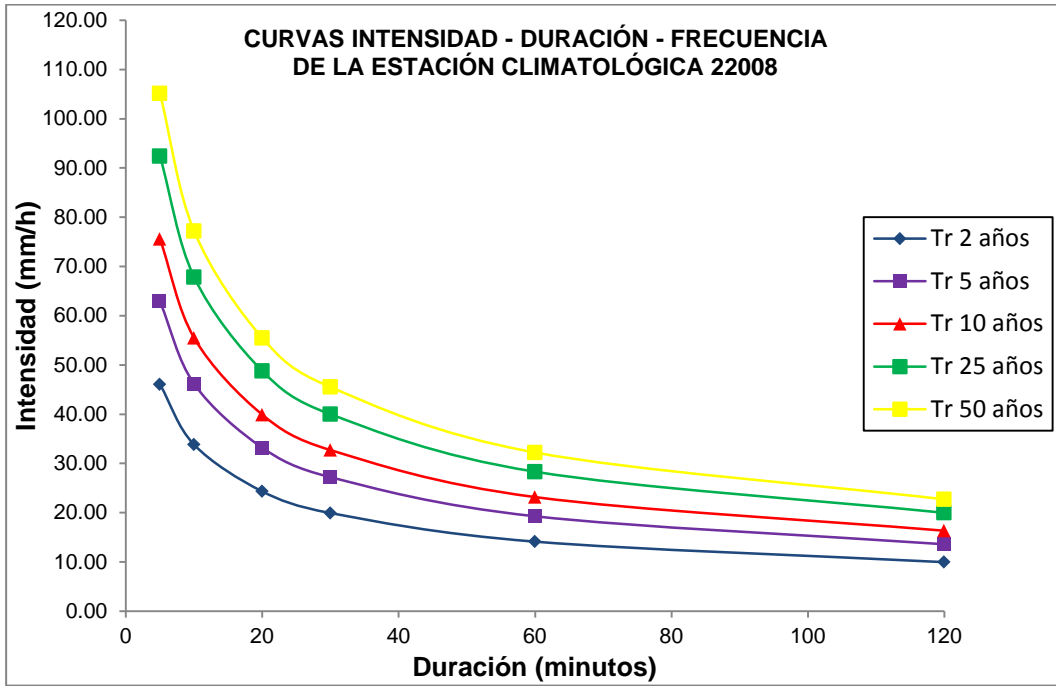
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	4.15	6.18	8.97	11.06	15.72	22.21
5	5.57	8.30	12.04	14.86	21.11	29.82
10	6.65	9.91	14.37	17.73	25.18	35.58
25	8.07	12.03	17.44	21.52	30.57	43.19
50	9.15	13.63	19.77	24.39	34.65	48.95

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

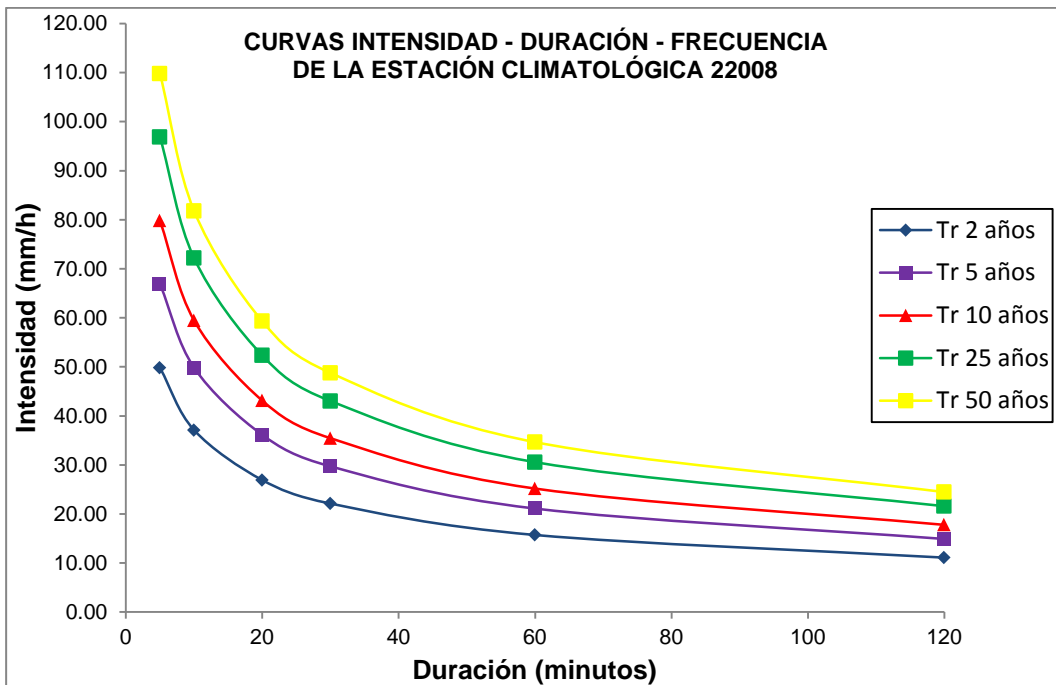
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	49.80	37.10	26.91	22.13	15.72	11.10
5	66.87	49.82	36.13	29.71	21.11	14.91
10	79.79	59.44	43.11	35.45	25.18	17.79
25	96.86	72.15	52.33	43.04	30.57	21.59
50	109.77	81.77	59.31	48.78	34.65	24.47



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 6. La Palma, Pedro Escobedo (22009)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22009, La Palma, Pedro Escobedo					
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1949	39.80	1969	43.80	1990	40.60
1950	29.40	1970	31.20	1991	54.00
1951	54.80	1971	49.30	1992	57.10
1952	46.80	1972	51.50	1993	42.00
1953	106.30	1973	67.20		
1954	38.80	1974	41.50		
1955	48.00	1975	53.00		
1956	38.40	1976	62.50		
1957	40.00	1977	85.00		
1958	72.00	1978	26.50		
1959	46.00	1979	44.00		
1960	56.40	1980	37.00		
1961	31.50	1981	12.60		
1962	58.00	1982	48.20		
1963	66.00	1983	57.80		
1964	51.50	1984	46.00		
1965	48.20	1986	5.50		
1966	66.70	1987	60.50		
1967	44.30	1988	86.00		
1968	62.50	1989	40.60		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	4.395	5.109
Mínimo error estándar:		
4.395		
Calculado por la función:		
Gumbel (Momentos)		

**Parámetros estadísticos de la muestra.**

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	49.745
$\sigma=$	17.948
$\gamma=$	0.552
$\kappa=$	5.192

**Parámetros de la función.**

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0715	0.0575
Beta	41.6689	40.9959

**Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno  
(Método Gumbel)**

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	46.8	47.37
5	62.66	67.08
10	73.16	80.13
25	86.43	96.62
50	96.27	108.85
100	106.05	120.99

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.36	3.39	4.82	5.91	8.33	11.73
5	2.97	4.28	6.08	7.45	10.51	14.79
10	3.44	4.95	7.03	8.62	12.15	17.10
25	4.06	5.83	8.29	10.16	14.33	20.16
50	4.52	6.50	9.25	11.32	15.97	22.48

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	28.31	20.36	14.47	11.82	8.33	5.86
5	35.70	25.67	18.25	14.90	10.51	7.39
10	41.28	29.69	21.10	17.23	12.15	8.55
25	48.67	35.00	24.88	20.32	14.33	10.08
50	54.26	39.02	27.74	22.65	15.97	11.24

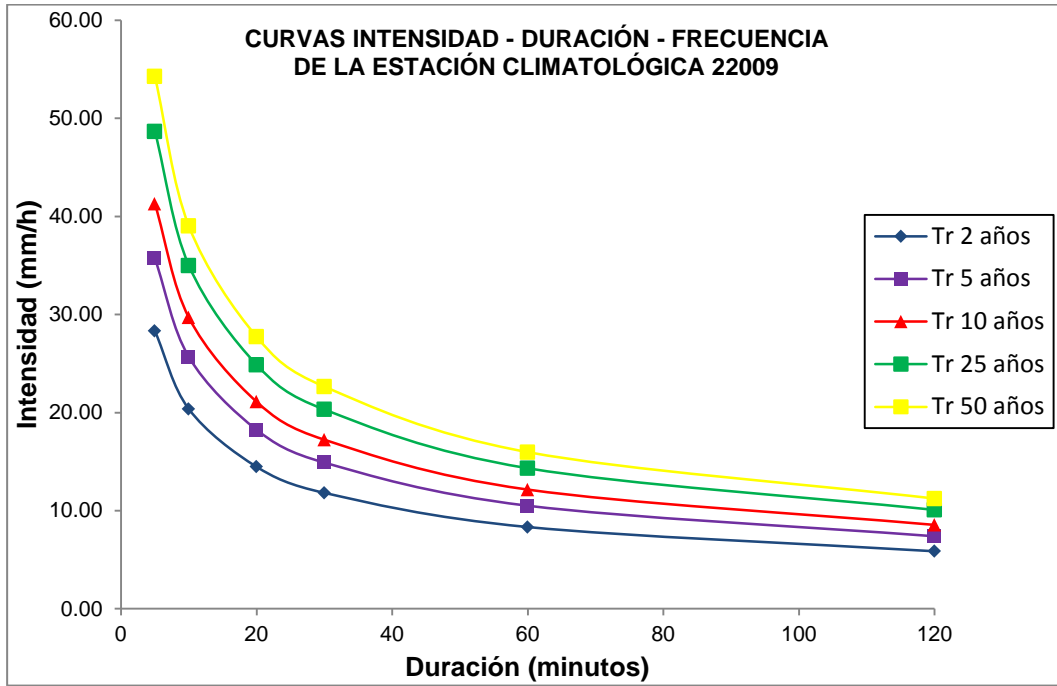
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.83	4.15	6.06	7.56	11.01	16.02
5	3.72	5.46	7.98	9.94	14.48	21.07
10	4.40	6.45	9.42	11.75	17.11	24.89
25	5.29	7.76	11.33	14.13	20.58	29.94
50	5.97	8.75	12.78	15.93	23.20	33.76

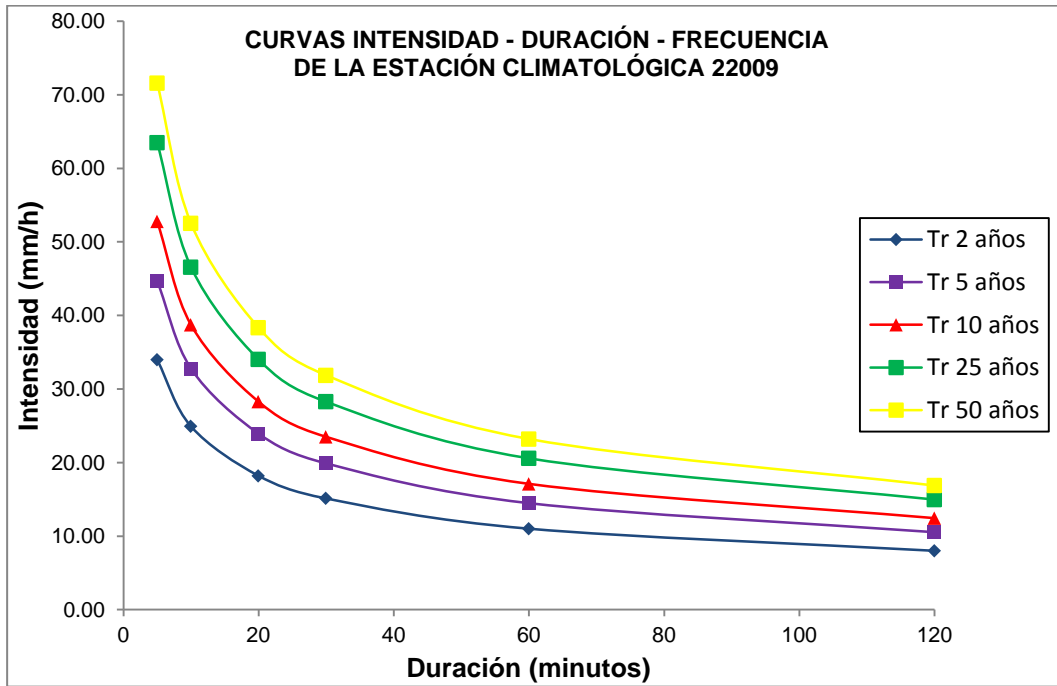
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	33.96	24.91	18.19	15.12	11.01	8.01
5	44.67	32.77	23.93	19.89	14.48	10.54
10	52.77	38.71	28.27	23.49	17.11	12.45
25	63.48	46.56	34.00	28.26	20.58	14.97
50	71.58	52.51	38.34	31.87	23.20	16.88

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 7. Pedro Escobedo (22011)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22011, Pedro Escobedo			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1942	36.00	1962	48.00
1943	41.00	1963	90.00
1944	37.50	1964	72.00
1945	41.00	1966	60.00
1946	60.00	1967	70.00
1947	40.00	1968	43.00
1948	51.50	1969	80.00
1949	87.50	1970	50.00
1950	40.50	1971	50.00
1951	50.00	1972	80.00
1952	44.50	1973	18.00
1953	45.00	1974	195.00
1954	80.00	1975	30.40
1955	60.00		
1956	54.00		
1957	60.00		
1958	93.00		
1959	52.00		
1960	94.00		
1961	23.00		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	12.910	14.352
Mínimo error estándar:		
	12.910	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	59.906
$\sigma=$	31.392
$\gamma=$	2.576
$\kappa=$	12.986

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0409	0.0503
Beta	45.7798	47.4677

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	54.75	54.76
5	82.49	77.31
10	100.86	92.24
25	124.07	111.11
50	141.29	125.1
100	158.38	138.99

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.65	5.39	7.80	9.63	13.73	19.50
5	5.03	7.42	10.74	13.26	18.91	26.86
10	6.07	8.96	12.97	16.01	22.83	32.42
25	7.44	10.99	15.91	19.65	28.01	39.78
50	8.49	12.53	18.14	22.40	31.93	45.35

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	43.78	32.33	23.40	19.26	13.73	9.75
5	60.30	44.54	32.23	26.53	18.91	13.43
10	72.80	53.77	38.91	32.03	22.83	16.21
25	89.32	65.97	47.74	39.30	28.01	19.89
50	101.82	75.20	54.43	44.79	31.93	22.67

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

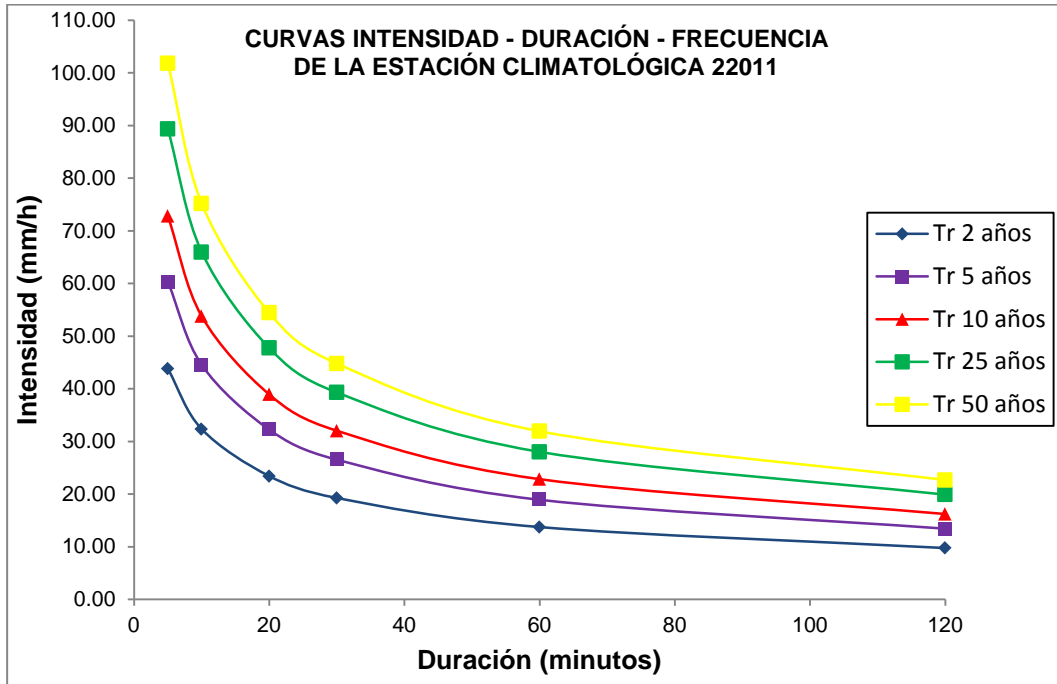
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.46	5.11	7.40	9.13	13.02	18.49
5	4.54	6.71	9.71	11.99	17.09	24.27
10	5.36	7.91	11.46	14.14	20.17	28.64
25	6.44	9.51	13.77	17.00	24.23	34.41
50	7.26	10.72	15.51	19.15	27.31	38.78

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

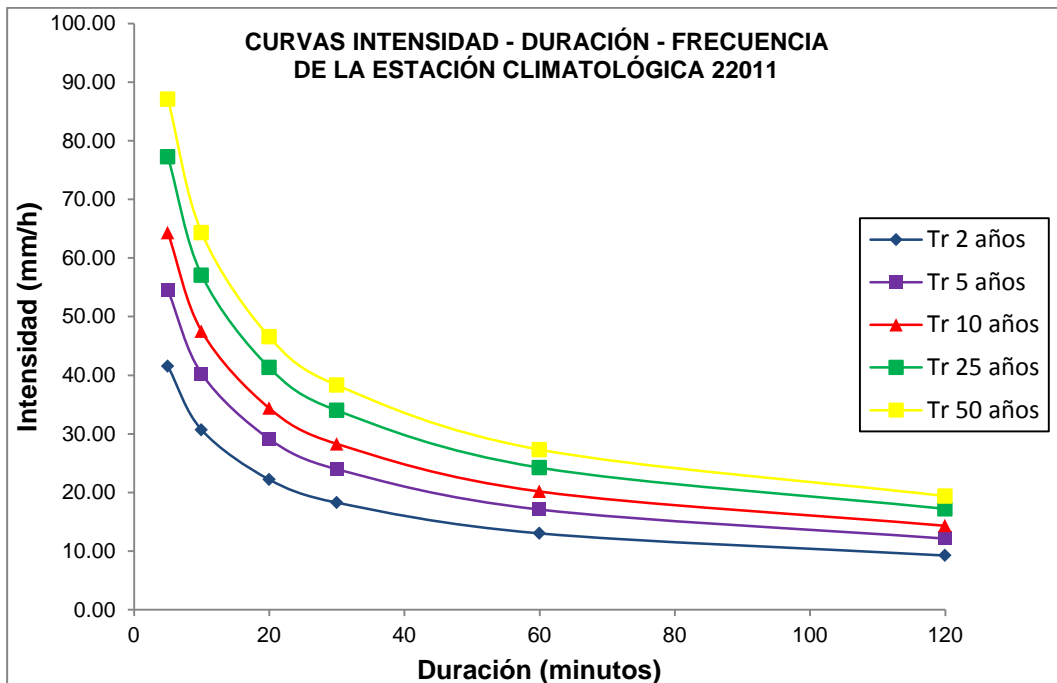
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	41.52	30.66	22.19	18.27	13.02	9.25
5	54.49	40.24	29.12	23.97	17.09	12.13
10	64.30	47.49	34.37	28.29	20.17	14.32
25	77.27	57.06	41.30	33.99	24.23	17.21
50	87.08	64.31	46.54	38.31	27.31	19.39



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 8. San Juan Del Río (SMN) (22015)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22015, San Juan Del Río (SMN)					
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1922	57.50	1965	33.20	1985	55.60
1923	45.30	1966	37.50	1986	46.70
1924	58.70	1967	36.00	1987	37.70
1925	66.00	1968	46.20	1985	55.60
1926	50.70	1969	73.50		
1927	240.00	1970	71.80		
1928	41.20	1971	47.90		
1929	37.50	1972	41.50		
1930	43.70	1973	86.50		
1931	50.50	1974	50.10		
1933	0.70	1975	51.00		
1936	50.00	1976	74.90		
1937	80.00	1977	44.40		
1938	45.00	1978	47.60		
1939	2.00	1979	37.00		
1941	22.50	1980	31.10		
1961	39.20	1981	52.00		
1962	49.50	1982	37.30		
1963	56.80	1983	49.50		
1964	41.00	1984	66.00		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	20.798	20.627
Mínimo error estándar:		
20.627		
Calculado por la función:		
Gumbel (Máxima Verosimilitud)		

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	51.926
$\sigma=$	33.866
$\gamma=$	4.131
$\kappa=$	25.887

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0379	0.0472
Beta	36.686	40.2249

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	46.36	48
5	76.29	72.04
10	96.11	87.95
25	121.15	108.06
50	139.72	122.98
100	158.16	137.78

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.70	5.53	7.98	9.80	13.78	19.24
5	5.43	8.11	11.72	14.39	20.24	28.25
10	6.74	10.07	14.55	17.86	25.12	35.07
25	8.47	12.66	18.28	22.45	31.57	44.07
50	9.79	14.61	21.11	25.92	36.46	50.89

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	44.40	33.15	23.95	19.60	13.78	9.62
5	65.19	48.67	35.16	28.78	20.24	14.13
10	80.91	60.42	43.64	35.72	25.12	17.53
25	101.70	75.94	54.85	44.90	31.57	22.04
50	117.43	87.68	63.33	51.84	36.46	25.44

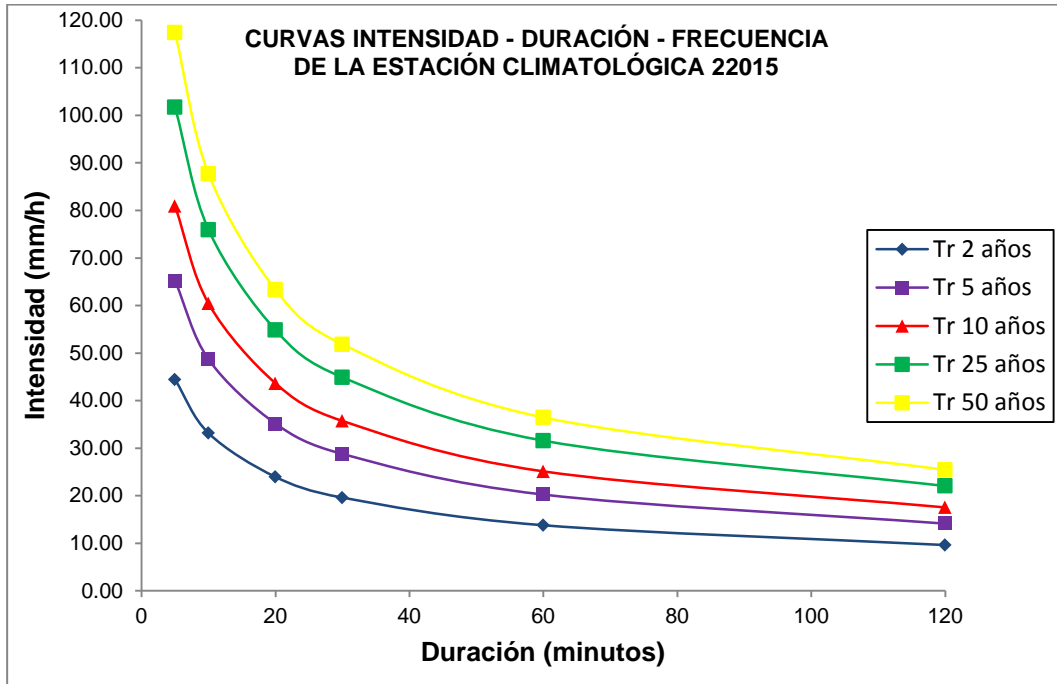
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.64	5.46	7.90	9.71	13.67	19.09
5	5.00	7.50	10.85	13.34	18.77	26.22
10	6.03	9.04	13.09	16.08	22.64	31.61
25	7.39	11.08	16.04	19.71	27.74	38.74
50	8.42	12.62	18.27	22.45	31.60	44.13

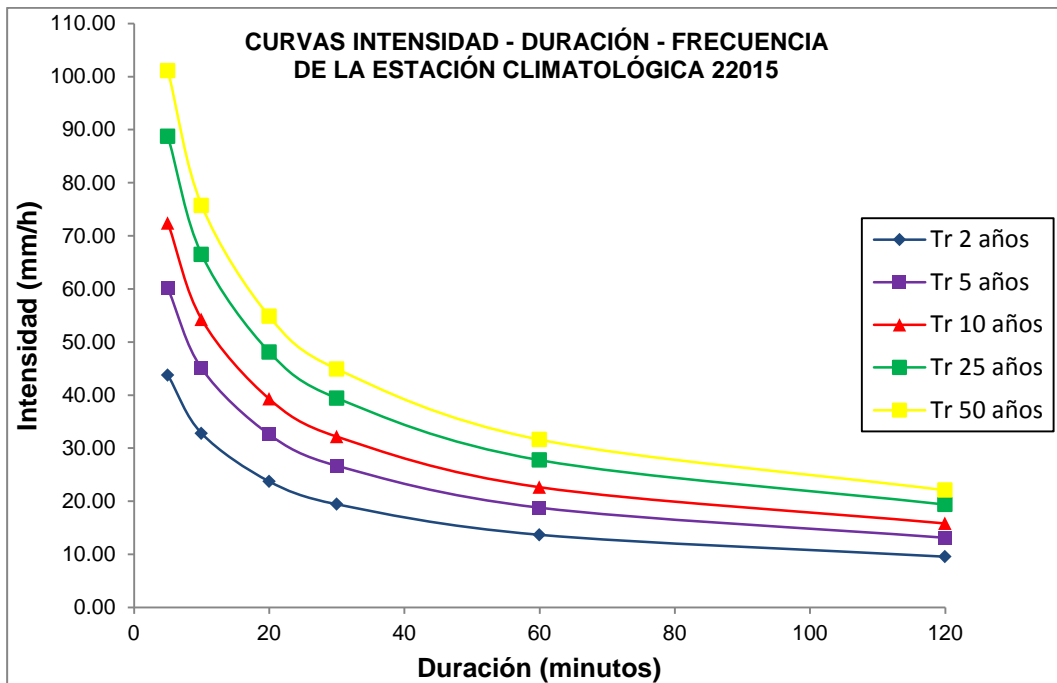
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	43.73	32.76	23.71	19.43	13.67	9.55
5	60.06	44.99	32.56	26.68	18.77	13.11
10	72.41	54.24	39.26	32.16	22.64	15.81
25	88.74	66.47	48.11	39.42	27.74	19.37
50	101.09	75.72	54.81	44.90	31.60	22.06

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 9. Mineral, San Joaquín (22016)

Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22016, San Joaquín, Mineral	
Año	Lluvia Máxima (mm)
1962	95.00
1963	160.00
1964	60.00
1965	33.40
1966	29.50
1968	55.50
1969	120.00
1970	160.00
1971	80.00
1972	95.00
1973	80.00
1974	50.50
1975	60.30
1976	85.50
1977	42.00
1978	80.40
1979	84.00
1980	72.00
1981	83.00

Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	10.017	10.363
Mínimo error estándar:	10.017	
Calculado por la función:	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	80.321
$\sigma=$	36.049
$\gamma=$	0.969
$\kappa=$	4.295

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0356	0.0363
Beta	64.0989	64.2861

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	74.4	74.37
5	106.26	105.56
10	127.35	126.21
25	154.01	152.3
50	173.78	171.66
100	193.4	190.87

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	5.01	7.43	10.76	13.27	18.83	26.59
5	6.63	9.84	14.25	17.56	24.93	35.20
10	7.86	11.66	16.88	20.81	29.54	41.71
25	9.48	14.07	20.37	25.10	35.64	50.32
50	10.70	15.89	23.00	28.35	40.25	56.84

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	60.09	44.61	32.29	26.53	18.83	13.30
5	79.55	59.05	42.74	35.12	24.93	17.60
10	94.27	69.98	50.65	41.62	29.54	20.86
25	113.72	84.42	61.10	50.21	35.64	25.16
50	128.44	95.35	69.01	56.71	40.25	28.42

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

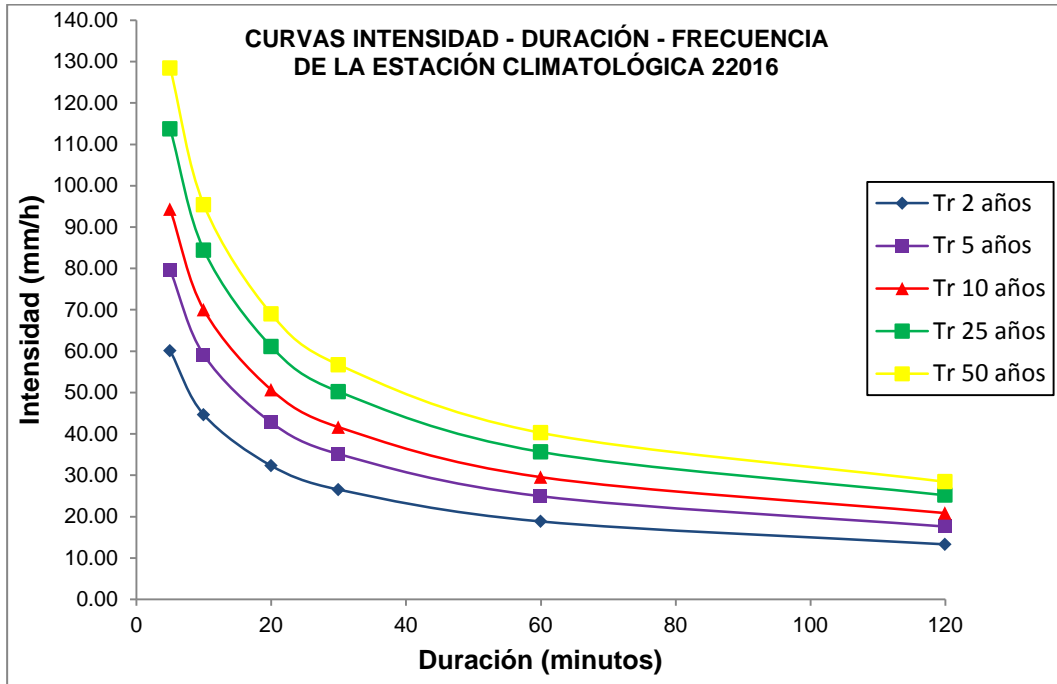
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	5.07	7.56	10.96	13.52	19.21	27.14
5	6.68	9.96	14.44	17.82	25.31	35.76
10	7.90	11.77	17.08	21.07	29.93	42.28
25	9.51	14.17	20.56	25.36	36.03	50.90
50	10.73	15.99	23.19	28.61	40.65	57.42

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

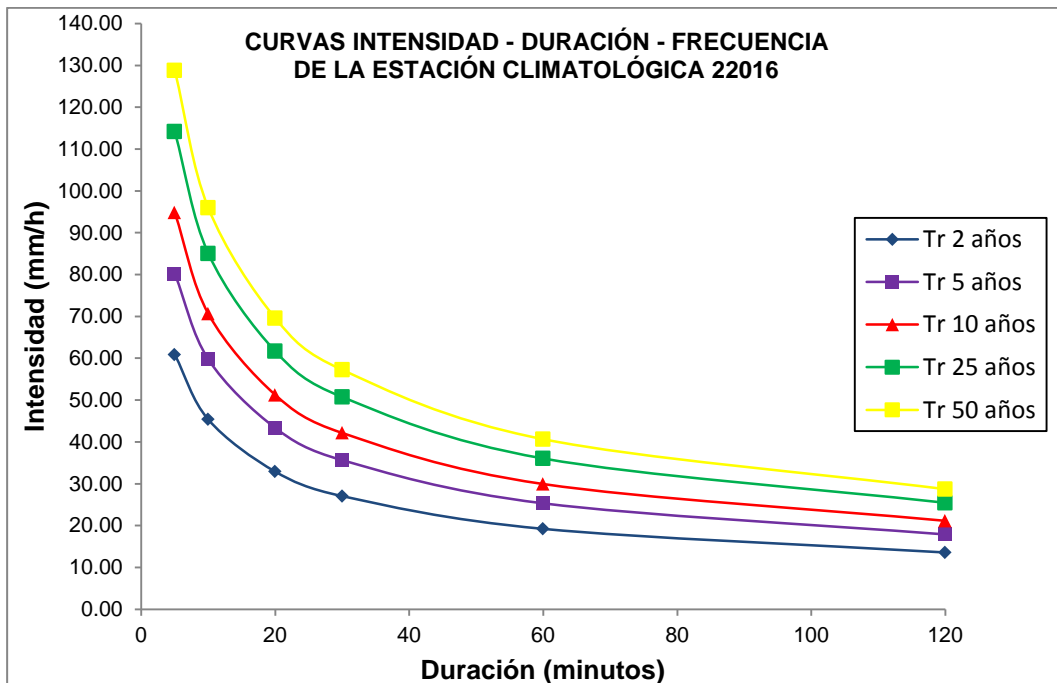
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	60.87	45.34	32.89	27.05	19.21	13.57
5	80.20	59.74	43.33	35.64	25.31	17.88
10	94.82	70.64	51.23	42.13	29.93	21.14
25	114.15	85.04	61.68	50.72	36.03	25.45
50	128.78	95.93	69.58	57.22	40.65	28.71



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 10. La Lagunita, Landa de Matamoros (22019)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22019, La Lagunita, Landa De Matamoros			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1972	40.00	1992	48.50
1973	43.00	1993	80.80
1974	100.00	1994	25.80
1975	59.30	1995	31.50
1976	71.00	1996	54.20
1977	53.30	1997	40.50
1978	100.00	1998	42.50
1979	101.00	1999	30.40
1980	44.00	2000	35.50
1981	65.50	2001	32.00
1982	26.00		
1983	23.50		
1984	25.50		
1985	57.00		
1986	44.50		
1987	80.00		
1988	20.20		
1989	22.50		
1990	65.00		
1991	5.20		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	4.874	4.592
Mínimo error estándar:		
	4.592	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	48.94
$\sigma=$	25.07
$\gamma=$	0.681
$\kappa=$	3.092

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0512	0.05
Beta	37.6586	37.4391

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	44.82	44.78
5	66.98	67.46
10	81.65	82.48
25	100.18	101.46
50	113.93	115.54
100	127.58	129.52

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.32	4.97	7.21	8.89	12.57	17.66
5	4.55	6.81	9.88	12.16	17.21	24.17
10	5.48	8.20	11.89	14.64	20.72	29.10
25	6.70	10.03	14.55	17.92	25.35	35.62
50	7.63	11.42	16.56	20.40	28.86	40.55

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	39.88	29.84	21.64	17.77	12.57	8.83
5	54.59	40.85	29.63	24.33	17.21	12.09
10	65.72	49.18	35.67	29.29	20.72	14.55
25	80.43	60.19	43.65	35.85	25.35	17.81
50	91.56	68.52	49.69	40.81	28.86	20.27

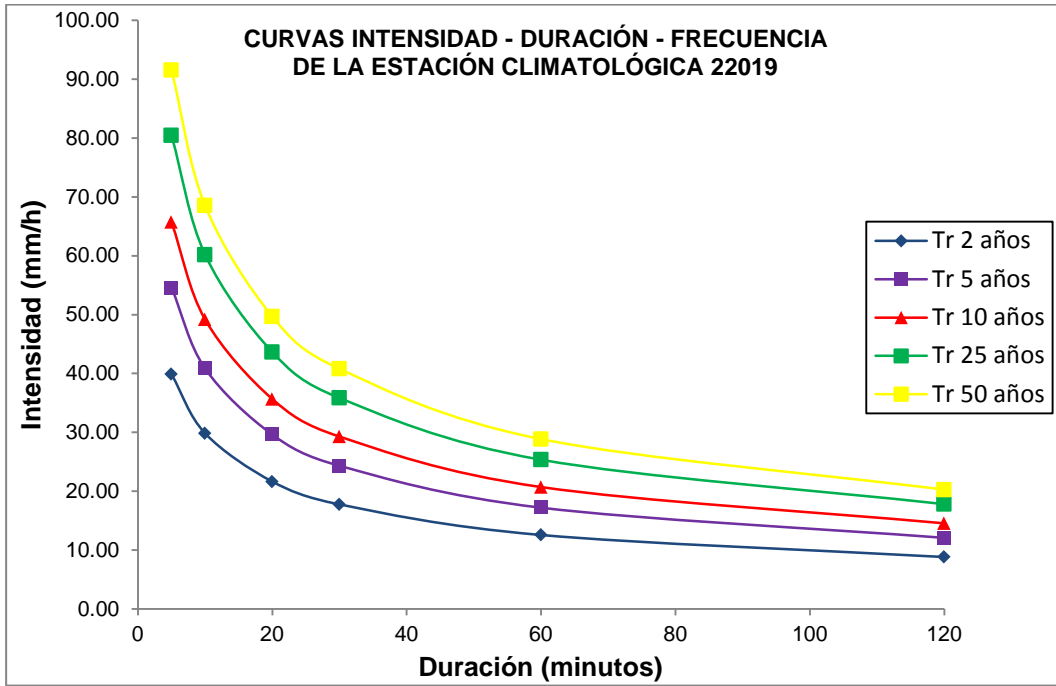
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.30	4.94	7.15	8.79	12.40	17.36
5	4.55	6.80	9.84	12.11	17.08	23.91
10	5.49	8.21	11.88	14.62	20.62	28.87
25	6.74	10.07	14.58	17.93	25.29	35.42
50	7.68	11.48	16.62	20.44	28.83	40.38

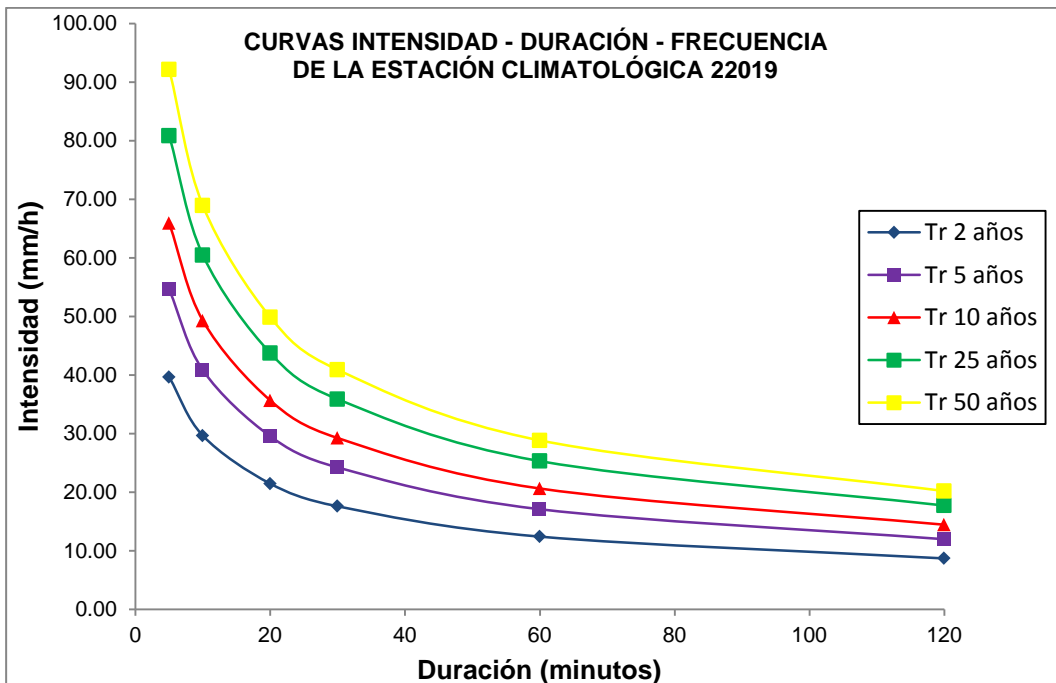
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	39.63	29.62	21.44	17.58	12.40	8.68
5	54.59	40.80	29.53	24.21	17.08	11.96
10	65.90	49.26	35.65	29.23	20.62	14.43
25	80.86	60.44	43.75	35.87	25.29	17.71
50	92.17	68.90	49.87	40.88	28.83	20.19

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 11. San Juan Del Río (DGE) (22022)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22022, San Juan Del Río (DGE)			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1973	86.50	1993	36.00
1974	50.10	1994	13.00
1975	51.00	1995	56.00
1976	74.90	1996	36.00
1977	44.40	1997	40.00
1978	47.60	1998	60.70
1979	37.00	1999	6.40
1980	31.10	2000	38.80
1981	52.00	2001	66.50
1982	37.30		
1983	49.50		
1984	66.00		
1985	55.60		
1986	46.70		
1987	37.70		
1988	32.20		
1989	30.00		
1990	29.50		
1991	25.00		
1992	86.00		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	4.017	3.551
Mínimo error estándar: 3.551		
Calculado por la función: Gumbel (Máxima Verosimilitud)		

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	45.638
$\sigma=$	18.849
$\gamma=$	0.35
$\kappa=$	3.572

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.068	0.058
Beta	37.1558	36.554

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	42.54	42.87
5	59.2	62.42
10	70.23	75.36
25	84.17	91.72
50	94.5	103.85
100	104.77	115.89

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.86	4.25	6.15	7.58	10.76	15.19
5	3.71	5.51	7.98	9.84	13.96	19.72
10	4.36	6.47	9.37	11.55	16.39	23.15
25	5.21	7.74	11.20	13.81	19.60	27.68
50	5.86	8.70	12.59	15.52	22.03	31.10

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	34.32	25.48	18.44	15.15	10.76	7.59
5	44.56	33.08	23.94	19.67	13.96	9.86
10	52.31	38.83	28.10	23.09	16.39	11.57
25	62.54	46.43	33.60	27.61	19.60	13.84
50	70.29	52.18	37.76	31.03	22.03	15.55

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

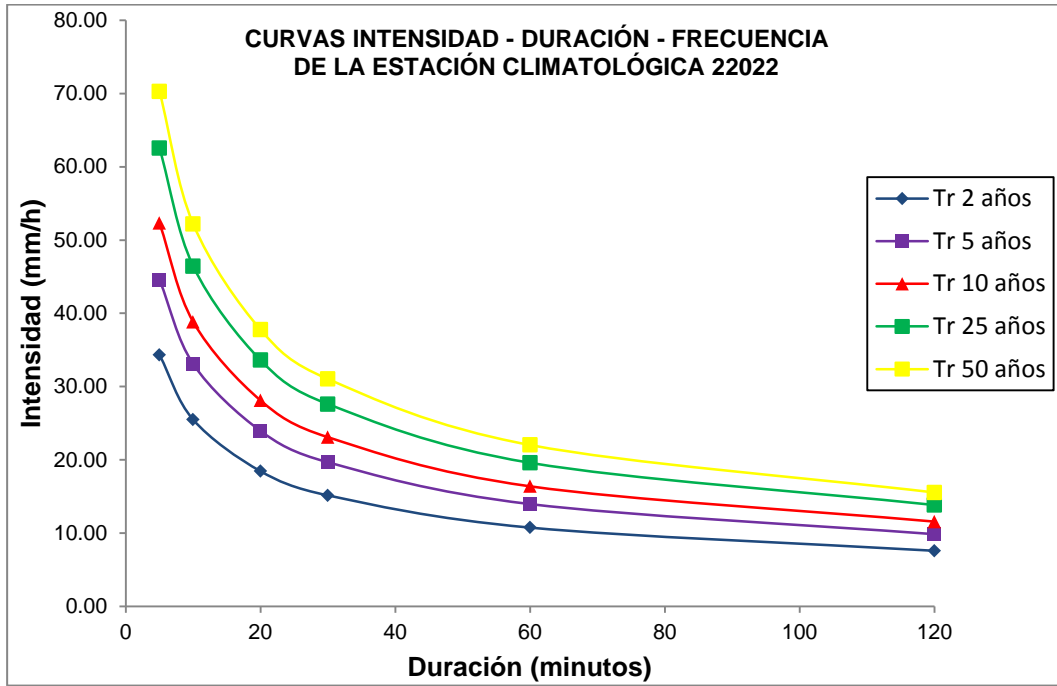
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.86	4.22	6.10	7.54	10.75	15.26
5	3.83	5.66	8.20	10.12	14.43	20.49
10	4.58	6.76	9.78	12.08	17.22	24.45
25	5.55	8.20	11.88	14.66	20.90	29.68
50	6.29	9.30	13.46	16.62	23.69	33.64

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

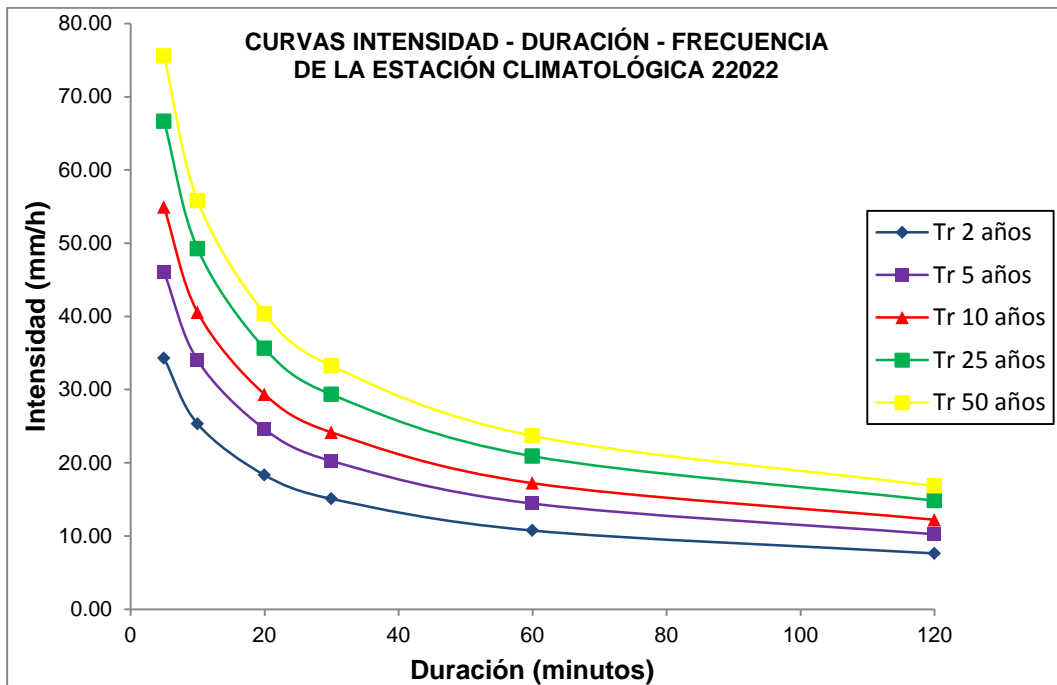
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	34.26	25.30	18.31	15.07	10.75	7.63
5	46.01	33.98	24.59	20.24	14.43	10.25
10	54.90	40.55	29.35	24.15	17.22	12.23
25	66.65	49.22	35.63	29.32	20.90	14.84
50	75.54	55.79	40.38	33.23	23.69	16.82



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 12. Presa Centenario (22025)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22025, Presa Centenario					
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1951	50.00	1971	54.50	1991	38.80
1952	43.00	1972	43.00	1992	62.00
1953	66.00	1973	90.50	1993	31.00
1954	39.50	1974	40.80	1994	41.00
1955	47.00	1975	42.00	1995	48.00
1956	52.00	1976	90.00	1996	67.00
1957	34.00	1977	34.50	1997	44.00
1958	60.00	1978	32.20	1998	55.00
1959	45.00	1979	43.50	1999	65.50
1960	27.00	1980	90.00	2000	61.50
1961	58.00	1981	27.30	2001	13.00
1962	52.00	1982	50.50		
1963	64.00	1983	34.40		
1964	54.00	1984	60.00		
1965	40.50	1985	49.50		
1966	36.00	1986	70.00		
1967	55.00	1987	55.00		
1968	52.00	1988	49.00		
1969	75.50	1989	70.50		
1970	55.50	1990	47.00		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	2.952	3.056
Mínimo error estándar:		
	2.952	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	51.118
$\sigma=$	15.956
$\gamma=$	0.506
$\kappa=$	3.849

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0804	0.0686
Beta	43.9376	43.374

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	48.5	48.72
5	62.6	65.25
10	71.93	76.2
25	83.73	90.03
50	92.48	100.29
100	101.17	110.47

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.01	4.49	6.56	8.16	11.79	16.96
5	3.69	5.50	8.05	10.01	14.45	20.79
10	4.21	6.27	9.17	11.40	16.46	23.69
25	4.89	7.28	10.65	13.25	19.13	27.53
50	5.40	8.05	11.78	14.64	21.14	30.43

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	36.14	26.92	19.69	16.32	11.79	8.48
5	44.31	33.00	24.14	20.01	14.45	10.40
10	50.48	37.60	27.51	22.80	16.46	11.85
25	58.65	43.68	31.96	26.49	19.13	13.76
50	64.83	48.29	35.33	29.28	21.14	15.21

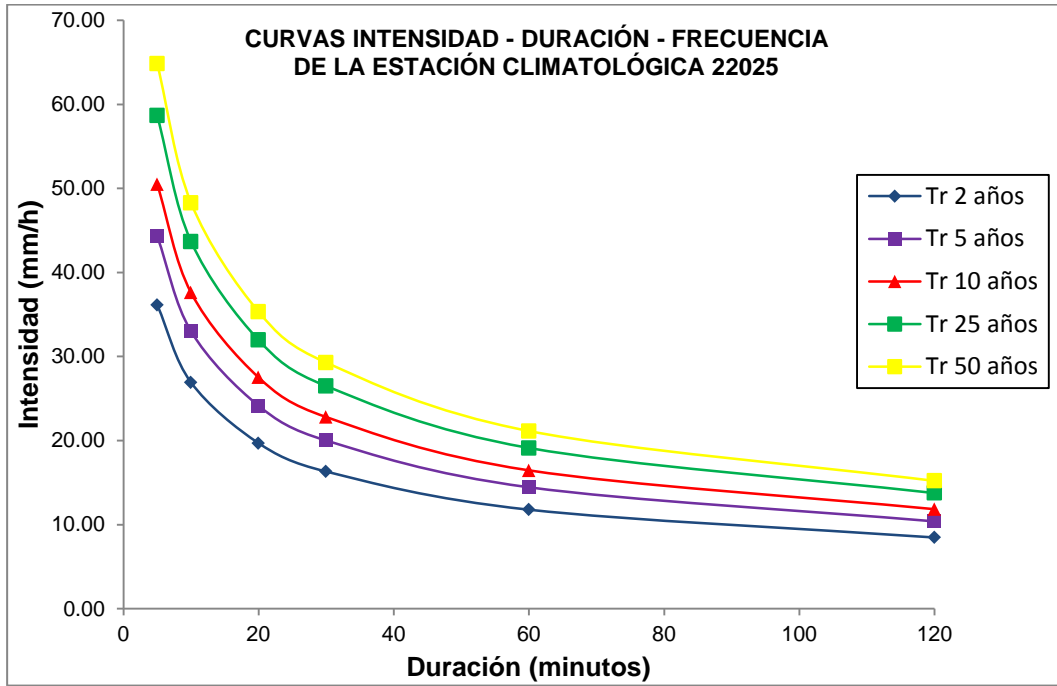
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.95	4.35	6.34	7.88	11.36	16.33
5	3.71	5.49	8.00	9.93	14.32	20.59
10	4.30	6.35	9.25	11.49	16.56	23.82
25	5.06	7.49	10.91	13.54	19.53	28.08
50	5.65	8.35	12.16	15.10	21.77	31.30

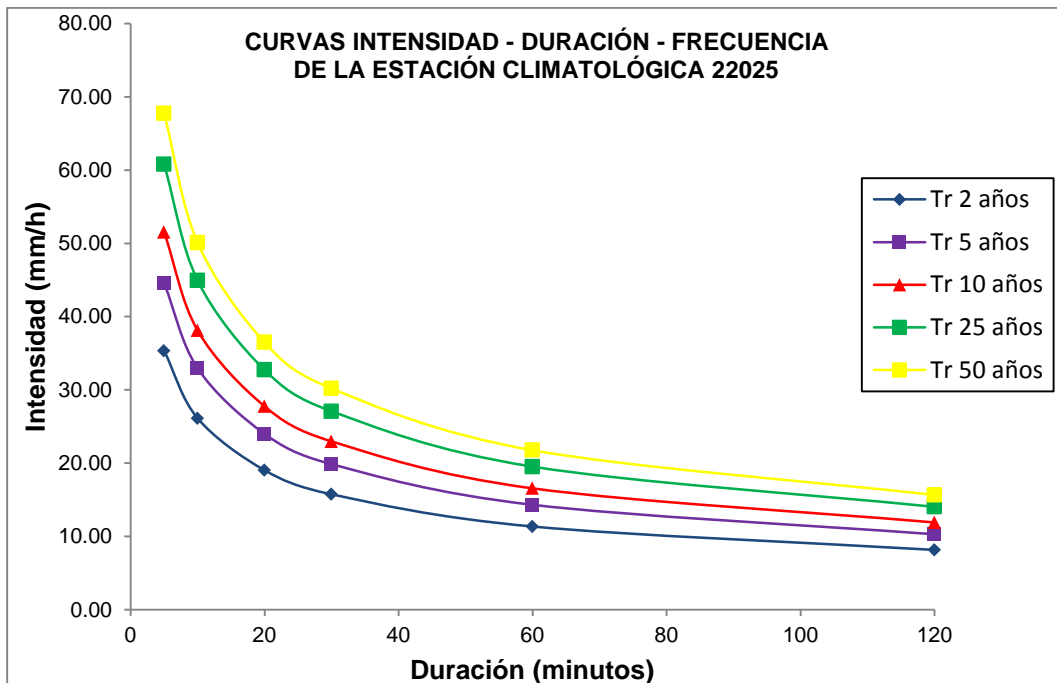
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	35.35	26.13	19.03	15.75	11.36	8.16
5	44.57	32.94	24.00	19.86	14.32	10.30
10	51.55	38.10	27.76	22.97	16.56	11.91
25	60.78	44.92	32.73	27.09	19.53	14.04
50	67.76	50.08	36.48	30.20	21.77	15.65

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



### B 13. Palmillas, San Juan Del Río (22030)

#### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22030, Palmillas, San Juan Del Río	
Año	Lluvia Máxima (mm)
1973	40.20
1974	40.70
1975	45.00
1976	38.20
1977	40.00
1978	41.30
1979	29.30
1980	48.00
1981	43.00
1982	48.00
1983	42.00
1984	49.00
1985	48.00
1986	91.00
1987	28.00
1988	43.00
1989	29.00
1990	29.00
1991	69.90

#### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	6.165	6.935
Mínimo error estándar:		
	6.165	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	44.347
$\sigma=$	14.836
$\gamma=$	1.958
$\kappa=$	8.219

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0864	0.1037
Beta	37.6712	38.3038

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	41.91	41.84
5	55.02	52.77
10	63.7	60.01
25	74.67	69.15
50	82.81	75.94
100	90.89	82.67

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.19	4.78	6.92	8.51	11.98	16.73
5	3.97	5.94	8.60	10.57	14.88	20.77
10	4.55	6.82	9.87	12.13	17.07	23.84
25	5.32	7.98	11.55	14.19	19.97	27.89
50	5.91	8.85	12.81	15.75	22.16	30.95

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	38.31	28.70	20.77	17.02	11.98	8.36
5	47.59	35.65	25.80	21.14	14.88	10.39
10	54.60	40.91	29.61	24.26	17.07	11.92
25	63.88	47.85	34.64	28.38	19.97	13.94
50	70.90	53.11	38.44	31.49	22.16	15.48

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

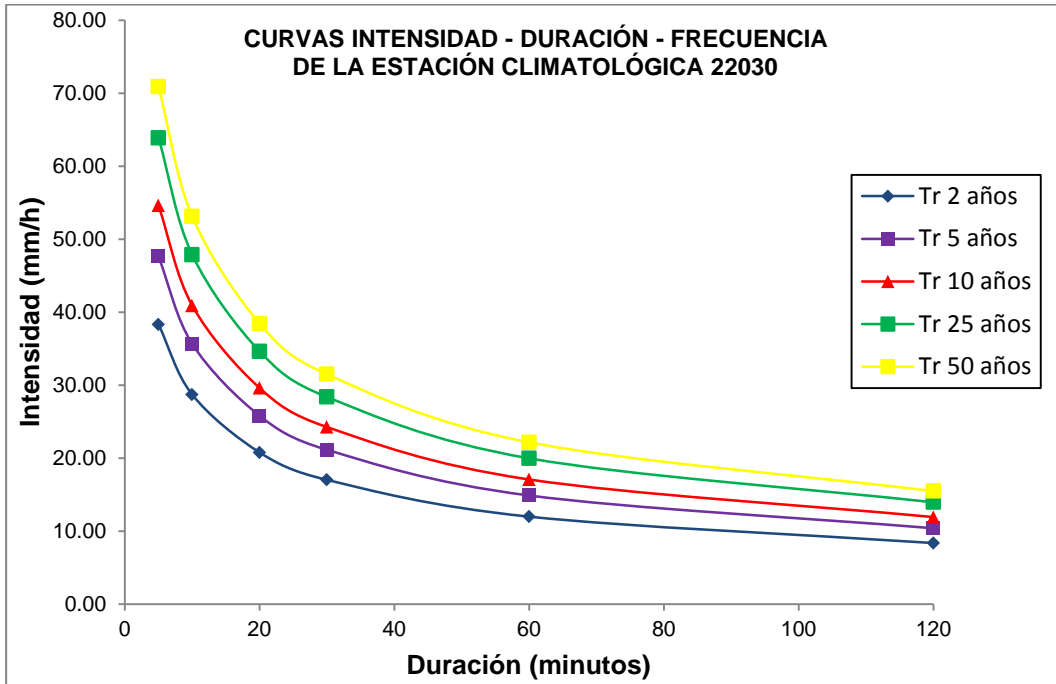
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.16	4.74	6.85	8.42	11.86	16.56
5	3.81	5.70	8.25	10.14	14.28	19.94
10	4.29	6.43	9.31	11.44	16.11	22.49
25	4.94	7.40	10.71	13.16	18.53	25.87
50	5.43	8.13	11.77	14.46	20.36	28.43

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

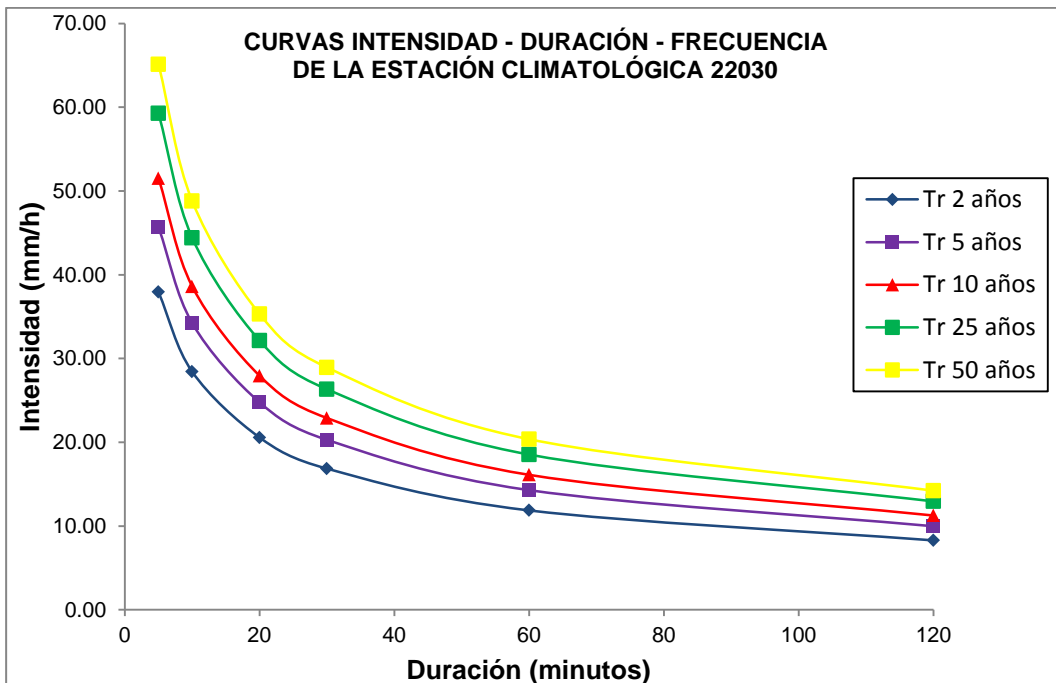
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	37.93	28.41	20.56	16.85	11.86	8.28
5	45.67	34.21	24.76	20.29	14.28	9.97
10	51.53	38.60	27.94	22.89	16.11	11.25
25	59.27	44.40	32.14	26.33	18.53	12.94
50	65.13	48.79	35.31	28.93	20.36	14.22



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



**B 14. Presa Constitución De 1917, San Juan del Río (22032)**

**Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.**

<b>Estación: 22032, Presa Constitución De 1917</b>	
<b>Año</b>	<b>Lluvia Máxima (mm)</b>
1973	66.30
1974	62.50
1975	42.80
1976	52.00
1977	54.70
1978	47.70
1979	29.50
1980	45.40
1981	37.90
1982	47.50
1983	68.00
1984	79.10
1985	35.80
1986	43.90
1987	40.60
1988	35.30
1989	43.40
1990	58.20
1991	65.70
1992	29.00

**Mínimo error estándar.**

<b>Función</b>	<b>Momentos</b>	<b>Máxima Verosimilitud</b>
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	2.778	2.432
Mínimo error estándar:	2.432	
Calculado por la función:	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	49.265
$\sigma=$	13.767
$\gamma=$	0.487
$\kappa=$	2.929

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0932	0.0894
Beta	43.0701	42.8457

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	47	46.95
5	59.17	59.63
10	67.23	68.03
25	77.4	78.64
50	84.95	86.51
100	92.45	94.32

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.83	5.79	8.38	10.27	14.33	19.79
5	4.61	6.96	10.07	12.34	17.23	23.80
10	5.19	7.84	11.36	13.91	19.42	26.83
25	5.97	9.02	13.05	15.99	22.32	30.83
50	6.56	9.90	14.33	17.56	24.52	33.86

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	45.99	34.73	25.13	20.53	14.33	9.90
5	55.30	41.75	30.22	24.69	17.23	11.90
10	62.34	47.07	34.07	27.83	19.42	13.41
25	71.64	54.10	39.15	31.98	22.32	15.42
50	78.68	59.41	43.00	35.13	24.52	16.93

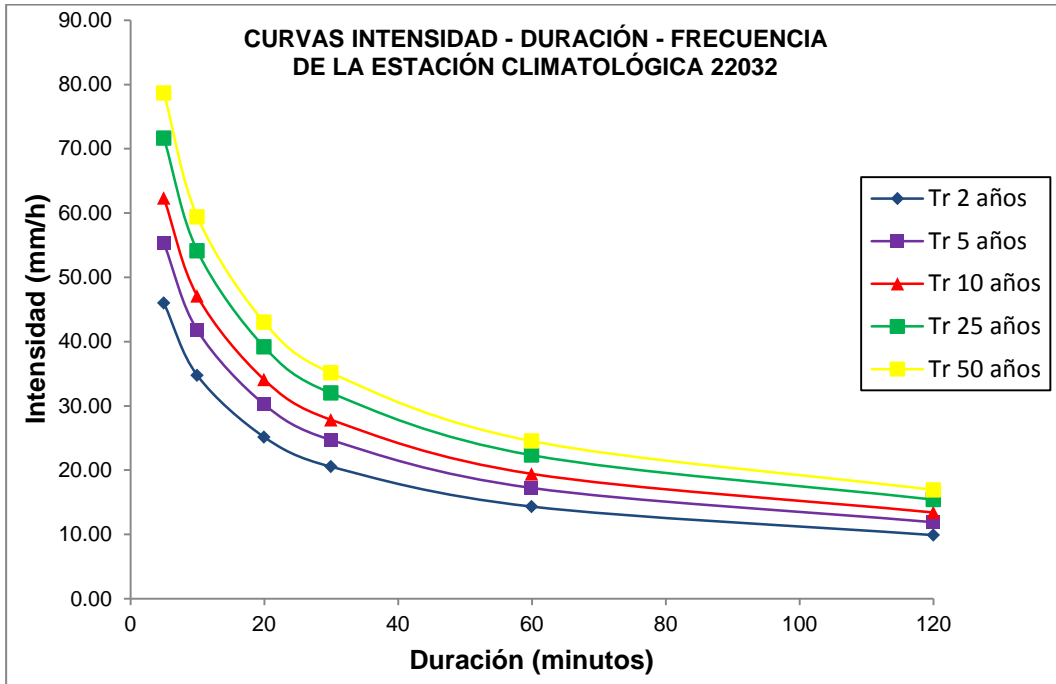
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.84	5.80	8.40	10.29	14.36	19.84
5	4.65	7.02	10.16	12.46	17.39	24.02
10	5.26	7.95	11.50	14.10	19.67	27.18
25	6.07	9.17	13.27	16.26	22.70	31.36
50	6.68	10.09	14.61	17.90	24.99	34.52

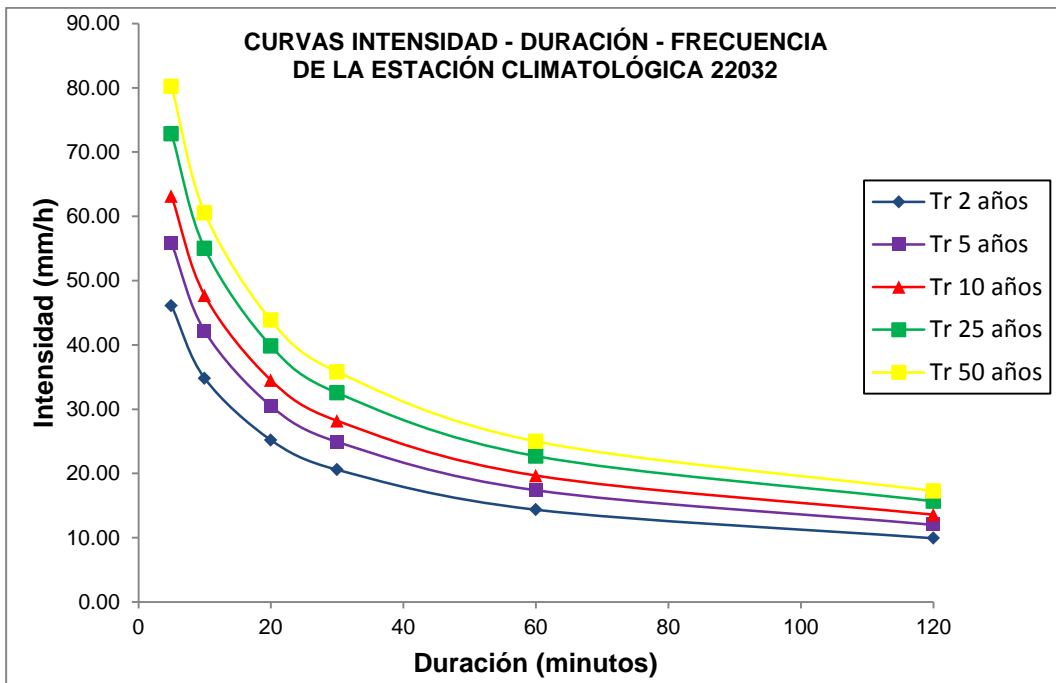
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	46.09	34.80	25.19	20.58	14.36	9.92
5	55.80	42.13	30.49	24.91	17.39	12.01
10	63.15	47.68	34.51	28.19	19.67	13.59
25	72.86	55.01	39.82	32.53	22.70	15.68
50	80.20	60.56	43.83	35.81	24.99	17.26

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 15. San Pablo, Amealco (22033)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22033, San Pablo, Amealco			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1973	50.00	1993	35.00
1974	102.50	1994	46.00
1975	53.50	1995	61.00
1976	61.00	1996	40.00
1977	62.00	1997	69.00
1978	54.00	1998	59.00
1979	74.50	1999	49.00
1980	38.20	2000	39.00
1981	35.00	2001	55.00
1982	100.00	2002	63.00
1983	93.00		
1984	56.00		
1985	95.00		
1986	82.00		
1987	28.00		
1988	38.00		
1989	107.00		
1990	66.00		
1991	74.50		
1992	51.50		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	4.174	4.183
Mínimo error estándar:		
	4.174	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	61.257
$\sigma=$	21.657
$\gamma=$	0.659
$\kappa=$	2.873

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0592	0.0588
Beta	51.5109	51.0976

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	57.7	57.33
5	76.84	76.59
10	89.51	89.35
25	105.52	105.47
50	117.4	117.42
100	129.19	129.29

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	4.15	6.20	8.98	11.04	15.58	21.81
5	5.21	7.79	11.28	13.87	19.56	27.39
10	6.01	8.99	13.01	16.00	22.57	31.61
25	7.07	10.58	15.31	18.83	26.55	37.18
50	7.88	11.77	17.04	20.96	29.57	41.40

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	49.80	37.22	26.94	22.09	15.58	10.91
5	62.53	46.74	33.83	27.73	19.56	13.70
10	72.15	53.94	39.04	32.01	22.57	15.80
25	84.88	63.45	45.92	37.65	26.55	18.59
50	94.51	70.65	51.13	41.92	29.57	20.70

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

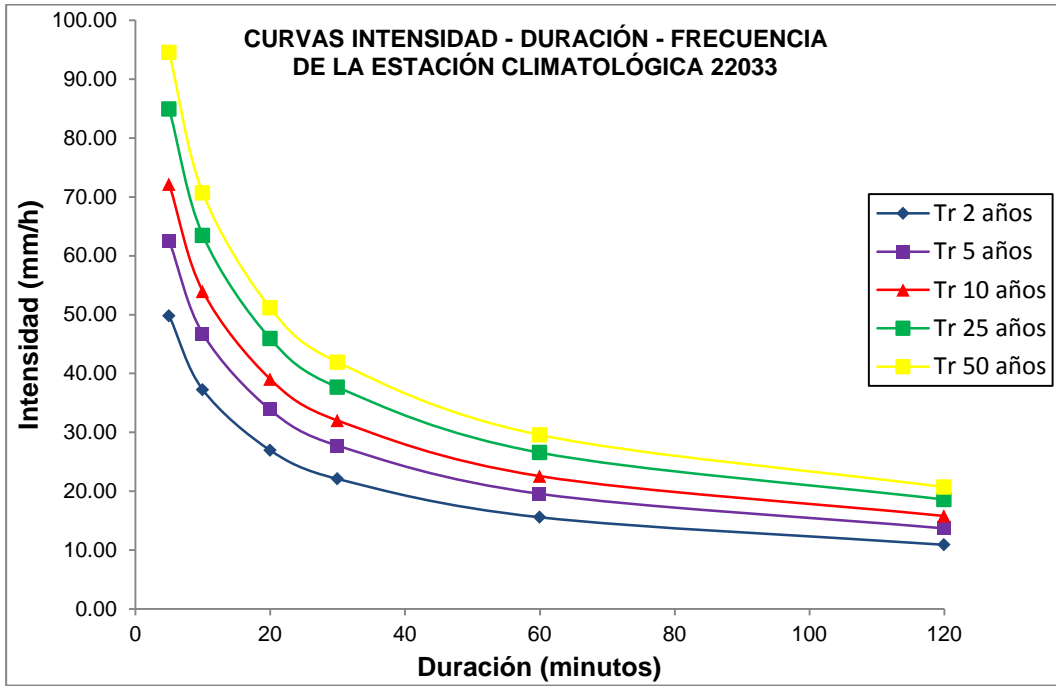
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	4.15	6.21	8.99	11.05	15.59	21.83
5	5.23	7.82	11.31	13.91	19.63	27.48
10	6.04	9.03	13.07	16.08	22.68	31.76
25	7.12	10.64	15.40	18.94	26.71	37.40
50	7.93	11.85	17.16	21.10	29.76	41.68

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

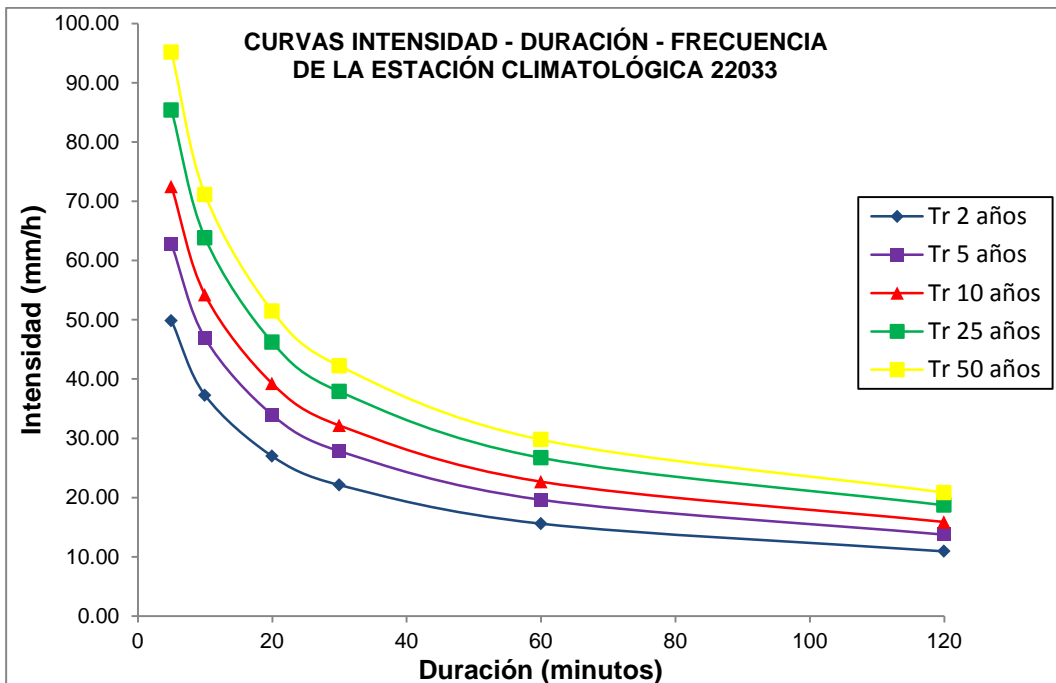
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	49.84	37.26	26.97	22.11	15.59	10.92
5	62.74	46.89	33.94	27.83	19.63	13.74
10	72.49	54.19	39.22	32.15	22.68	15.88
25	85.38	63.83	46.20	37.87	26.71	18.70
50	95.14	71.12	51.47	42.20	29.76	20.84



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



**B 16. Villa Bernal, Ezequiel Montes (22034)**

**Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.**

<b>Estación: 22034, Villa Bernal.</b>			
<b>Año</b>	<b>Lluvia Máxima (mm)</b>	<b>Año</b>	<b>Lluvia Máxima (mm)</b>
1973	45.00	1998	54.00
1974	22.10	1999	77.00
1975	41.00	2000	62.00
1976	80.00	2001	76.60
1977	38.00	2002	69.00
1978	54.30		
1979	55.30		
1980	36.00		
1981	46.40		
1982	47.00		
1983	59.00		
1984	25.00		
1985	34.00		
1986	48.30		
1987	43.00		
1988	38.00		
1989	12.00		
1990	31.10		
1996	29.00		
1997	31.00		

**Mínimo error estándar.**

<b>Función</b>	<b>Momentos</b>	<b>Máxima Verosimilitud</b>
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	3.665	2.901
Mínimo error estándar:		
	2.901	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	46.164
$\sigma=$	17.729
$\gamma=$	0.298
$\kappa=$	2.908

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0732	0.0641
Beta	38.1859	37.7184

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	43.25	43.44
5	58.92	61.13
10	69.29	72.85
25	82.4	87.65
50	92.13	98.63
100	101.78	109.53

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.80	4.14	5.99	7.40	10.55	14.98
5	3.58	5.29	7.66	9.45	13.48	19.14
10	4.17	6.16	8.91	11.01	15.69	22.28
25	4.95	7.31	10.58	13.06	18.62	26.44
50	5.54	8.18	11.84	14.61	20.84	29.59

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	33.64	24.84	17.98	14.80	10.55	7.49
5	42.97	31.74	22.97	18.91	13.48	9.57
10	50.03	36.95	26.74	22.01	15.69	11.14
25	59.37	43.85	31.73	26.12	18.62	13.22
50	66.43	49.06	35.51	29.23	20.84	14.79

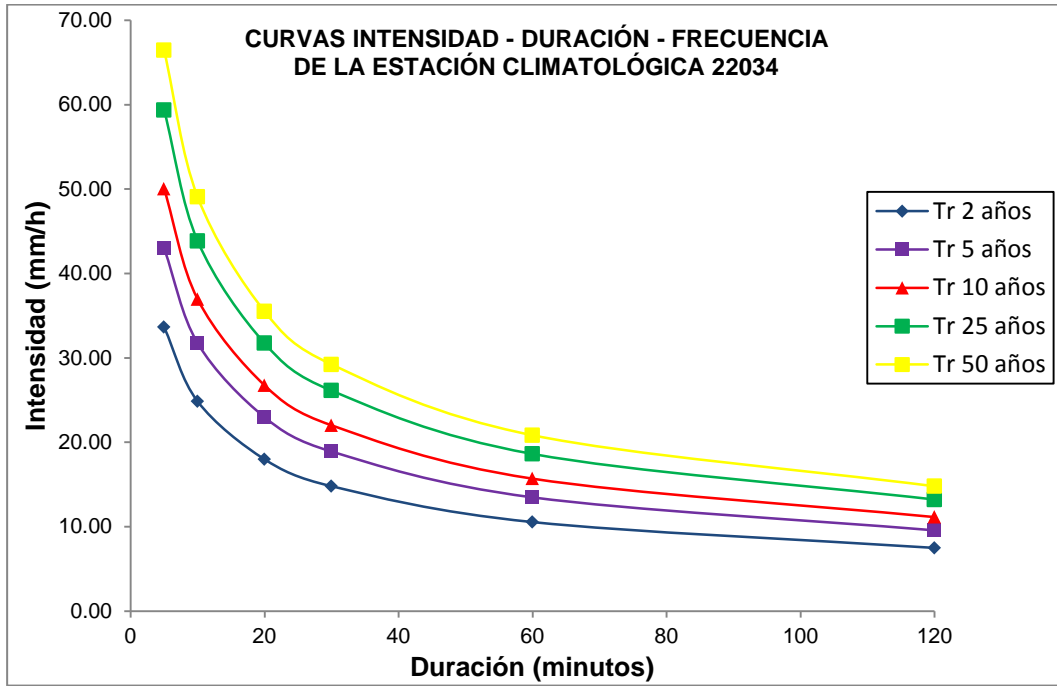
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.83	4.18	6.05	7.47	10.65	15.12
5	3.70	5.47	7.92	9.77	13.94	19.79
10	4.36	6.45	9.33	11.52	16.43	23.33
25	5.24	7.74	11.20	13.83	19.72	28.00
50	5.90	8.72	12.62	15.58	22.21	31.54

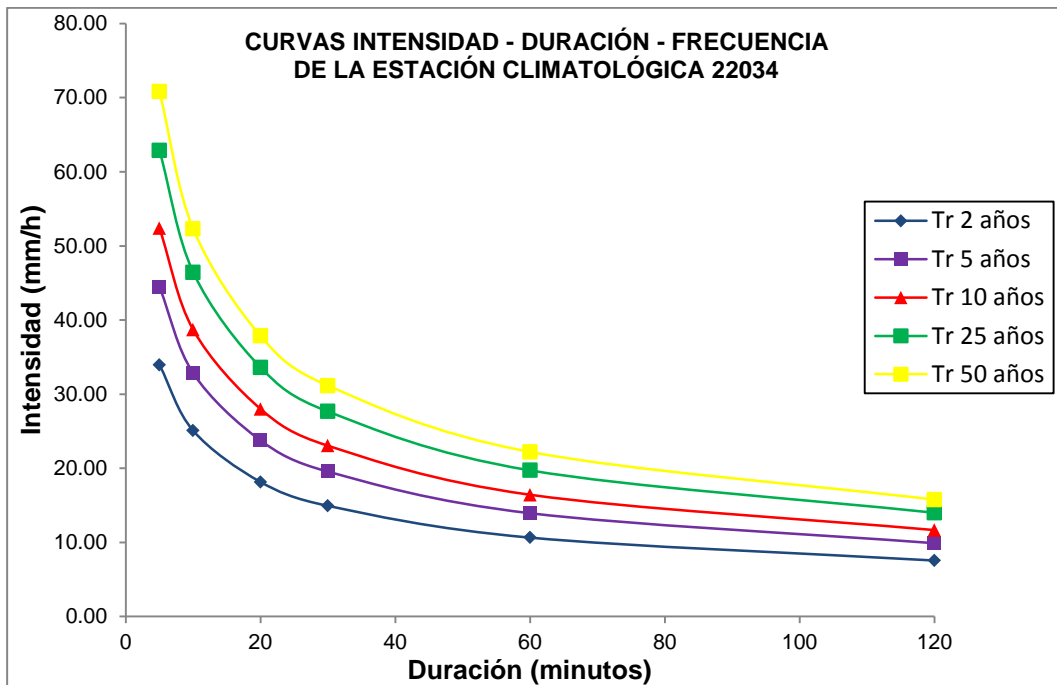
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	33.94	25.07	18.14	14.93	10.65	7.56
5	44.44	32.82	23.75	19.55	13.94	9.90
10	52.38	38.68	28.00	23.04	16.43	11.66
25	62.87	46.43	33.61	27.66	19.72	14.00
50	70.81	52.29	37.85	31.15	22.21	15.77

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 17. Vizarrón, Cadereyta De Montes (22035)

Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22035, Vizarrón, Cadereyta De Montes			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1973	54.50	1993	112.50
1974	43.50	1994	38.00
1975	39.50	1995	40.00
1976	58.50	1996	32.00
1977	45.00	1997	70.00
1978	30.00	1998	40.00
1979	56.00	1999	34.00
1980	36.00	2000	21.50
1981	46.00	2001	45.00
1982	32.30	2002	75.00
1983	33.70		
1984	30.00		
1985	75.20		
1986	68.60		
1987	37.50		
1988	61.00		
1989	41.50		
1990	136.00		
1991	81.50		
1992	34.00		

Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	7.780	10.287
Mínimo error estándar:		
	7.780	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	51.61
$\sigma=$	25.248
$\gamma=$	1.828
$\kappa=$	6.883

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0508	0.0646
Beta	40.2484	41.3395

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	47.46	47.02
5	69.78	64.57
10	84.55	76.19
25	103.22	90.88
50	117.06	101.77
100	130.81	112.59

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.02	4.46	6.46	7.98	11.37	16.15
5	4.09	6.04	8.74	10.79	15.39	21.85
10	4.89	7.23	10.46	12.92	18.42	26.16
25	5.96	8.80	12.74	15.73	22.43	31.85
50	6.77	9.99	14.47	17.86	25.46	36.16

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	36.27	26.79	19.39	15.96	11.37	8.08
5	49.06	36.23	26.22	21.58	15.39	10.92
10	58.73	43.37	31.39	25.84	18.42	13.08
25	71.52	52.82	38.23	31.46	22.43	15.93
50	81.19	59.96	43.40	35.72	25.46	18.08

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

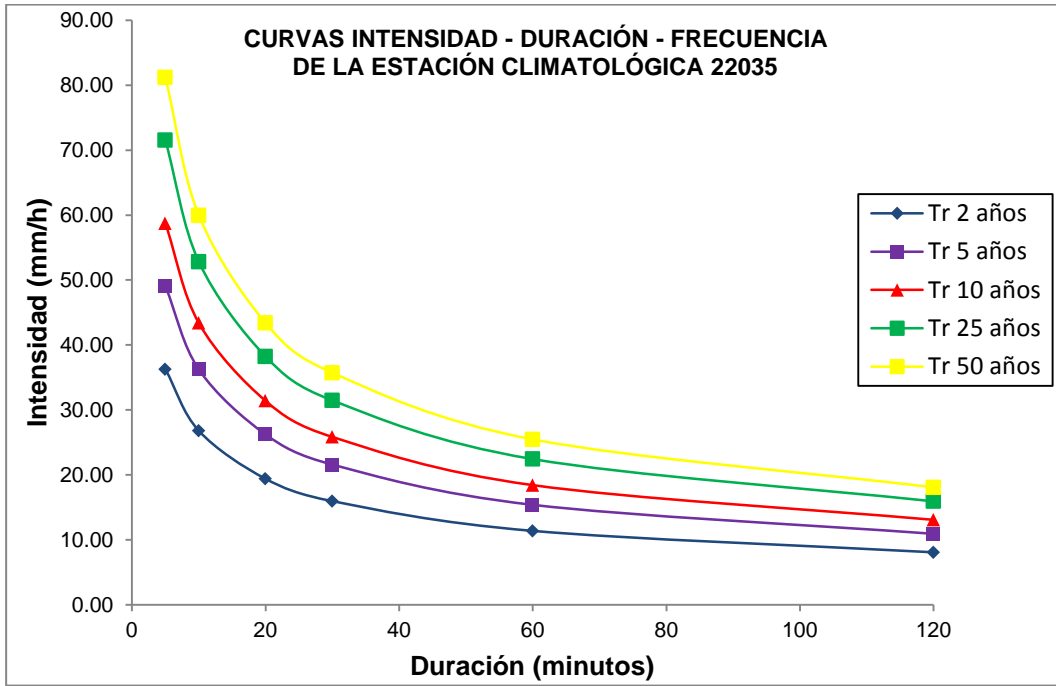
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.96	4.38	6.34	7.83	11.16	15.85
5	3.81	5.63	8.15	10.06	14.34	20.37
10	4.45	6.58	9.52	11.75	16.75	23.79
25	5.30	7.83	11.33	13.98	19.94	28.31
50	5.94	8.77	12.70	15.67	22.35	31.73

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

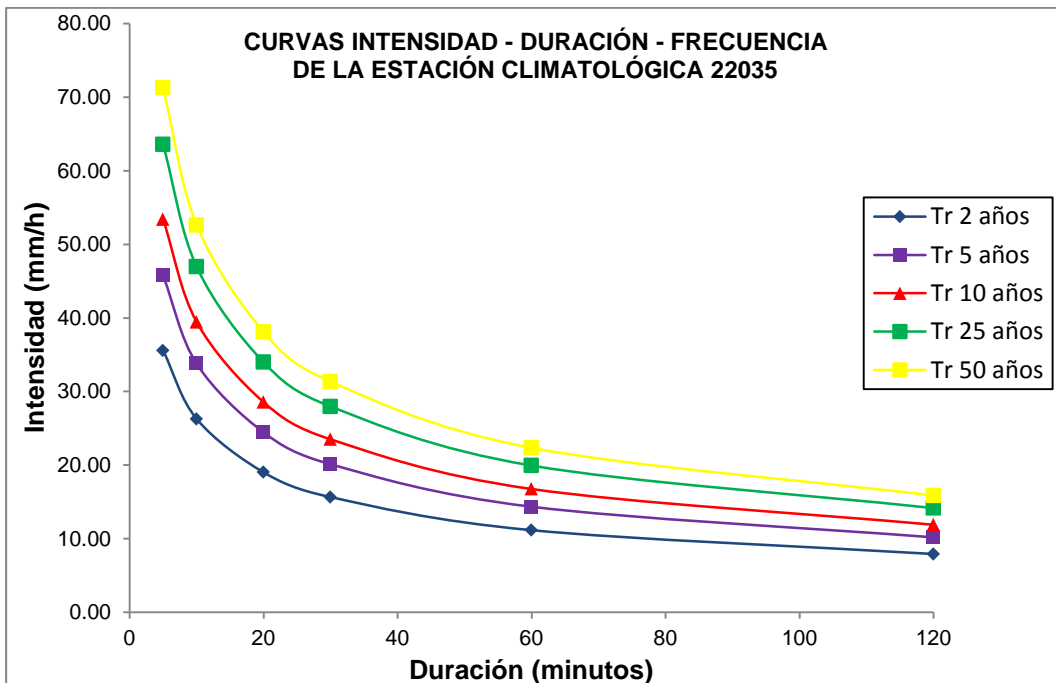
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	35.58	26.28	19.02	15.65	11.16	7.92
5	45.73	33.78	24.45	20.12	14.34	10.18
10	53.42	39.45	28.55	23.50	16.75	11.90
25	63.57	46.95	33.98	27.97	19.94	14.16
50	71.26	52.63	38.09	31.35	22.35	15.87



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 18. Arroyo Seco, Arroyo Seco (22036)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22036, Arroyo Seco, Arroyo Seco.			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1974	14.20	1994	30.00
1975	47.00	1995	22.00
1976	59.00	1996	106.00
1977	47.00	1997	43.00
1978	83.00	1998	83.00
1979	78.00	1999	81.00
1980	62.00	2000	52.00
1981	63.00	2001	97.00
1982	72.00	2002	70.00
1983	74.00		
1984	43.00		
1985	60.00		
1986	50.00		
1987	31.00		
1988	91.00		
1989	23.00		
1990	30.00		
1991	46.00		
1992	30.00		
1993	15.00		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	6.011	5.326
Mínimo error estándar:		
	5.326	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	54.179
$\sigma=$	26.269
$\gamma=$	0.129
$\kappa=$	2.3

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0488	0.0437
Beta	42.3581	41.4611

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	49.87	49.85
5	73.08	75.78
10	88.45	92.94
25	107.87	114.63
50	122.28	130.73
100	136.58	146.7

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.60	5.39	7.80	9.59	13.53	18.95
5	4.86	7.27	10.53	12.95	18.26	25.57
10	5.82	8.70	12.59	15.48	21.84	30.58
25	7.08	10.58	15.31	18.83	26.56	37.20
50	8.03	12.00	17.38	21.37	30.14	42.21

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	43.25	32.33	23.40	19.19	13.53	9.47
5	58.37	43.63	31.58	25.89	18.26	12.78
10	69.80	52.18	37.77	30.96	21.84	15.29
25	84.92	63.48	45.94	37.67	26.56	18.60
50	96.35	72.02	52.13	42.74	30.14	21.10

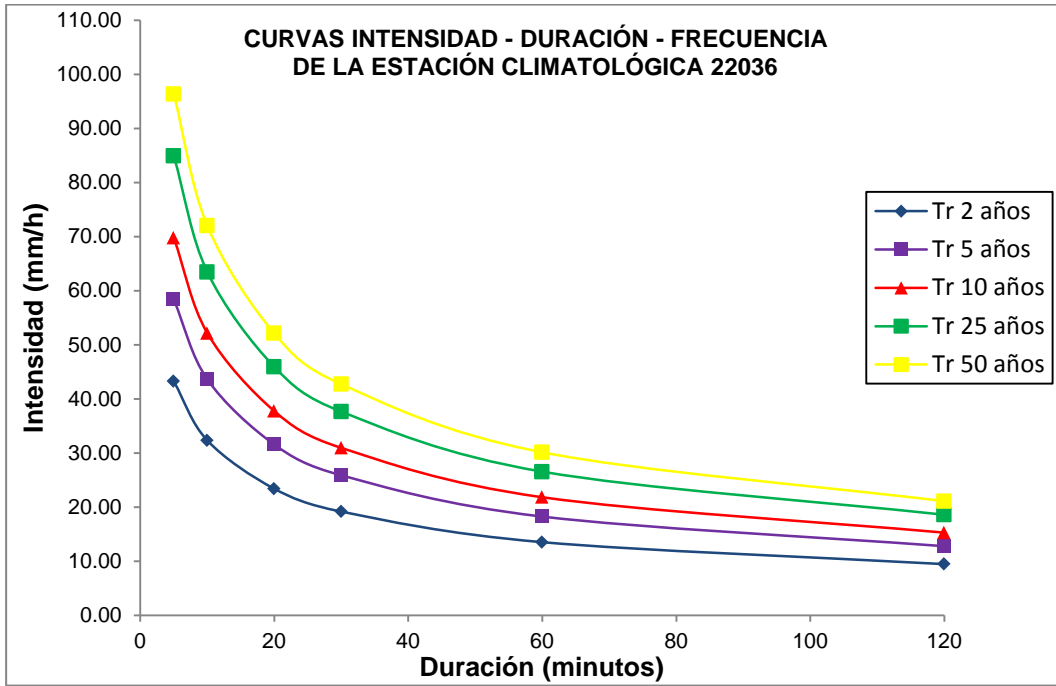
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.64	5.45	7.88	9.69	13.67	19.15
5	5.05	7.55	10.93	13.44	18.96	26.55
10	6.11	9.14	13.23	16.27	22.95	32.14
25	7.52	11.25	16.28	20.02	28.24	39.54
50	8.59	12.84	18.58	22.85	32.23	45.14

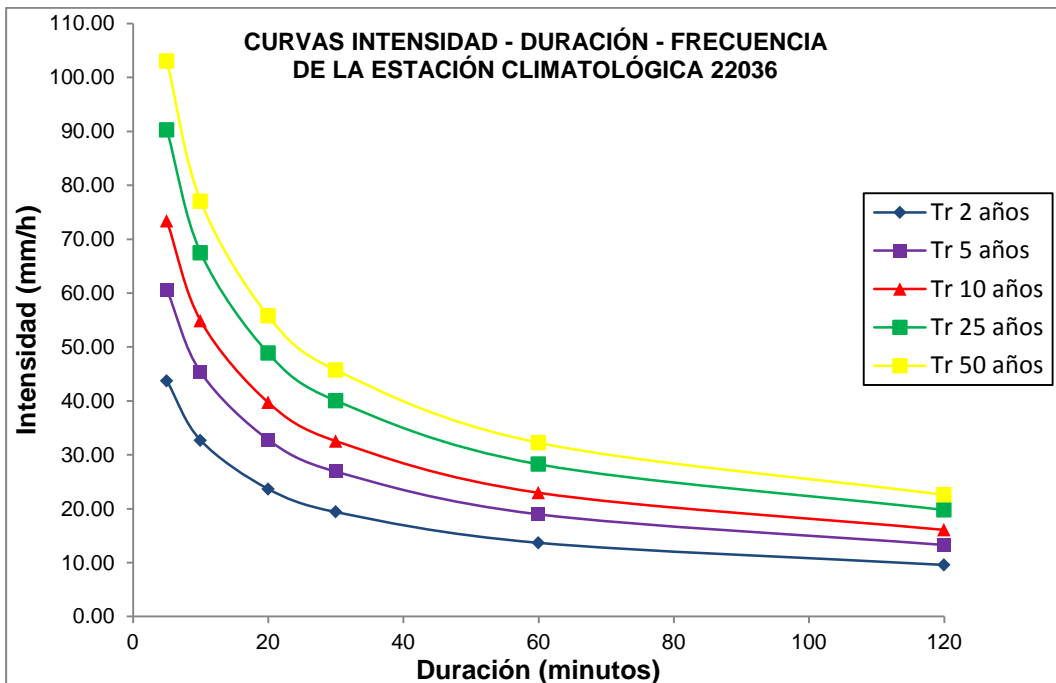
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	43.71	32.67	23.65	19.39	13.67	9.57
5	60.60	45.30	32.79	26.88	18.96	13.27
10	73.38	54.85	39.70	32.55	22.95	16.07
25	90.27	67.47	48.84	40.04	28.24	19.77
50	103.04	77.02	55.75	45.71	32.23	22.57

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 19. La Joya, Santa Rosa (22041)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22041, La Joya, Santa Rosa.	
Año	Lluvia Máxima (mm)
1975	20.70
1976	20.80
1977	60.50
1978	37.00
1979	40.60
1982	57.00
1983	56.00
1984	41.20
1985	78.00
1986	40.40
1987	67.00
1988	43.00
1989	26.00
1990	50.00
1991	80.30
1992	60.00
1993	40.00
1994	40.00
1995	42.00
2002	72.00
2003	72.00

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	4.773	4.206
Mínimo error estándar:		
	4.206	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	49.738
$\sigma=$	17.720
$\gamma=$	0.122
$\kappa=$	2.563

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0724	0.0638
Beta	41.7641	41.1651

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	46.83	46.91
5	62.49	64.68
10	72.86	76.45
25	85.96	91.31
50	95.68	102.34
100	105.32	113.29

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.53	5.29	7.65	9.40	13.24	18.48
5	4.44	6.65	9.62	11.82	16.64	23.24
10	5.12	7.68	11.11	13.66	19.22	26.84
25	6.03	9.04	13.08	16.08	22.63	31.60
50	6.72	10.07	14.57	17.91	25.21	35.20

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	42.34	31.72	22.96	18.81	13.24	9.24
5	53.24	39.88	28.87	23.65	16.64	11.62
10	61.48	46.06	33.34	27.31	19.22	13.42
25	72.39	54.23	39.25	32.15	22.63	15.80
50	80.63	60.40	43.72	35.82	25.21	17.60

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

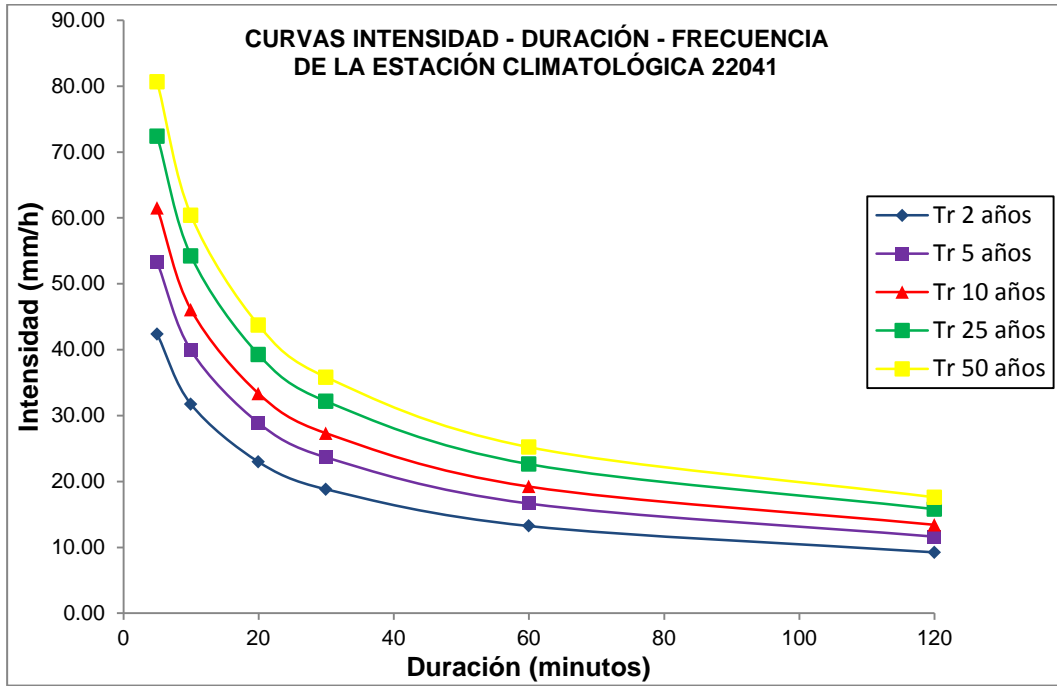
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.56	5.33	7.72	9.49	13.35	18.65
5	4.59	6.87	9.95	12.23	17.21	24.04
10	5.37	8.04	11.64	14.30	20.13	28.12
25	6.40	9.58	13.87	17.05	23.99	33.51
50	7.17	10.75	15.56	19.12	26.91	37.59

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

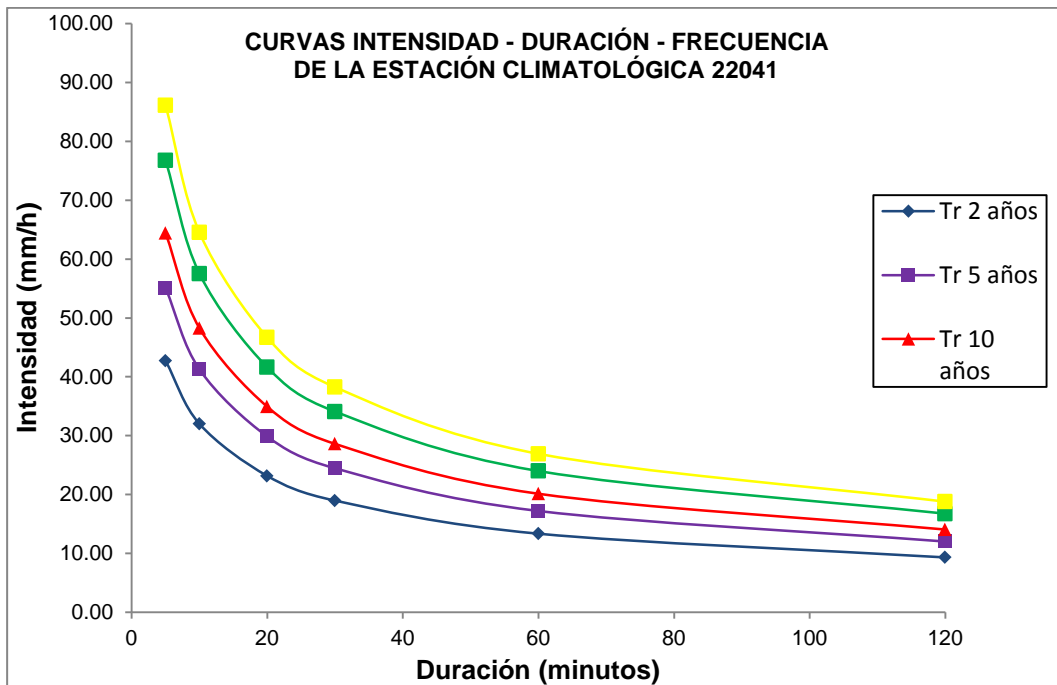
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	42.71	32.00	23.16	18.97	13.35	9.32
5	55.06	41.25	29.85	24.46	17.21	12.02
10	64.40	48.25	34.92	28.61	20.13	14.06
25	76.75	57.50	41.62	34.09	23.99	16.75
50	86.10	64.50	46.68	38.24	26.91	18.79



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 20. La Llave, San Juan Del Río (22042)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22042, La Llave, San Juan Del Río			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1977	42.00	1997	63.50
1978	44.00	1999	18.20
1979	60.00	2000	40.20
1980	40.20	2001	33.50
1981	25.40	2002	34.20
1982	57.00		
1983	72.00		
1984	53.00		
1985	80.00		
1986	40.00		
1987	90.00		
1988	55.00		
1989	18.00		
1990	31.00		
1991	38.00		
1992	40.00		
1993	32.00		
1994	67.00		
1995	55.00		
1996	30.00		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	3.206	2.774
Mínimo error estándar: 2.774		
Calculado por la función: Gumbel (Máxima Verosimilitud)		

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	46.368
$\sigma=$	18.503
$\gamma=$	0.615
$\kappa=$	3.234

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0693	0.0668
Beta	38.0416	37.7893

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	43.33	43.28
5	59.68	60.24
10	70.51	71.47
25	84.19	85.66
50	94.34	96.19
100	104.41	106.64

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.50	3.66	5.35	6.67	9.71	14.13
5	3.22	4.72	6.89	8.59	12.51	18.20
10	3.76	5.52	8.06	10.05	14.63	21.28
25	4.48	6.57	9.60	11.97	17.43	25.36
50	5.02	7.37	10.77	13.42	19.54	28.44

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	29.96	21.98	16.05	13.34	9.71	7.07
5	38.59	28.31	20.67	17.18	12.51	9.10
10	45.13	33.10	24.17	20.09	14.63	10.64
25	53.76	39.43	28.80	23.93	17.43	12.68
50	60.29	44.22	32.30	26.84	19.54	14.22

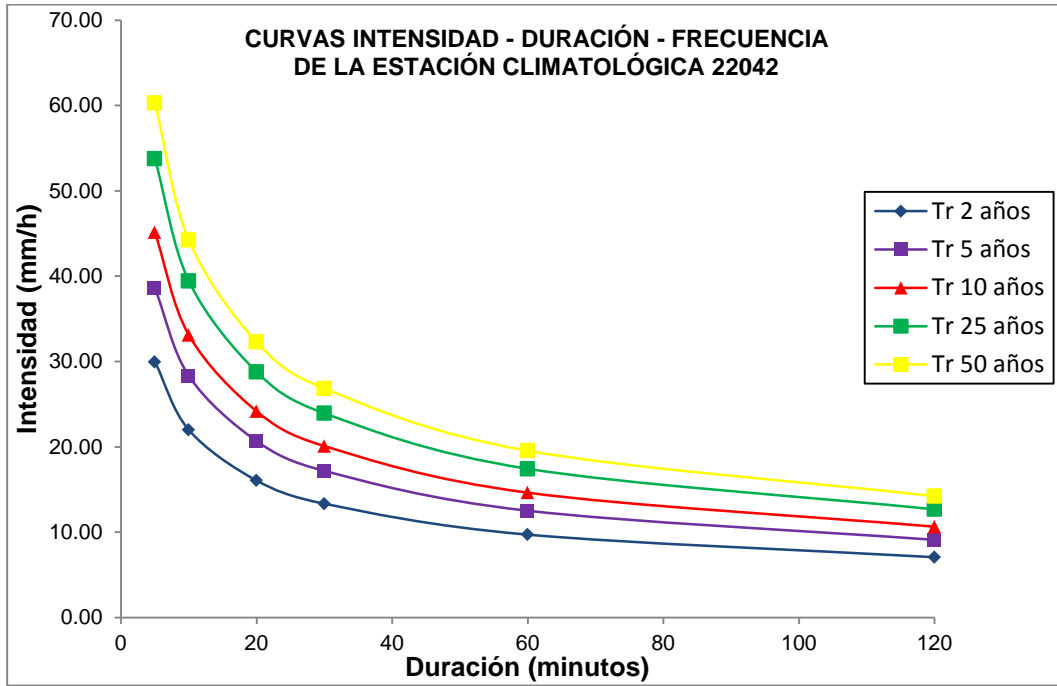
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.50	3.67	5.36	6.69	9.74	14.17
5	3.25	4.77	6.97	8.68	12.64	18.40
10	3.82	5.60	8.18	10.19	14.84	21.60
25	4.56	6.69	9.78	12.19	17.75	25.83
50	5.13	7.52	10.99	13.70	19.95	29.03

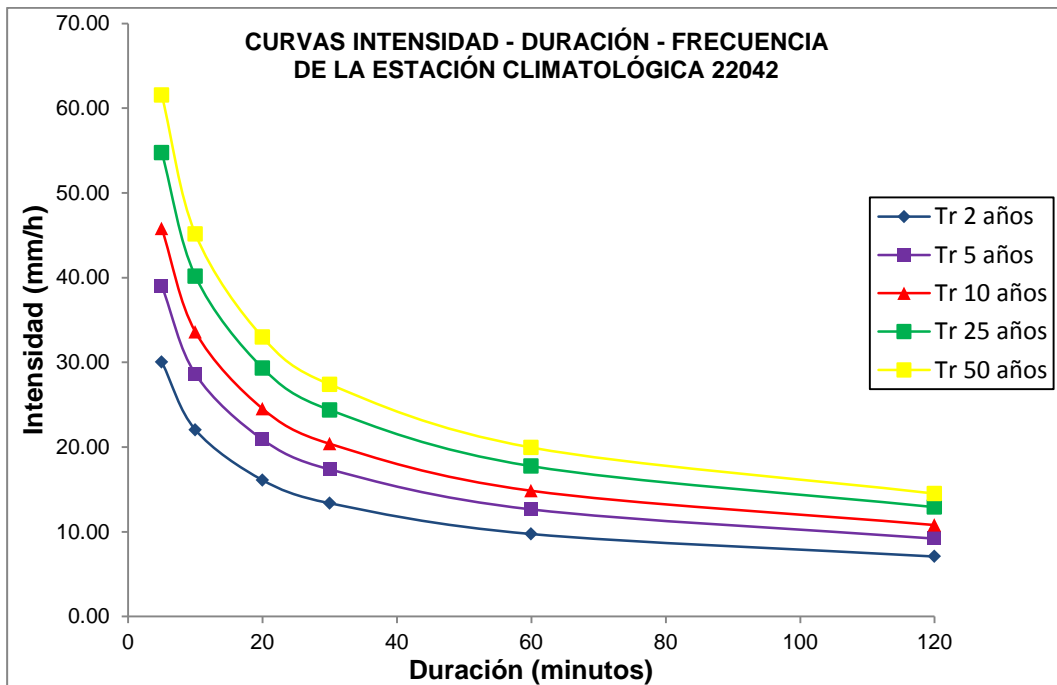
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	30.04	22.04	16.09	13.37	9.74	7.08
5	39.01	28.61	20.90	17.37	12.64	9.20
10	45.79	33.59	24.53	20.39	14.84	10.80
25	54.76	40.17	29.33	24.38	17.75	12.91
50	61.54	45.14	32.97	27.40	19.95	14.51

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 21. Juriquilla, Querétaro (22045)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22045, Juriquilla, Querétaro.			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1979	15.00	1999	72.00
1980	32.00	2000	46.00
1981	34.20	2001	48.00
1982	35.00	2002	40.40
1983	29.00		
1984	44.20		
1985	62.80		
1986	28.50		
1987	80.50		
1988	49.50		
1989	51.50		
1990	36.00		
1991	53.00		
1992	42.00		
1993	43.50		
1994	41.00		
1995	54.50		
1996	66.50		
1997	50.50		
1998	47.50		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	3.163	2.567
Mínimo error estándar:		
	2.567	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	45.963
$\sigma=$	14.675
$\gamma=$	0.4
$\kappa=$	3.89

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0874	0.0747
Beta	39.3587	38.8161

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	43.55	43.72
5	56.52	58.9
10	65.11	68.95
25	75.96	81.64
50	84.01	91.06
100	92	100.41

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.96	4.43	6.44	7.95	11.30	15.98
5	3.82	5.71	8.30	10.24	14.56	20.58
10	4.46	6.67	9.70	11.97	17.03	24.06
25	5.32	7.95	11.56	14.27	20.28	28.67
50	5.96	8.92	12.96	16.00	22.75	32.15

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	35.56	26.58	19.32	15.90	11.30	7.99
5	45.81	34.24	24.89	20.48	14.56	10.29
10	53.56	40.04	29.10	23.95	17.03	12.03
25	63.81	47.70	34.67	28.53	20.28	14.33
50	71.56	53.49	38.88	32.00	22.75	16.07

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

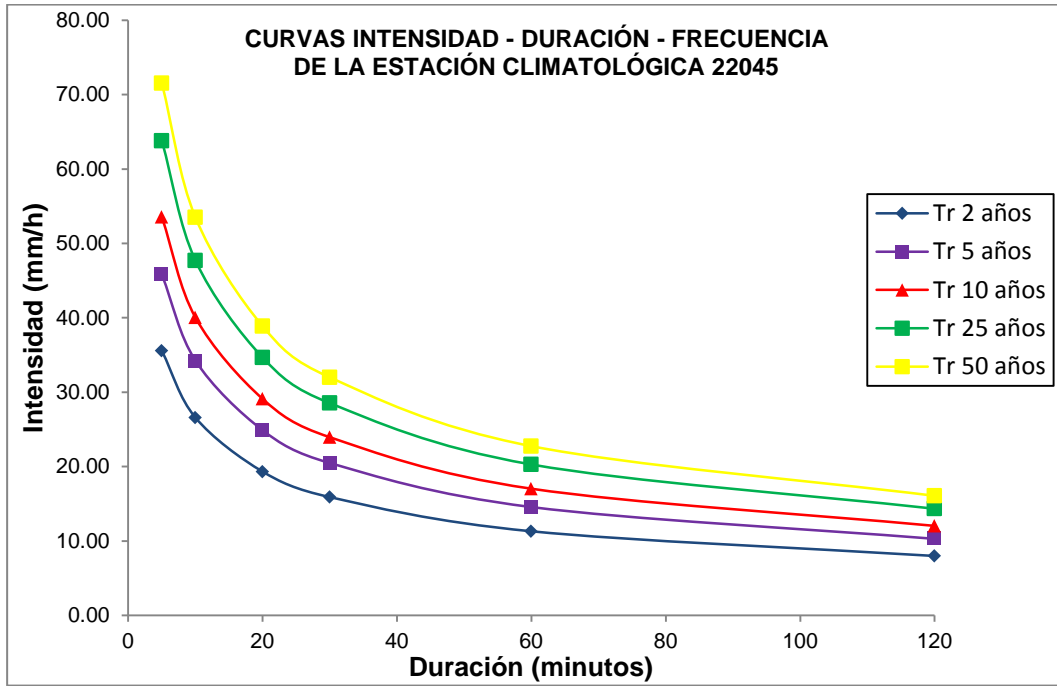
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.97	4.42	6.42	7.92	11.25	15.89
5	3.76	5.60	8.13	10.03	14.25	20.12
10	4.36	6.50	9.42	11.62	16.51	23.33
25	5.15	7.68	11.13	13.73	19.51	27.56
50	5.75	8.57	12.43	15.33	21.78	30.77

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

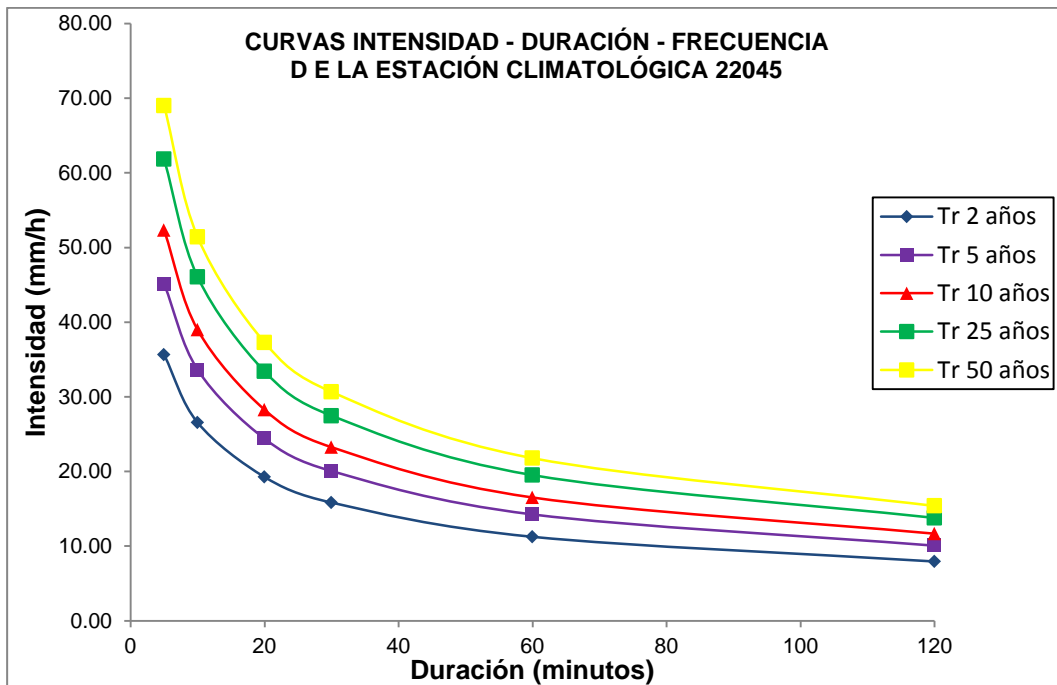
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	35.63	26.55	19.25	15.83	11.25	7.94
5	45.13	33.62	24.39	20.05	14.25	10.06
10	52.32	38.98	28.27	23.25	16.51	11.66
25	61.82	46.05	33.40	27.47	19.51	13.78
50	69.01	51.41	37.28	30.66	21.78	15.38



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 22. Presa El Capulín (22047)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22047, Presa El Capulín.			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1980	47.10	2001	45.00
1981	54.50	2002	72.00
1982	52.70		
1983	83.00		
1984	49.10		
1985	88.00		
1986	63.10		
1987	146.00		
1988	62.00		
1989	55.20		
1990	49.50		
1992	63.50		
1993	41.40		
1994	13.40		
1995	71.80		
1996	40.20		
1997	72.20		
1998	62.00		
1999	43.40		
2000	47.50		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	9.742	9.667
Mínimo error estándar:		
	9.667	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Máxima Verosimilitud)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	60.118
$\sigma=$	25.108
$\gamma=$	1.788
$\kappa=$	9.248

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0511	0.0507
Beta	48.8194	49.3149

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	55.99	56.54
5	78.18	78.9
10	92.88	93.7
25	111.44	112.41
50	125.21	126.28
100	138.88	140.05

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	4.22	6.32	9.16	11.25	15.84	22.11
5	5.49	8.23	11.91	14.64	20.61	28.78
10	6.46	9.67	14.00	17.21	24.22	33.82
25	7.73	11.58	16.76	20.60	28.99	40.49
50	8.69	13.02	18.85	23.16	32.60	45.53

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	50.66	37.95	27.47	22.50	15.84	11.06
5	65.92	49.39	35.74	29.28	20.61	14.39
10	77.48	58.04	42.01	34.41	24.22	16.91
25	92.74	69.48	50.29	41.20	28.99	20.24
50	104.30	78.13	56.55	46.33	32.60	22.77

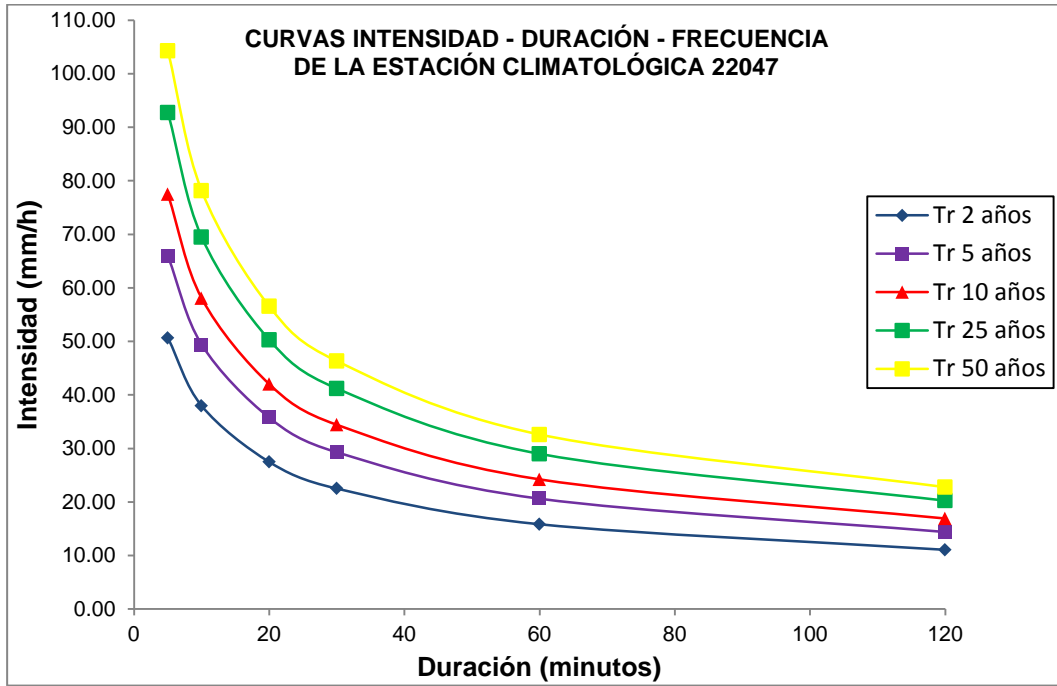
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	4.22	6.32	9.15	11.25	15.83	22.11
5	5.49	8.22	11.91	14.63	20.59	28.76
10	6.45	9.66	13.99	17.19	24.20	33.79
25	7.72	11.57	16.74	20.57	28.96	40.44
50	8.68	13.00	18.83	23.13	32.56	45.47

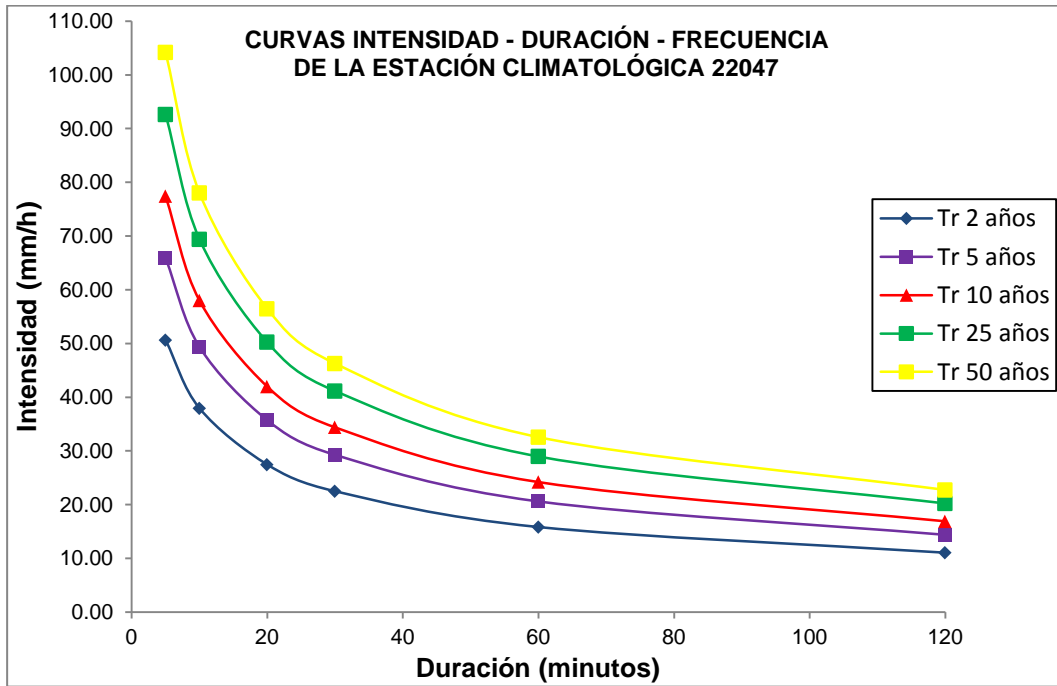
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	50.64	37.93	27.46	22.49	15.83	11.05
5	65.87	49.35	35.72	29.26	20.59	14.38
10	77.40	57.98	41.97	34.38	24.20	16.89
25	92.64	69.39	50.23	41.15	28.96	20.22
50	104.16	78.03	56.48	46.27	32.56	22.74

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 23. El Zamorano, Colón (22049)

### Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22049, El Zamorano, Colón			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1979	18.20	2000	44.00
1980	25.50	2001	38.00
1981	20.60	2002	61.00
1982	35.00		
1983	20.80		
1984	40.40		
1986	24.30		
1987	21.00		
1988	61.80		
1989	60.00		
1990	35.20		
1991	40.50		
1992	47.00		
1993	42.00		
1994	85.00		
1995	20.50		
1996	45.00		
1997	40.00		
1998	92.50		
1999	111.40		

### Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	6.483	8.340
Mínimo error estándar:		
	6.483	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	44.77
$\sigma=$	24.529
$\gamma=$	1.315
$\kappa=$	4.728

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0523	0.0604
Beta	33.7315	34.142

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	40.74	40.21
5	62.42	58.99
10	76.77	71.41
25	94.91	87.12
50	108.36	98.77
100	121.71	110.33

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	3.35	5.05	7.31	8.97	12.57	17.45
5	4.68	7.04	10.19	12.50	17.52	24.33
10	5.68	8.54	12.37	15.17	21.27	29.54
25	7.00	10.53	15.25	18.71	26.22	36.42
50	8.00	12.04	17.42	21.38	29.97	41.62

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	40.26	30.28	21.92	17.93	12.57	8.73
5	56.13	42.22	30.56	25.00	17.52	12.17
10	68.14	51.25	37.10	30.35	21.27	14.77
25	84.01	63.19	45.74	37.42	26.22	18.21
50	96.02	72.23	52.27	42.76	29.97	20.81

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

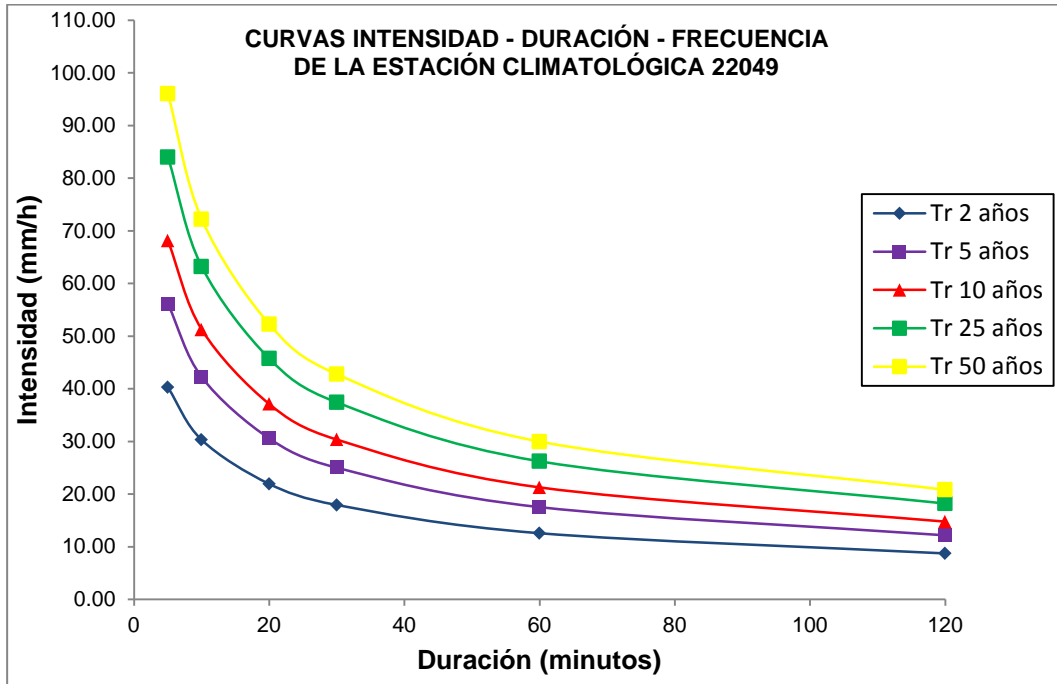
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	3.31	4.98	7.21	8.85	12.41	17.23
5	4.47	6.73	9.74	11.95	16.75	23.27
10	5.35	8.05	11.65	14.30	20.04	27.84
25	6.51	9.80	14.18	17.40	24.39	33.87
50	7.39	11.12	16.09	19.75	27.68	38.44

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

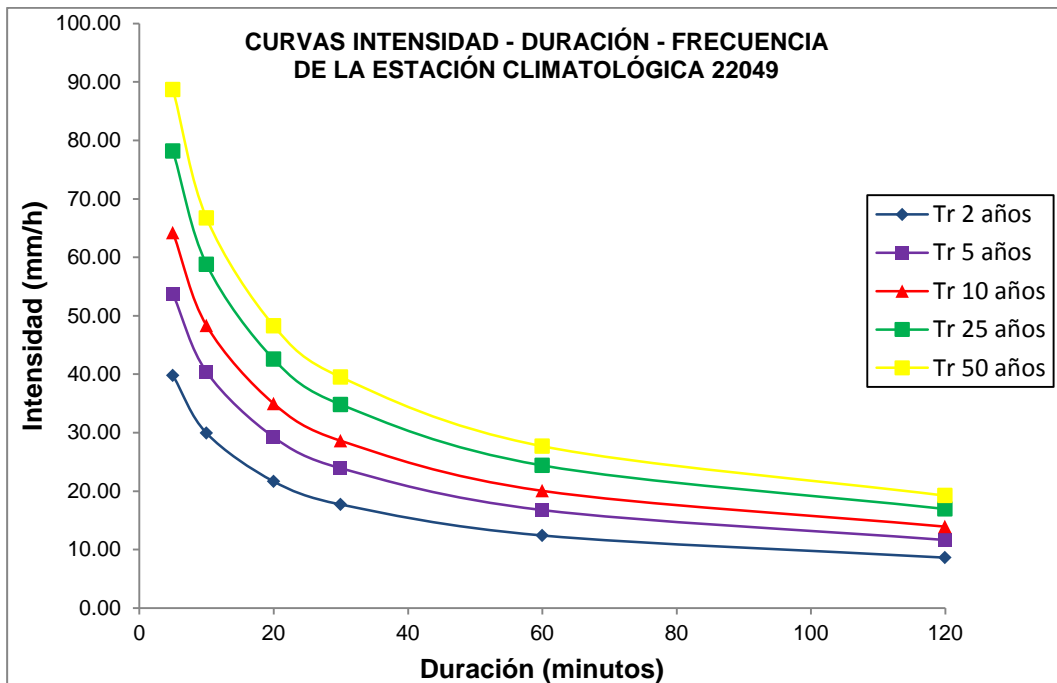
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	39.75	29.90	21.64	17.70	12.41	8.62
5	53.68	40.38	29.23	23.91	16.75	11.64
10	64.22	48.30	34.96	28.60	20.04	13.92
25	78.15	58.78	42.54	34.80	24.39	16.94
50	88.68	66.71	48.28	39.50	27.68	19.22



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



## B 24. Higuierillas, Cadereyta De Montes (22056)

Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.

Estación: 22056, Higuierillas, Cadereyta de Montes.			
Año	Lluvia Máxima (mm)	Año	Lluvia Máxima (mm)
1982	24.00	2002	43.80
1983	30.80		
1984	24.00		
1985	62.00		
1986	20.00		
1987	25.00		
1988	20.00		
1989	22.00		
1990	79.50		
1991	43.70		
1992	30.80		
1993	60.90		
1994	35.60		
1995	61.70		
1996	73.80		
1997	80.30		
1998	80.70		
1999	50.70		
2000	28.60		
2001	27.50		

Mínimo error estándar.

Función	Momentos	Máxima Verosimilitud
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	6.502	7.054
Mínimo error estándar:		
	6.502	
Calculado por la función:		
	Gumbel (Momentos)	

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	44.067
$\sigma=$	21.802
$\gamma=$	0.579
$\kappa=$	2.206

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0588	0.0621
Beta	34.256	34.122

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	40.49	40.03
5	59.75	58.28
10	72.51	70.37
25	88.63	85.65
50	100.59	96.98
100	112.46	108.23

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.55	3.76	5.45	6.72	9.59	13.61
5	3.46	5.10	7.39	9.12	13.01	18.47
10	4.14	6.12	8.86	10.94	15.59	22.14
25	5.05	7.46	10.80	13.33	19.01	27.00
50	5.74	8.48	12.27	15.15	21.60	30.67

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	30.57	22.58	16.34	13.45	9.59	6.81
5	41.47	30.63	22.17	18.24	13.01	9.23
10	49.71	36.72	26.57	21.87	15.59	11.07
25	60.61	44.77	32.40	26.67	19.01	13.50
50	68.86	50.86	36.81	30.29	21.60	15.33

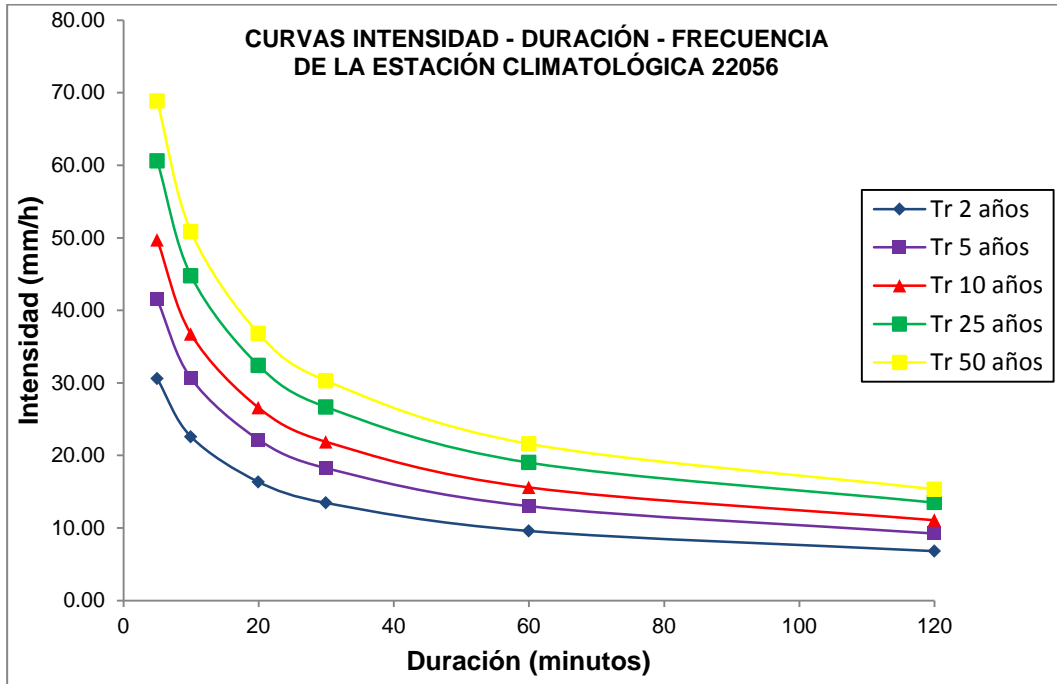
**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.54	3.75	5.43	6.70	9.55	13.56
5	3.41	5.03	7.29	9.00	12.83	18.21
10	4.07	6.01	8.70	10.73	15.31	21.73
25	4.94	7.29	10.56	13.03	18.58	26.39
50	5.60	8.27	11.97	14.77	21.06	29.91

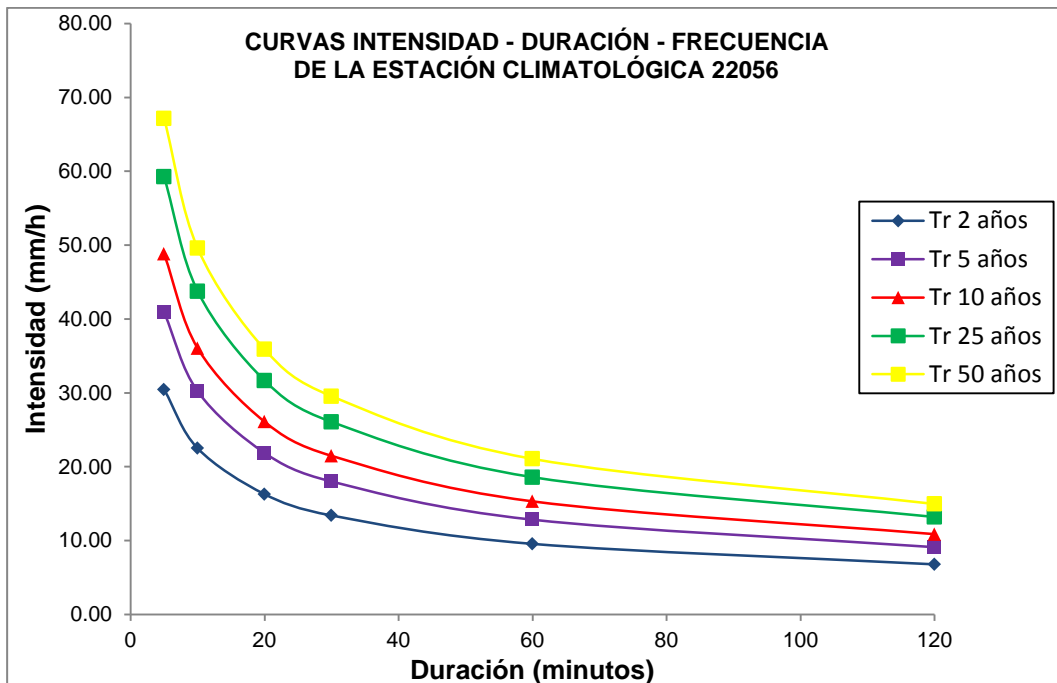
**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	30.45	22.49	16.28	13.40	9.55	6.78
5	40.90	30.21	21.86	17.99	12.83	9.11
10	48.80	36.04	26.09	21.47	15.31	10.87
25	59.25	43.76	31.67	26.07	18.58	13.19
50	67.15	49.60	35.90	29.54	21.06	14.95

**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



**B 25. Santa Teresa, Huimilpan (22058)****Lluvia máxima en 24 horas para cada año de registro.**

<b>Estación: 22058, Santa Teresa, Huimilpan</b>	
<b>Año</b>	<b>Lluvia Máxima (mm)</b>
1982	28.00
1983	71.00
1984	45.10
1985	40.00
1986	50.00
1987	42.00
1988	58.00
1989	31.00
1990	34.00
1991	90.00
1994	23.50
1995	66.00
1996	56.30
1997	60.50
1998	62.50
1999	60.50
2000	65.60
2001	65.00
2002	30.00

**Mínimo error estándar.**

<b>Función</b>	<b>Momentos</b>	<b>Máxima Verosimilitud</b>
	2 Parámetros	2 Parámetros
Gumbel	5.051	4.512
Mínimo error estándar: 4.512		
Calculado por la función: Gumbel (Máxima Verosimilitud)		

### Parámetros estadísticos de la muestra.

Parámetros Estadísticos de la Muestra	
$\mu=$	51.526
$\sigma=$	17.627
$\gamma=$	0.159
$\kappa=$	2.993

### Parámetros de la función.

Parámetros de la Función		
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
Alfa	0.0728	0.065
Beta	43.5942	42.9352

### Precipitaciones máximas para cada periodo de retorno (Método Gumbel)

Tr (Años)	Precipitación (mm)	
	Gumbel (Momentos)	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2	48.63	48.57
5	64.21	66.01
10	74.52	77.55
25	87.56	92.14
50	97.22	102.96
100	106.82	113.7

### Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración (Método Gumbel-Momentos)

Tr (años)	Precipitaciones Máximas (mm)					
	5 minutos	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	120 minutos
2	2.78	4.11	5.99	7.43	10.72	15.41
5	3.47	5.13	7.47	9.27	13.37	19.22
10	3.99	5.89	8.59	10.66	15.37	22.11
25	4.68	6.91	10.07	12.50	18.03	25.92
50	5.20	7.68	11.19	13.89	20.03	28.80

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Momentos)**

<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	33.35	24.65	17.96	14.86	10.72	7.70
5	41.61	30.75	22.40	18.54	13.37	9.61
10	47.85	35.37	25.77	21.32	15.37	11.05
25	56.10	41.47	30.21	25.00	18.03	12.96
50	62.35	46.08	33.57	27.78	20.03	14.40

**Precipitaciones máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

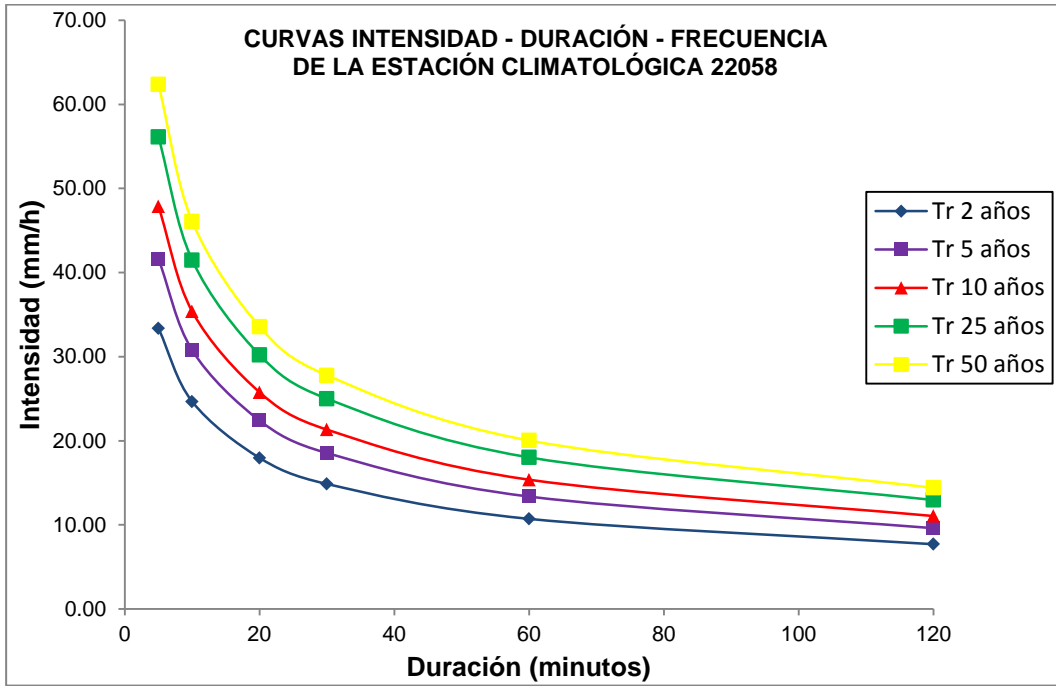
<b>Tr (años)</b>	<b>Precipitaciones Máximas (mm)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	2.78	4.08	5.95	7.40	10.71	15.49
5	3.54	5.21	7.59	9.43	13.66	19.76
10	4.12	6.05	8.82	10.97	15.89	22.98
25	4.88	7.18	10.46	13.01	18.84	27.25
50	5.46	8.03	11.70	14.55	21.07	30.47

**Intensidades máximas por periodo de retorno y duración  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**

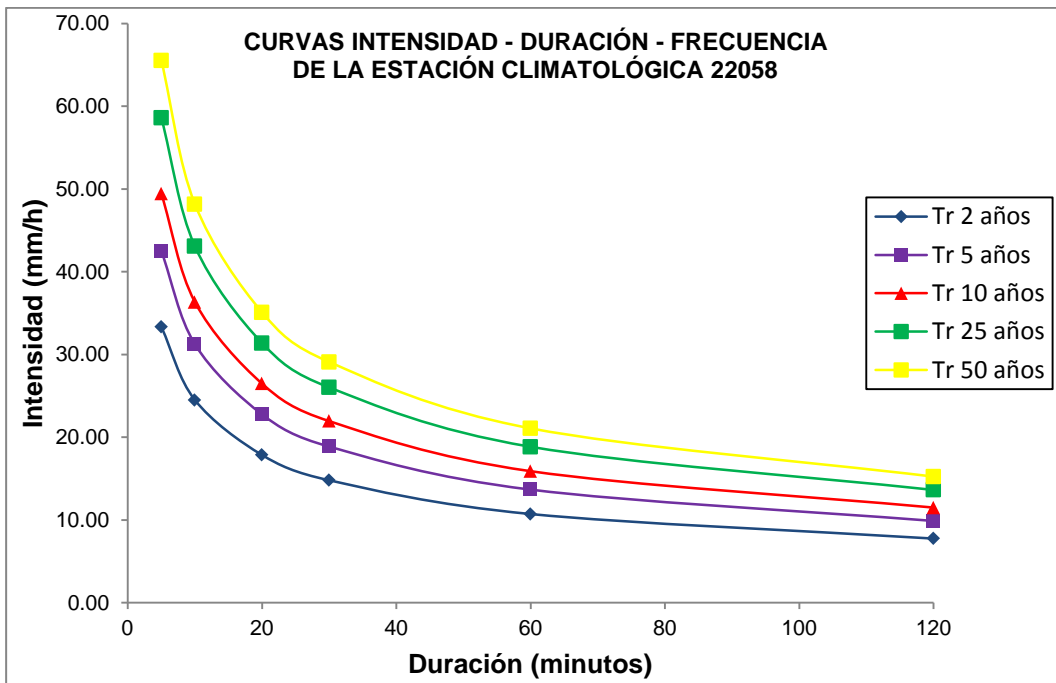
<b>Tr (años)</b>	<b>Intensidades Máximas (mm/hr)</b>					
	<b>5 minutos</b>	<b>10 minutos</b>	<b>20 minutos</b>	<b>30 minutos</b>	<b>60 minutos</b>	<b>120 minutos</b>
2	33.33	24.49	17.84	14.79	10.71	7.75
5	42.50	31.23	22.76	18.86	13.66	9.88
10	49.44	36.33	26.47	21.94	15.89	11.49
25	58.61	43.07	31.38	26.01	18.84	13.62
50	65.54	48.17	35.09	29.09	21.07	15.24



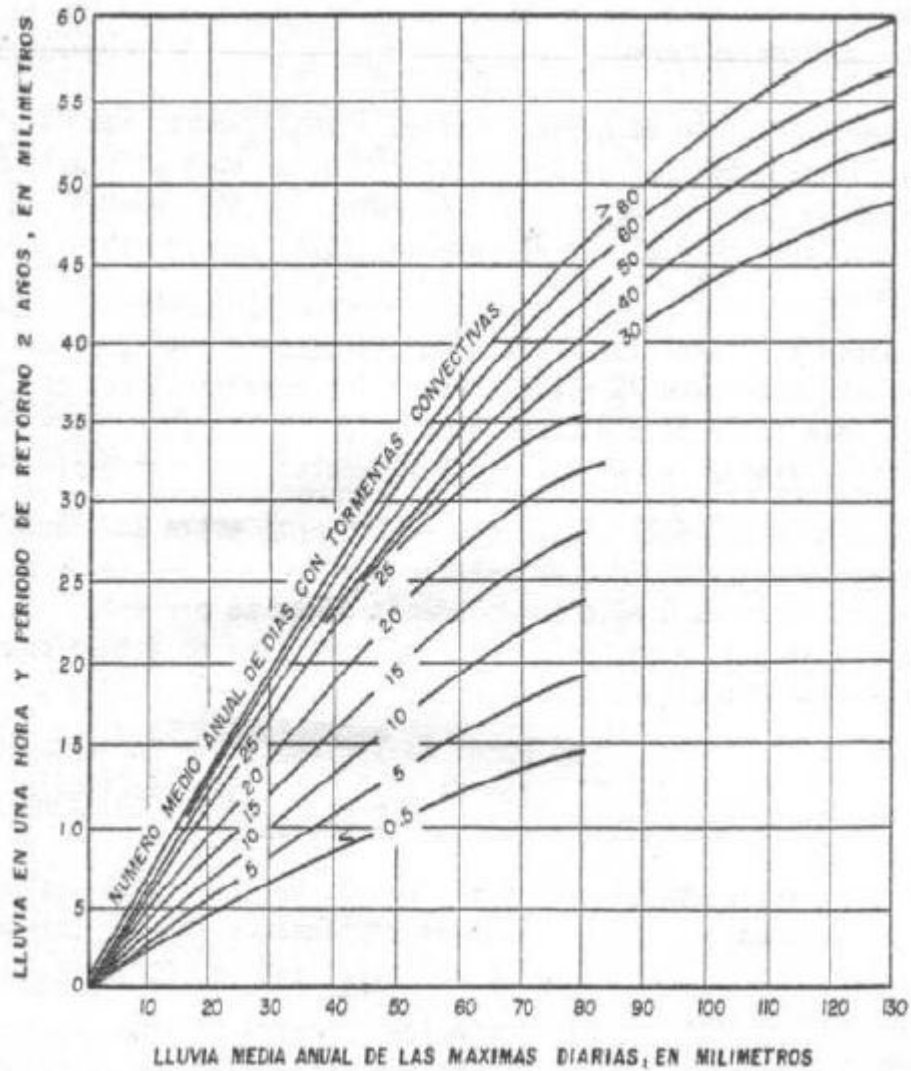
**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Momentos)**



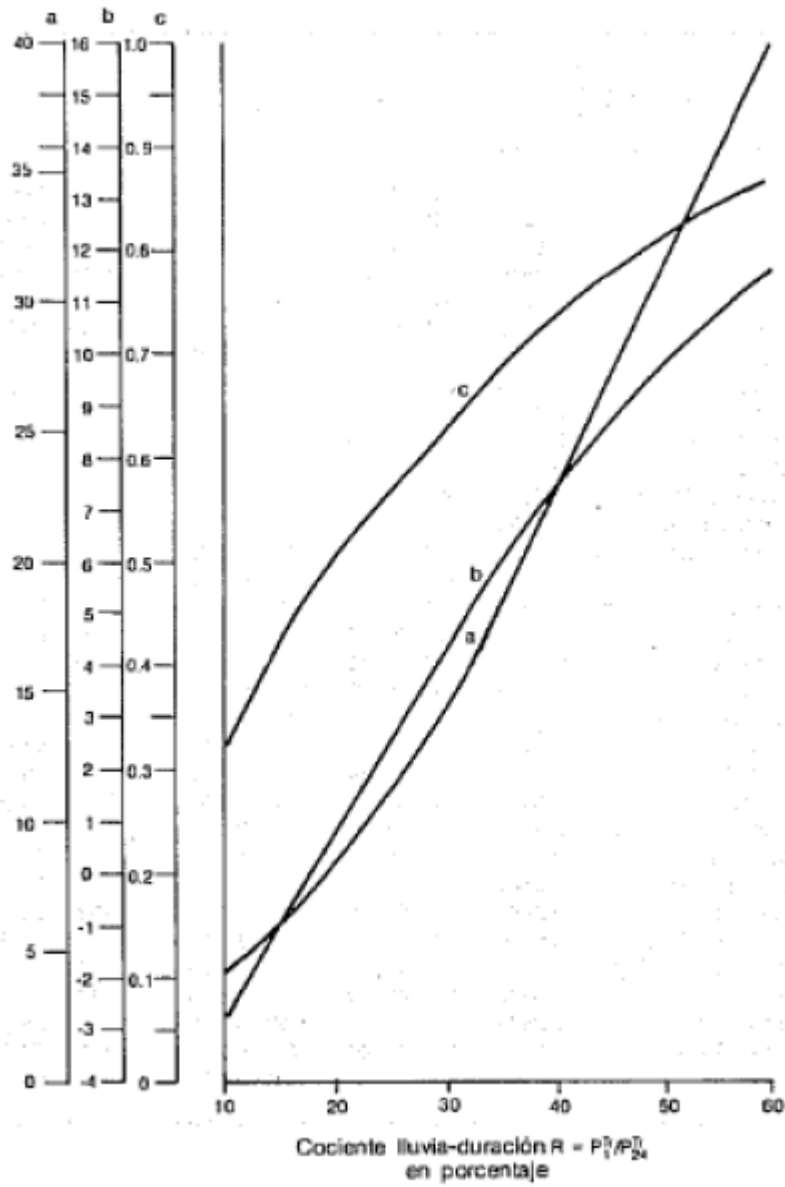
**Relación Intensidad-Duración-Frecuencia  
(Método Gumbel-Máxima Verosimilitud)**



**ANEXO C. Relación empírica para estimar la lluvia de una hora y periodo de retorno igual a dos años (Cheng, 1983; Campos, 1998).**



Anexo D. Relación entre los parámetros (a, b, c) de una tormenta estándar y la razón de la lluvia de una hora con la de 24 horas(Cheng, 1983; Campos, 1998).



### Anexo E. Valores de $Y_n$ y $S_n$ según número de observaciones

N° de Datos	$Y_n$	$S_n$	N° de Datos	$Y_n$	$S_n$	N° de Datos	$Y_n$	$S_n$
1	0.36651	0.00000	35	0.54034	1.12847	69	0.55453	1.18440
2	0.40434	0.49838	36	0.54105	1.13126	70	0.55477	1.18535
3	0.42859	0.64348	37	0.54174	1.13394	71	0.55500	1.18629
4	0.4458	0.73147	38	0.54239	1.13650	72	0.55523	1.18720
5	0.45879	0.79278	39	0.54302	1.13896	73	0.55546	1.18809
6	0.46903	0.83877	40	0.54362	1.14131	74	0.55567	1.18896
7	0.47735	0.87493	41	0.54420	1.14358	75	0.55589	1.18982
8	0.48428	0.90432	42	0.54475	1.14576	76	0.55610	1.19065
9	0.49015	0.92882	43	0.54529	1.14787	77	0.55630	1.19147
10	0.49521	0.94963	44	0.54580	1.14989	78	0.55650	1.19227
11	0.49961	0.96758	45	0.54630	1.15184	79	0.55669	1.19306
12	0.5035	0.98327	46	0.54678	1.15373	80	0.55689	1.19382
13	0.50695	0.99713	47	0.54724	1.15555	81	0.55707	1.19458
14	0.51004	1.00948	48	0.54769	1.15731	82	0.55726	1.19531
15	0.51284	1.02057	49	0.54812	1.15901	83	0.55744	1.19604
16	0.51537	1.03060	50	0.54854	1.16066	84	0.55761	1.19675
17	0.51768	1.03973	51	0.54895	1.16226	85	0.55779	1.19744
18	0.5198	1.04808	52	0.54934	1.16380	86	0.55796	1.19813
19	0.52175	1.05575	53	0.54972	1.16530	87	0.55812	1.19880
20	0.52355	1.06282	54	0.55009	1.16676	88	0.55828	1.19945
21	0.52522	1.06938	55	0.55044	1.16817	89	0.55844	1.20010
22	0.52678	1.07547	56	0.55079	1.16955	90	0.55860	1.20073
23	0.52823	1.08115	57	0.55113	1.17088	91	0.55876	1.20135
24	0.52959	1.08646	58	0.55146	1.17218	92	0.55891	1.20196
25	0.53086	1.09145	59	0.55177	1.17344	93	0.55905	1.20256
26	0.53206	1.09613	60	0.55208	1.17467	94	0.55920	1.20315
27	0.53319	1.10054	61	0.55238	1.17586	95	0.55934	1.20373
28	0.53426	1.10470	62	0.55268	1.17702	96	0.55948	1.20430
29	0.53527	1.10864	63	0.55296	1.17816	97	0.55962	1.20486
30	0.53622	1.11237	64	0.55324	1.17926	98	0.55976	1.20541
31	0.53713	1.11592	65	0.55351	1.18034	99	0.55989	1.20596
32	0.53799	1.11929	66	0.55378	1.18139	100	0.56002	1.20649
33	0.53881	1.12249	67	0.55403	1.18242	101	0.56015	1.20701
34	0.53959	1.12555	68	0.55429	1.18342			