



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA CIVIL – HIDRÁULICA**

**ESTIMACIÓN REGIONAL DE GASTOS MÁXIMOS ANUALES EN EL ESTADO  
DE SINALOA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:  
ARRIAGA FUENTES DANIEL**

**TUTOR  
DR. CARLOS A. ESCALANTE SANDOVAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**NOVIEMBRE 2017**

**CD.MX.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: (Dr. Gracia Sánchez Jesús)

Secretario: (M.I. Franco Víctor)

Vocal: (Dr. Escalante Sandoval Carlos A.)

1 er. Suplente: (Dra. Reyes Chávez Lilia)

2 do. Suplente: (M.I Mendoza Rosas Maco Tulio)

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería

**TUTOR DE TESIS:**

Dr. Carlos Agustín Escalante Sandoval

-----  
**FIRMA**

## ÍNDICE

I RESUMEN.....	1
II INTRODUCCIÓN .....	1
III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
III.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
III.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	7
1 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE EVENTOS EXTREMOS .....	8
1.1 TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS .....	8
1.1.1 MÉTODO DE LOS MOMENTOS .....	8
1.1.2 MÉTODO DE LOS MOMENTOS-L .....	10
1.1.3 MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD .....	12
1.2 PERIODO DE RETORNO.....	13
1.3 PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD .....	13
1.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DE HELMERT .....	14
1.3.2 PRUEBA ESTADÍSTICA T DE STUDENT.....	14
1.3.3 PRUEBA ESTADÍSTICA DE CRAMER .....	14
1.4 PRUEBA DE INDEPENDENCIA DE EVENTOS.....	15
1.5 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE .....	16
1.6 TEORÍA DISTRIBUCIONAL.....	17
1.6.1 DISTRIBUCIÓN NORMAL .....	17
1.6.2 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 2 CON PARÁMETROS .....	18
1.6.3 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS .....	19
1.6.4 DISTRIBUCIÓN GAMMA DE 2 PARÁMETROS.....	20
1.6.5 DISTRIBUCIÓN GAMMA DE 3 PARÁMETROS.....	22
1.6.6 DISTRIBUCIÓN LOG – PEARSON TIPO III.....	23
1.6.7 DISTRIBUCIÓN GUMBEL.....	24
1.6.8 DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS (GVE) .....	25
2 ANÁLISIS REGIONAL HIDROLÓGICO.....	29
2.1 DELIMITACIÓN DE REGIONES HOMOGÉNEAS .....	29
2.1.1 TÉCNICA DEL PARÁMETRO $\beta$ DE LA GVE .....	29
2.1.2 TÉCNICA DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN .....	30
2.1.3 MÉTODO REGIÓN DE INFLUENCIA.....	30
2.1.4 TRAZOS MULTIDIMENSIONALES .....	31
2.2 TÉCNICAS DE ANÁLISIS REGIONAL HIDROLÓGICO.....	32
2.2.1 TÉCNICA DE LAS ESTACIONES-AÑO.....	32
3 ZONA DE ESTUDIO .....	34
3.1 UBICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS.....	39
3.1.1 ESTACIÓN NARANJO (CORRIENTE: ARROYO OCORONI) .....	40
3.1.2 ESTACIÓN ZOPILOTE (CORRIENTE: ARROYO CABRERA) .....	40

3.1.3	ESTACIÓN GUAMUCHIL (CORRIENTE: RIO MOCORITO) .....	40
3.1.4	ESTACIÓN PERICOS (CORRIENTE: ARROYO PERICOS) .....	40
3.1.5	ESTACIÓN TIERRA BLANCA (CORRIENTE: RIO HUMAYA).....	41
3.1.6	ESTACIÓN PUENTE SUDPACIFICO (CORRIENTE: PUENTE SUD-PACIFICO) .....	41
3.1.7	ESTACIÓN PALOS BLANCOS (CORRIENTE: RIO HUMAYA) .....	41
3.1.8	ESTACIÓN EL VAREJONAL (CORRIENTE: RIO HUMAYA O CULIACAN) .....	41
3.1.9	ESTACIÓN BADIRAGUATO (CORRIENTE: RIO BADIRAGUATO) .....	41
3.1.10	ESTACIÓN GUATENIPA (CORRIENTE: RIO HUMAYA).....	41
3.1.11	ESTACIÓN PUENTE CAÑEDO (10020).....	41
3.1.12	ESTACIÓN SANALONA (10041) .....	41
3.1.13	ESTACIÓN PICACHOS (CORRIENTE: RIO TAMAZULA).....	41
3.1.14	ESTACIÓN EL BLEDAL (CORRIENTE: ARROYO EL BLEDAL) .....	42
3.1.15	ESTACIÓN EL BLEDAL (CORRIENTE: ARROYO EL BLEDAL) .....	42
3.1.16	ESTACIÓN SANTA CRUZ (CORRIENTE: RIO SAN LORENZO).....	42
3.1.17	ESTACIÓN ACATITAN (Corriente: Río Elota) .....	42
3.1.18	ESTACIÓN IXPALINO (CORRIENTE: RIO PIAXTLA) .....	42
3.1.19	ESTACIÓN PIAXTLA (CORRIENTE: RIO PIAXTLA) .....	42
3.1.20	ESTACIÓN EL QUELITE (CORRIENTE: RIO QUELITE.).....	42
3.1.21	ESTACIÓN SAN MIGUEL ZAPOTITLÁN (CORRIENTE: RIO FUERTE).....	42
3.1.22	ESTACIÓN SAN BLAS (CORRIENTE: RIO FUERTE).....	42
3.1.23	ESTACIÓN LA TINA (CORRIENTE: ARROYO SIBAJAHUI) .....	42
3.1.24	ESTACIÓN BAMICORI (CORRIENTE: ARROYO BAROTEN) .....	43
3.1.25	ESTACIÓN LAS CAÑAS (CORRIENTE: RIO FUERTE) .....	43
3.1.26	ESTACIÓN EL MAHONE (CORRIENTE: RIO FUERTE) .....	43
3.1.27	ESTACIÓN CHOIX (CORRIENTE: RIO CHOIX.) .....	43
3.1.28	ESTACIÓN HUITES (CORRIENTE: RIO FUERTE) .....	43
3.1.29	ESTACIÓN PALO DULCE (CORRIENTE: RIO CHINIPAS.).....	43
3.1.30	ESTACIÓN CHINIPAS (CORRIENTE: RIO OTEROS).....	43
3.1.31	ESTACIÓN SAN FRANCISCO (CORRIENTE: RIO FUERTE).....	43
3.1.32	ESTACIÓN URIQUE II (RIO URIQUE) .....	43
3.1.33	ESTACIÓN ALAMOS (CORRIENTE: ARROYO ALAMOS).....	44
3.1.34	ESTACIÓN CAZANATE (CORRIENTE: ARROYO ALAMOS) .....	44
3.1.35	ESTACIÓN JAINA (CORRIENTE: RIO SINALOA) .....	44
3.1.36	ESTACIÓN TOHAYANA (CORRIENTE: RIO SINALOA) .....	44
3.1.37	ESTACIÓN TECUSIAPA (CORRIENTE: RÍO SINALOA).....	44
3.1.38	ESTACIÓN LOS MOLINOS (CORRIENTE: ARROYO LOS MOLINOS) .....	44
3.2	DATOS HIDROMÉTRICOS DE LAS ESTACIONES DEL ESTADO DE SINALOA .....	44
3.3	PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD E INDEPENDENCIA .....	57
3.3.1	PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD .....	57
3.3.2	PRUEBA DE INDEPENDENCIA .....	60

3.4	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS.....	62
3.4.1	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN NARANJOS .....	62
3.4.2	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ZOPILOTE .....	62
3.4.3	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUAMÚCHIL .....	62
3.4.4	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PERICOS .....	63
3.4.5	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TIERRA BLANCA .....	63
3.4.6	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PTE SUD-PACIFICO .....	63
3.4.7	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PALOS BLANCOS .....	63
3.4.8	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL VAREJONAL .....	64
3.4.9	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN BADIRAGUATO .....	64
3.4.10	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUATENIPA .....	64
3.4.11	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA HUERTA .....	64
3.4.12	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PUENTE CAÑEDO.....	65
3.4.13	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SANALONA .....	65
3.4.14	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PICACHO .....	65
3.4.15	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TAMAZULA .....	65
3.4.16	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL BLEDAL .....	66
3.4.17	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SANTA CRUZ.....	66
3.4.18	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ACATITAN .....	66
3.4.19	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN IXPALINO .....	66
3.4.20	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PIAXTLA.....	67
3.4.21	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL QUELITE .....	67
3.4.22	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN MIGUEL ZAPOTITLÁN .....	67
3.4.23	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN BLAS .....	67
3.4.24	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA TINA .....	68
3.4.25	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN BAMICORI .....	68
3.4.26	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LAS CAÑAS .....	68
3.4.27	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL MAHONE .....	68
3.4.28	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CHOIX .....	69
3.4.29	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN HUITES .....	69
3.4.30	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PALO DULCE .....	69
3.4.31	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CHINIPAS.....	69
3.4.32	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN FRANCISCO .....	70
3.4.33	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN IGNACIO .....	70
3.4.34	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA VERANERA .....	70
3.4.35	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN URIQUE.....	70
3.4.36	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUERACHIC .....	71
3.4.37	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ÁLAMOS.....	71
3.4.38	CARACTERÍSTICAS FIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CAZANATE .....	71

3.4.39	CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN JAINA.....	71
3.4.40	CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TOHAYANA.....	72
3.4.41	CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TECUSIAPA .....	72
3.4.42	CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LOS MOLINOS.....	72
3.5	DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL .....	72
3.6	ANÁLISIS REGIONAL HIDROLÓGICO.....	76
3.6.1	TÉCNICA DEL PARÁMETRO $\beta$ DE LA GVE .....	76
3.6.2	TÉCNICA DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN .....	78
3.6.3	TÉCNICA DE LA REGIÓN DE INFLUENCIA.....	80
3.6.4	TÉCNICA DE TRAZOS MULTIDIMENSIONALES .....	82
3.7	ANÁLISIS DE REGIONES HOMOGÉNEAS.....	84
3.8	TÉCNICAS REGIONALES ESTACIONES-AÑO .....	85
3.8.1	ESTACIONES AÑO APLICADO A REGIÓN HOMOGÉNEA "A".....	85
3.8.2	ESTACIONES AÑO APLICADO A REGIÓN HOMOGÉNEA "B".....	90
4	CONCLUSIONES .....	96
5	BIBLIOGRAFÍA .....	97
	ANEXO A.....	98
	ANEXO B.....	120

## **I RESUMEN**

El diseño de las obras hidráulicas requiere de eventos asociados a diferentes periodos de retorno, los cuales se obtienen a partir de un análisis de frecuencias de eventos extremos. Sin embargo, la incertidumbre en su estimación se incrementa conforme el tamaño de muestra disponible se reduce, e incluso es inexistente (cuencas no aforadas).

Para reducir esta incertidumbre se pueden aplicar los modelos regionales que hacen uso de la información de sitios vecinos que pertenecen a la misma región homogénea.

Las técnicas de delimitación de regiones homogéneas constituyen uno de los pilares para la reducción de la incertidumbre, ya que la inclusión o exclusión de información puede generar más daño que beneficio en el proceso de estimación. Otra fuente de incertidumbre la constituye la elección de la mejor de las distribuciones en competencia.

En este trabajo se llevó a cabo la estimación regional de eventos de diseño para 42 estaciones hidrométricas localizadas en Sinaloa, considerando la delimitación de regiones homogéneas a partir de las técnicas de parámetro de forma de la distribución GVE, Coeficientes de Variación (Cv), región de influencia y trazos multidimensionales. La longitud de registro disponible varía de 7 hasta 47 años.

Las distribuciones utilizadas son Normal, Lognormal con 2 y 3 parámetros, Gamma 2 y 3 parámetros, Gumbel, GVE. Las técnicas de estimación de parámetros consideradas son momentos convencionales, momentos-L y máxima verosimilitud.

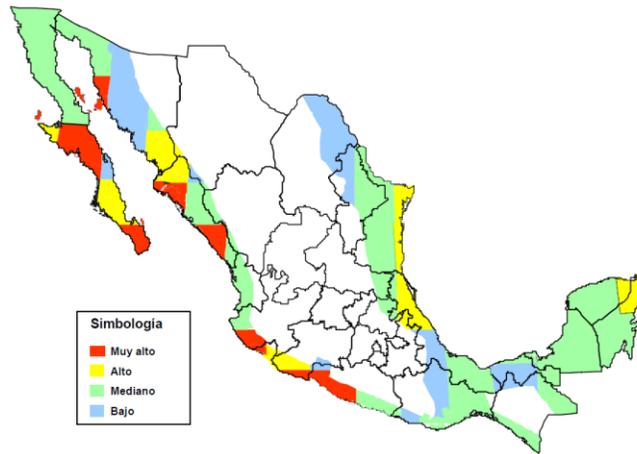
## **II INTRODUCCIÓN**

México es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar la pérdida de vidas humanas o daños materiales de importancia. Principalmente está expuesto a lluvias, granizadas, heladas y sequías.

La ubicación del país en una región intertropical, así como la gran extensión de litorales con que cuenta lo hace sujeto a los embates de huracanes que se generan tanto en el océano Pacífico como en el Atlántico. Por lo mismo, los asentamientos humanos cercanos a las costas, están expuestos a la influencia de las perturbaciones ciclónicas. Las áreas afectadas regularmente abarcan más del 60 % del territorio nacional.

Los efectos de estos fenómenos, en términos de marejadas y vientos, se resienten principalmente en las zonas costeras del Pacífico, del Golfo y del Caribe; las lluvias intensas que estos fenómenos originan pueden causar inundaciones y deslaves no sólo en las costas sino también en el interior del territorio. De los 25 ciclones que en promedio llegan cada año a los mares cercanos al país, cuatro o cinco suelen penetrar en el territorio y causar daños severos. También se presentan lluvias intensas, con las consecuentes inundaciones y deslaves importantes, y con mucha frecuencia de manera independiente de la actividad ciclónica, debido a las tormentas que se generan en la temporada de lluvias.

Se ha observado que en México, entre mayo y noviembre, se presentan 25 ciclones en promedio con vientos mayores de 63 km/h, de los cuales aproximadamente 15 ocurren en el océano Pacífico y 10 en el Atlántico. De éstos, anualmente 4 ciclones (dos del Pacífico y dos del Atlántico) inciden a menos de 100 km del territorio nacional. En la figura I.1 (CONAGUA, 2009) se muestra el mapa de peligros por incidencia de ciclones tropicales en el periodo de 1960 a 1995.

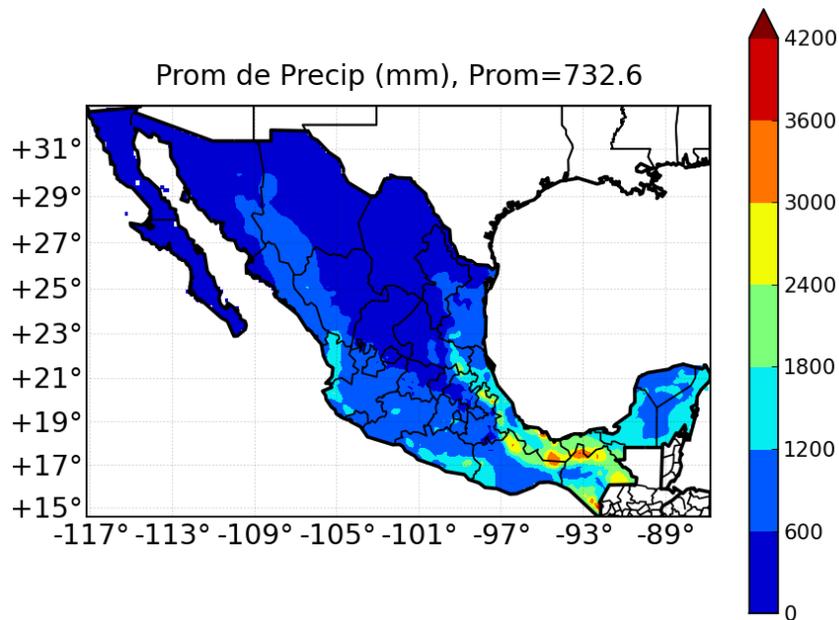


**FIGURA I.1 MAPA DE PELIGROS POR INCIDENCIA DE CICLONES TROPICALES**

Acontecimientos como el del huracán Pauline en Acapulco (1997), los derivados de las lluvias intensas en Tijuana (1993 y 1998), en Pijijiapan y Valdivia en Chiapas (1998) y en Topochico en Monterrey (1999), también las inundaciones y deslaves ocurridos en octubre de 1999 en Tabasco, Veracruz, Puebla e Hidalgo, constituyen los ejemplos más recientes que ponen de manifiesto la gravedad de las consecuencias de esta clase de fenómenos.

Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos, flujos con sedimentos en las laderas de las montañas, movimientos de masa que transportan lodo, rocas, arena, árboles, y otros objetos que pueden destruir casas, tirar puentes y romper tramos de carreteras.

A continuación se presenta la precipitación media anual de la republica mexicana (CENAPRED, 2014)



**FIGURA I.2 ZONIFICACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL**

Las granizadas producen afectaciones en las zonas de cultivo, obstrucciones del drenaje y daños a estructuras en las zonas urbanas. Las zonas más afectadas de México por tormentas de granizo son el altiplano de México y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora.

Durante el periodo de 1979-1988, según registros de la Comisión Nacional del Agua, los estados que sufrieron más daños en la agricultura fueron: Guanajuato (109,767 ha), Chihuahua (56,355 ha), Tlaxcala (51,616 ha), Nuevo León (37,837 ha) y Durango, (35,393 ha). Asimismo, dentro de estos registros se estimó una población expuesta mayor a los 6 millones de habitantes.

Las regiones con mayor incidencia de heladas en México son la Sierra Madre Occidental (en las Sierras Tarahumara, Chihuahua, de Durango y Tepehuanes en Durango.); además en las partes altas del Sistema Volcánico Transversal sobre el paralelo 19° N, esencialmente en los estados de México, Puebla y Tlaxcala, con más de 100 días al año con heladas.

Aunque se considera la sequía como evento hidrometeorológico, dista mucho de tener las características de otros fenómenos de este tipo, como el caso de un ciclón; ya que su ocurrencia, no se percibe fácilmente, sino hasta que empiezan a ser fuertes los daños. Una sequía puede afectar a grandes extensiones de terreno y durar meses o incluso años.

Existen regiones del planeta donde es más probable que se desarrollen las sequías; en especial la latitud del lugar es un factor de importancia, ya que a partir de la línea del ecuador hacia los polos, en forma alterna, se presentan las franjas de baja y alta presión atmosférica; las primeras corresponden a las áreas lluviosas y húmedas en el globo, desde el ecuador hacia los 60° de latitud norte y sur, y las segundas corresponden a zonas donde los vientos son secos y descendentes y no hay lluvia, están alrededor de los 30° norte y sur, y en los polos.

México tiene gran parte de su territorio en la franja de alta presión de latitud norte, por lo que tiene zonas áridas y semiáridas; ellas coinciden en latitud con las regiones de los grandes desiertos africanos, asiáticos y australianos.

Los estados del territorio nacional donde se presentan con mayor frecuencia las sequías están al norte. Sin embargo, en orden de severidad de sus efectos desfavorables están: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala.

El conocimiento de los principales aspectos de los fenómenos hidrometeorológicos, la difusión de la cultura de Protección Civil en la población y la aplicación de las medidas de prevención de desastres pueden contribuir de manera importante en la reducción de los daños ante esta clase de fenómenos.

Como se puede observar en México se presentan grandes eventos hidrometeorológicos que han afectado a gran parte del país. El caso de estudio de esta tesis será el estado de Sinaloa. En dicho estado se han presentado en el pasado reciente problemas hidrometeorológicos tales como sequía, principalmente en los distritos de riego, así mismo han existido inundaciones ocasionadas por diferentes eventos meteorológicos como por ejemplo: lluvias aisladas (2011) que provocaron según fuente de protección civil de Sinaloa laminas de precipitación entre 90 y 1000 mm, lluvias aisladas (2012) en el municipio de Guasave, huracán linda (2015), tormenta tropical Javier (2016), que solo han provocado daños materiales, lluvias severas provocadas por el huracán Manuel (2013) y el huracán Odile (2014).

A lo largo de la historia Sinaloa ha sido azotado por distintos desastres hidrometeorológicos que han provocado pérdidas económicas y humanas, entre los eventos que destacan se encuentran los que se muestran en la tabla I.1 (CENAPRED, Peligros Naturales y Tecnológicos Relevantes durante el periodo 1810-2010, 2010):

AÑO	DESASTRE	COMENTARIOS
1943-Dic	Inundación	Veintisiete decesos, la parte norte del estado quedó aislada por tierra y sin comunicación por vía telefónica y telegráfica. 600 personas quedaron sin hogar y las pérdidas económicas ascendieron a más de 144 500 dólares.
1949-Sep.	Huracán	Cien muertos por el ciclón, numerosos barcos zozobraron o quedaron semidestruidos.
1957-Oct.	Huracán	Pérdidas por más de cien millones de pesos en Mazatlán.
1960-Ene.	Inundación	Pérdidas estimadas en 18,815 millones de dólares; 24,000 damnificados, 30 pueblos inundados por desbordamiento del río Fuerte.
1968-Sep.	Huracán	Más de 10 muertos y 50,000 damnificados por el huracán Naomi.
1981-Oct.	Inundación	Desbordamiento del río Fuerte provocado por la tormenta tropical Lidia, cerca de 63,000 damnificados.
1982-sep.	Huracán	Pérdidas por 4,500 millones de pesos; 257,000 damnificados, por el huracán Paul.
1990-dic.	Inundación	Pérdidas estimadas en más de 53,000 millones de dólares; 40,000 damnificados
1994-Nov	Inundación	Daños a la agricultura y carretera México-Nogales. Inundaciones en 30 poblados de Guasave por las fuertes lluvias. 850 familias fueron desalojadas
1995-sep.	Huracán	Entre 150 y 200 pescadores murieron en Sinaloa y más de 24,000 damnificados por el huracán Ismael.

**TABLA I.1 DESASTRES HIDROMETEOROLOGICOS**

Por otro lado la precipitación máxima en 24 horas que se ha presentado en Sinaloa en el periodo de 1941-1997, como a continuación se muestra en la tabla I.2 (CENAPRED, Diagnostico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México , 2014):

Localidad	mm
Ahome (Villa de Ahome)	100
Culiacán	200
Guasave	180
Mazatlán	200
Mochis	100
Salvador Alvarado (Guamúchil)	190
Topolobampo	100
El Fuerte	180
Sinaloa de Leyva	190
Guamúchil	195

**TABLA I.2.PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS. (PERIODO 1941- 1997)**

Los recursos económicos que se han destinado para restaurar los sectores afectados en los últimos años han sido aportados por el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) y por el gobierno estatal. En la tabla I.3 se muestra la aportación de cada una de las instituciones del año 2011 al año 2016 (FONDEN, 2016).

AÑO	Evento	Municipios Afectados	Sectores Afectados	Aportación FONDEN (Pesos)	Aportación Estatal (Pesos)	Aportación Total (Pesos)
2011	Lluvia Severa 8 - Agosto - 11 "Mazatlán"	1	Urbano	\$1,586,268.00	\$4,463,402.00	\$6,049,670.00
			Salud - Estatal	\$1,300,000.00	\$1,300,000.00	\$2,600,000.00
			Carretero - Federal	\$4,779,293.00	---	\$4,779,293.00
			Total Sinaloa 2011	\$7,665,561.00	\$5,763,402.00	\$13,428,963.00
	Lluvia Severa 24 - Agosto - 11 Escuinapa y Rosario	2	Hidráulico - Estatal	\$2,097,680.00	\$2,098,169.00	\$4,195,849.00
			Carretero - Estatal	\$14,471,178.00	\$29,366,047.00	\$43,837,225.00
Total Sinaloa 2011			\$16,568,858.00	\$31,464,216.00	\$48,033,074.00	
<b>TOTAL</b>			<b>\$24,234,419.00</b>	<b>\$37,227,618.00</b>	<b>\$61,462,037.00</b>	
2012	Sequía Severa del 1-mayo al 30-noviembre-2011	2	Hidráulico - Estatal	\$10,660,000.00	\$10,660,000.00	\$21,320,000.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$10,660,000.00</b>	<b>\$10,660,000.00</b>	<b>\$21,320,000.00</b>
2013	Huracán (lluvia severa) del 18 y 19 de septiembre 2013	9	Cultura Estatal	\$2,442,960.00	---	\$2,442,960.00
			Salud Estatal	\$2,485,966.00	\$2,540,018.00	\$5,025,984.00
			Hidráulico Estatal	\$53,194,440.00	\$53,194,440.00	\$106,388,880.00
			Vivienda	\$7,272,200.00	\$7,404,800.00	\$14,677,000.00
			Urbano	\$13,034,047.00	\$13,273,310.00	\$26,307,357.00
			Educativo Estatal	\$17,727,500.00	\$17,758,586.00	\$35,486,086.00
			Carretero Federal	\$105,294,400.00	---	\$105,294,400.00
			Hidráulico Federal	\$685,074,524.80	---	\$685,074,524.80
			Pesquero y Acuicola Federal	\$170,393,300.00	---	\$170,393,300.00
			Carretero Estatal	\$805,634,166.00	\$859,739,608.00	\$1,665,373,774.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$1,862,553,503.80</b>	<b>\$953,910,762.00</b>	<b>\$2,816,464,265.80</b>
2015	Huracán (lluvia severa) del 18 y 19 de septiembre	9	<b>TOTAL</b>	<b>\$20,903,692.00</b>	<b>---</b>	<b>\$20,903,692.00</b>
2016	Huracán (lluvia severa) del 18 y 19 de septiembre	9	<b>TOTAL</b>	<b>\$79,100,000.00</b>	<b>---</b>	<b>\$79,100,000.00</b>

**TABLA I.3 RECURSOS ECONÓMICOS DESTINADOS A DESASTRES NATURALES**

En el año 2013 el huracán Manuel provocó lluvias severas entrando por la bahía de Altata, en el centro de la entidad, viéndose afectados los municipios de Navolato, Culiacán, Angostura, Salvador Alvarado, Guasave y Ahome. En Culiacán se reportó el crecimiento del caudal de los ríos Humaya, Tamazula, Culiacán y San Lorenzo, así como de canales y arroyos afluentes de las presas Sanalona y Adolfo López Mateos. Se registró una cifra récord de 412 mm de lluvia, que casi es equivalente a la precipitación que se registra en un año normal. El 80% de la población quedó sin agua potable y miles de usuarios sin energía eléctrica.

En el municipio de Navolato dejó como saldo una persona muerta, cientos de viviendas inundadas, la evacuación de más de mil familias, caminos cortados, árboles y postes derribados y la suspensión de los servicios de agua potable y energía eléctrica. La lluvia acumulada encendió la alerta roja en la sindicatura de Villa Juárez y el campo pesquero. Uno de los tramos carreteros más afectados por la caída de árboles fue la autopista Culiacán Navolato y la carretera 50 que comunica a Villa Juárez con la sindicatura de San Pedro. En Angostura, municipio donde Manuel hizo su entrada, poblados como Chinitos, Palmitas, Gato de Lara y La Reforma quedaron bajo el agua, casi la totalidad de la población se quedó sin energía eléctrica, 50% de la población sin agua potable.

En total, Manuel dejó una precipitación histórica arriba de los 410 mm en la entidad, 95 comunidades y poblaciones rurales incomunicadas, 62 puentes dañados 200 mil habitantes sin energía eléctrica, 100 mil hectáreas de la red hidráulica siniestradas, 5 mil hectáreas de granjas acuícolas siniestradas, más de 4 mil personas evacuadas, 1700 kilómetros de la red carretera dañada, 50% de la infraestructura urbana dañada en Culiacán, Navolato, Mocorito y Angostura, 9 municipios con daño severo, 34,697 hectáreas de diverso cultivo siniestradas, 40% de la hortalizas de invernadero dañadas, 1008 escuelas con daños, más de 40 mil viviendas dañadas y alrededor de 175 mil damnificados.

Por lo anterior es importante tener la mayor información posible de las estaciones hidrométricas en el estado de Sinaloa, ya que existe una gran infraestructura; en el estado de Sinaloa se encuentran

distritos de riego importantes, así como también ríos que históricamente se han desbordado provocando damnificados en la zona.

El presente trabajo consiste en obtener regiones homogéneas en el estado de Sinaloa. En el capítulo uno y dos se plantea la teoría de análisis de frecuencias de eventos extremos y la teoría de análisis regional hidrológico respectivamente. En el capítulo tres se desarrollara la zona de estudio, la ubicación de las estaciones hidrométricas, los datos hidrométricos de las estaciones fueron proporcionados por el Dr. Carlos Agustín Escalante Sandoval, la aplicación de los métodos matemáticos explicados en el capítulo uno y dos la delimitación de regiones homogéneas. Al final encontramos los anexos A y B que muestran los Errores Estándar de Ajuste del análisis de frecuencias puntual, así como el comportamiento del gasto de diseño para diferentes periodos de retorno y los mapas de la delimitación de regiones de homogéneas por las diferentes técnicas empleadas respectivamente.

### **III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Al encontrarse en una zona susceptible a inundaciones provocadas por la precipitación o el desbordamiento de ríos es de vital importancia obtener la estimación de eventos de diseño con la menor incertidumbre posible.

Sin embargo, las estaciones hidrométricas estudiadas, que se encuentran distribuidas en Sinaloa tienen registros que van de los 7 a los 42 años, por lo que el llevar a cabo el ajuste de las distribuciones de probabilidad teóricas por distintos métodos de manera puntual mencionadas anteriormente para cada estación resultaría con muchas incertidumbres y el gasto de diseño asociado a un periodo de retorno no sería un dato tan confiable para poder llevar a cabo el dimensionamiento o la revisión de la seguridad de una obra hidráulica.

Para poder llevar un acabo un análisis de eventos extremos con la menor incertidumbre posible es importante contar con al menos registros de 30 años para considerar que los datos son suficientes, de esta manera se disminuye la incertidumbre y se pueden modelar de mejor la forma las funciones.

Es por ello que obtener las regiones homogéneas sería de gran utilidad para poder estimar eventos de diseño en sitios con poca información o en cuencas no aforadas.

#### **III.1 OBJETIVO GENERAL**

Estimar las regiones homogéneas del estado de Sinaloa por medio de distintos métodos de regionalización hidrológica, que servirán para lograr estimar gastos máximos anuales asociado a un periodo de retorno en el estado de Sinaloa.

#### **III.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

-Comparar los gastos de diseño estimados puntualmente con resultados obtenidos por las diferentes técnicas de delimitación.

-Obtener las regiones homogéneas del estado de Sinaloa.

# 1 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE EVENTOS EXTREMOS

## 1.1 TÉCNICAS DE ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

Los problemas hidrológicos se analizan a través del uso de un modelo. Los modelos pueden ser del tipo determinístico, paramétrico o estocástico.

Un modelo completamente determinístico es aquel que se obtiene a través de relaciones físicas y no requiere de datos experimentales para su aplicación.

Un modelo paramétrico puede ser considerado como un determinístico en el sentido de que una vez que se estiman los parámetros del modelo, éste siempre genera la misma salida a partir de la información de entrada. Por otro lado, un modelo paramétrico es estocástico en el sentido de que los parámetros estimados dependen de los datos observados y aquellos cambiarán cuando los datos observados también lo hagan.

Un modelo estocástico es aquel en el cual las salidas son predecibles solo en un sentido estadístico. En modelos estocásticos, el empleo repetido de un grupo de datos de entrada del modelo genera salidas que no son las mismas pero siguen un cierto modelo estocástico.

Antes de hacer inferencias de cualquier modelo es importante la estimación de sus parámetros. Cada estimador de un parámetro es una función de los valores de la muestra los cuales son observaciones de una variable aleatoria. Así, el propio parámetro estimado es una variable aleatoria que tiene su propia distribución muestral. Un estimador que se obtiene a partir de un grupo de valores puede considerarse como un valor observado de una variable aleatoria. Por lo cual, la bondad de un estimador puede ser juzgado a partir de su distribución (Escalante y Reyes, 2005).

Independientemente de la técnica que se use para la estimación de los parámetros se deben cumplir las siguientes propiedades:

-Sesgo nulo: un estimador  $\hat{\theta}$  de un parámetro  $\theta$  se dice que no es sesgado, si el valor esperado  $E(\hat{\theta}) = \theta$ , esto es el sesgo:  $E(\hat{\theta}) - \theta$

-Consistencia: un estimador  $\hat{\theta}$  de un parámetro  $\theta$  se dice que es consistente, si la probabilidad que  $\hat{\theta}$  difiera de  $\theta$ , por más de una constante arbitraria  $\xi$ , se aproxima a cero a medida que el tamaño de la muestra tiende a infinito.

-Eficiencia: un estimador  $\hat{\theta}$  se dice que es un estimador más eficiente de  $\theta$ , si es no sesgado y si su varianza es por lo menos menor que la de cualquier otro estimador de  $\theta$ .

-Suficiencia: Un estimador  $\hat{\theta}$ , se dice que es suficiente para  $\theta$ , si  $\hat{\theta}$  usa toda la información de relevancia para  $\theta$ , que está contenida en la muestra.

El análisis de frecuencias de eventos extremos consiste en obtener una distribución de probabilidad que mejor describa el comportamiento de la variable aleatoria. Estas funciones de probabilidades están definidas por el valor que toman sus parámetros

La estimación de parámetros que se utilizaron en este trabajo será mediante momentos convencionales, momentos-L y máxima verosimilitud.

### 1.1.1 MÉTODO DE LOS MOMENTOS

El método de los momentos muestrales es un procedimiento muy sencillo para encontrar un estimador de uno o más parámetros poblacionales. Consiste básicamente en plantear un sistema de ecuaciones, cuyo tamaño depende del número de parámetros a estimar. Esto se hace al igualar los momentos poblacionales con los muestrales (Escalante y Reyes, 2005).

Los momentos poblacionales pueden obtenerse con respecto a la media:

El momento  $r$  de una variable aleatoria  $X$  alrededor de la media  $\mu$ , también conocido como el momento central  $r$ , se define como:

$$M_r^\mu = E[(x - \mu)^r \text{ Para } r = 1, 2, \dots] \quad (1.1)$$

Para variables discretas:

$$M_r^\mu = \sum (x - \mu)^r f(x) \quad (1.2)$$

Para variables continuas:

$$M_r^\mu = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^r f(x) dx \quad (1.3)$$

O con respecto al origen:

El momento  $r$  de  $X$  alrededor del origen se define como:

$$M_r = E[X^r] = \int_{-\infty}^{\infty} (x)^r f(x) dx \quad (1.4)$$

Ya sea que se utilice una u otra se podrán hacer las transformaciones necesarias al emplear las siguientes expresiones:

La relación entre los momentos con respecto a la media y aquellos al origen se obtiene por:

$$M_r^\mu = \sum_{j=0}^r (-1)^j \binom{r}{j} \mu^j M_{r-j} \quad (1.5)$$

La relación entre los momentos con respecto al origen y aquellos con respecto a la media se obtiene por:

$$M_r = \sum_{j=0}^r \binom{r}{j} (\mu)^j M_{r-j}^\mu \quad (1.6)$$

Los momentos muestrales, también conocidos como estadísticos muestrales, se obtienen con las siguientes expresiones:

Media:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1.7)$$

Varianza Sesgada:

$$S_{sesg}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2 \quad (1.8)$$

Varianza Insesgada:

$$S_{insesg}^2 = \frac{n}{n-1} S_{sesg}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2 \quad (1.9)$$

Coeficiente de Asimetría Sesgado:

$$\gamma = \frac{n^{1/2} \sum (X_i - \bar{X})^3}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2\right)^{3/2}} \quad (1.10)$$

Coeficiente de Asimetría Insesgado:

$$g = \frac{n^2}{(n-1) * (n-2)} * \gamma \quad (1.11)$$

Desviación Estándar Sesgada:

$$\Lambda = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \quad (1.12)$$

Desviación Estándar Insesgada:

$$S = \left[ \frac{1}{n+1} * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \quad (1.13)$$

Coeficiente de Curtosis Sesgado:

$$k = \frac{1/n * \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(\Lambda^2)^2} \quad (1.14)$$

Coeficiente de Curtosis Insesgado:

$$K = \frac{n^3}{(n-1) * (n-2) * (n-3)} * k$$

Coeficiente de variación:

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (1.15)$$

En el análisis hidrológico se recomienda el uso de los estadísticos insesgados, ya que generalmente se trabaja con muestras relativamente pequeñas.

### 1.1.2 MÉTODO DE LOS MOMENTOS-L

Los momentos-L son análogos a los momentos convencionales, sin embargo, tienen una cierta ventaja sobre ellos, ya que son capaces de caracterizar a un mayor número de distribuciones, además de estar virtualmente libres de sesgo para muestras pequeñas (Hosking, 1990).

Los primeros cuatro momentos-L son:

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (1.16)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_{(1)} - \beta_{(0)} \quad (1.17)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_{(2)} - 6\beta_{(1)} + \beta_0 \quad (1.18)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_{(3)} - 30\beta_{(2)} + 12\beta_{(1)} - \beta_{(0)} \quad (1.19)$$

Donde:

$$\beta_r = M_{i,r,0} = \int_0^1 xF^r dF \quad (1.20)$$

Los estimadores muestrales-L, pueden obtenerse al sustituir los estimadores insesgados de las siguientes ecuaciones:

$$\hat{M}_{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi \quad (1.21)$$

$$\hat{M}_{(1)} = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} Xi(n-i) \quad (1.22)$$

$$\hat{M}_{(2)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-2} Xi(n-i)(n-i-1) \quad (1.23)$$

$$\hat{M}_{(3)} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^{n-3} Xi(n-i)(n-i-1)(n-i-2) \quad (1.24)$$

En las ecuaciones (1.16) a (1.19).

Los primeros momentos-L poblacionales se pueden obtener mediante la expresión (1.20) de la siguiente forma:

$$\lambda_1 = \int_0^1 x(F)dF \quad (1.25)$$

$$\lambda_2 = \int_0^1 x(F)(2F-1)dF \quad (1.26)$$

$$\lambda_3 = \int_0^1 x(F)(6F^2-6F+1)dF \quad (1.27)$$

$$\lambda_4 = \int_0^1 x(F)(20F^2-30F^2+12F-1)dF \quad (1.28)$$

Una vez conocidas  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  se pueden obtener las relaciones de los momentos-L:

*Coefficiente de Variación –L*

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (1.29)$$

*Coefficiente de Sesgo –L*

$$\tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \quad (1.30)$$

*Coefficiente de curtosis –L*

$$\tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2} \quad (1.31)$$

### 1.1.3 MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD

Sea  $f(x; a_1, a_2, \dots, a_m)$  una función de densidad de probabilidad de  $x$  con parámetros  $a_i, i=1, \dots, m$ . si existe una muestra aleatoria  $x_1, x_2, \dots, x_n$  de esta función de densidad. Entonces, su función de densidad conjunta es  $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n; a_1, a_2, \dots, a_m)$ . Debido a que la muestra es aleatoria, la función de densidad conjunta se puede escribir como:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n; a_1, a_2, \dots, a_m) = \prod_{i=1}^n f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (1.32)$$

Interpretando en forma conceptual, la probabilidad de obtener un valor dado de  $x$ , digamos  $x_1$ , es proporcional a  $f(x_1; a_1, a_2, \dots, a_m)$ . Por otro lado, la probabilidad de obtener la muestra aleatoria  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  a partir de la población de  $x$  es proporcional al producto de sus densidades de probabilidad individual. Esta función conjunta es llamada la función de verosimilitud  $L$

$$\prod_{i=1}^n f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (1.33)$$

Los parámetros  $a_i, i = 1, 2, \dots, m$  son desconocidos.

El método de máxima verosimilitud estima los parámetros desconocidos al maximizar  $L$ , esto es; maximizando la verosimilitud de que la muestra bajo consideración es la única que puede obtenerse al seleccionar  $n$  observaciones aleatorias a partir de  $f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m)$ . Los valores de los parámetros obtenidos se conocen como los estimadores por máxima verosimilitud. Debido a que con  $\ln L$  se alcanza también su máximo para valores específicos de  $a_i, i = 1, 2, \dots, m$ , como lo hace  $L$ , entonces, la función de verosimilitud se puede expresar como:

$$\ln L = \ln \prod_{i=1}^n f(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (1.34)$$

El procedimiento para estimar los parámetros o la determinación del punto donde la función alcanza su máximo, implica la diferenciación de L o de ln L parcialmente con respecto a cada parámetro e igualando a cero. Por lo que se generan m ecuaciones:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_m)}{\partial a_1} \\ & \frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_m)}{\partial a_2} \\ & \vdots \\ & \frac{\partial L(a_1, a_2, \dots, a_m)}{\partial a_m} \end{aligned} \quad (1.35)$$

Estas m ecuaciones con m incógnitas pueden resolverse para los m parámetros desconocidos

## 1.2 PERIODO DE RETORNO

El diseño de las obras hidráulicas requiere de la estimación de un evento  $\hat{Q}$  asociado a cierto periodo de retorno. Dado que en la naturaleza nada es constante, se requiere del uso de las leyes de probabilidad para describir el comportamiento de las variables hidrológicas.

La variable que no se puede predecir con certeza es llamada aleatoria la cual puede ser de tipo discreta o continua, para el primer tipo se tiene, por ejemplo, el número de días al año con periodo de sequía, o el número de días con lluvia apreciable al año ( $h_p > 1mm$ ), para el segundo caso se tiene la lluvia máxima anual en 24 horas ( $H_p 24h$ ) o los gastos máximos o mínimos anuales en un río.

La ley que rige el comportamiento de una variable aleatoria se le conoce como función de densidad y se representa por  $f(x)$  y la probabilidad acumulada  $F(x)$ .

La probabilidad se asocia al periodo de retorno por:

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T} \text{ (No excedencia);} \quad F(x) = \frac{1}{T} \text{ (Excedencia)} \quad (1.36)$$

Las características que definen a una función de densidad son: la media, moda, mediana, varianza, desviación estándar, coeficiente de asimetría, coeficiente de curtosis y coeficiente de variación

La referencia estadística es la distribución normal donde el coeficiente de asimetría tiene un valor de 0, el coeficiente de curtosis un valor de 3, y la media, moda y mediana coinciden en el mismo sitio.

## 1.3 PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD

Las características estadísticas de las series hidrológicas como la media, la desviación estándar y los coeficientes de correlación serial, se afectan cuando la serie presenta tendencia en la media o en la varianza, o cuando ocurren saltos negativos o positivos; Tales anomalías son producidas por la pérdida de homogeneidad y la inconsistencia.

En general, la falta de homogeneidad de los datos es inducida por las actividades humanas como la deforestación, apertura de nuevas áreas de cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses, cambio del observador y reforestación. También es producto de los procesos

naturales súbitos, como incendios forestales, terremotos, deslizamiento de laderas y erupciones volcánicas.

Las pruebas estadísticas que miden la homogeneidad de una serie de datos presentan una hipótesis nula y una regla para aceptarla o rechazarla.

### 1.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DE HELMERT

Esta técnica consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento  $Q_i^j$  de la serie "j" para  $i=1, 2, 3, \dots, n_j$  con respecto a su valor medio  $\bar{Q}_i^j$ . Si una desviación de cierto signo es seguida de otra del mismo signo, entonces se dice que se forma una secuencia (S), de lo contrario se tiene un cambio C.

La serie se considera homogénea si se cumple:

$$-\sqrt{n_j - 1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n_j - 1} \quad (1.37)$$

Donde:

$n_j =$  tamaño de muestra

$S =$  cantidad de secuencias

$C =$  cantidad de cambios

### 1.3.2 PRUEBA ESTADÍSTICA T DE STUDENT

Cuando la causa probable de la pérdida de homogeneidad de la serie sea un cambio abrupto en la media, la prueba del estadístico t es muy útil.

Si se considera una serie  $Q_i^j$  para  $i=1, 2, \dots, n$  del sitio j, la cual se divide en dos conjuntos de tamaño  $n_1 = n_2 = \frac{n_j}{2}$ , entonces, el estadístico de prueba se define con la expresión:

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[ \frac{n_1 * S_1^2 + n_2 * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} * \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}} \quad (1.38)$$

Donde:

$\bar{x}_1$  y  $S_1^2 \rightarrow$  Mediana y varianza (1° parte)

$\bar{x}_2$  y  $S_2^2 \rightarrow$  Mediana y varianza (2° parte)

El valor absoluto de  $t_d$  se compara con la distribución t de student de 2 colas y con  $v = n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad, para un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

Si y solo si  $|t_d| > t_{critico}$ , se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y la serie se considera No Homogénea.

### 1.3.3 PRUEBA ESTADÍSTICA DE CRAMER

Esta prueba se utiliza con el propósito de verificar homogeneidad en el registro  $Q_i^j$  de la serie j para  $i=1, 2, \dots, n_j$ , y también para determinar si el valor medio no varía significativamente de un periodo de tiempo a otro. Con este propósito se consideran tres bloques, el primero, del tamaño total de la

muestra  $n_j$ ; el segundo de tamaño  $n_{60}$  (60% de los últimos valores de la muestra  $n_j$ ); y el tercero de tamaño  $n_{30}$  (30% de los últimos valores de la muestra  $n_j$ ).

La prueba compara el valor de  $\bar{Q}_j$  del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos  $\bar{Q}_{30}^j$  y  $\bar{Q}_{60}^j$ . Para que se considere la serie analizada como estacionaria en la media, se deberá cumplir que no existe una diferencia significativa entre las medias de los bloques.

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j}, \text{ para una muestra analizada } j = 1 \quad (1.39)$$

$$S_Q^j = \left[ \frac{1}{(n_j - 1)} \sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2 \right]^{1/2} \quad (1.40)$$

$$\bar{Q}_{60} = \sum_{k=1}^{n_{60}} \frac{x_k}{n_{60}} \quad (1.41)$$

$$\bar{Q}_{30} = \sum_{k=1}^{n_{30}} \frac{x_k}{n_{30}} \quad (1.42)$$

$$\tau_{60} = \frac{\bar{x}_{60} - \bar{x}}{S_x} \quad (1.43)$$

$$\tau_{30} = \frac{\bar{x}_{30} - \bar{x}}{S_x} \quad (1.44)$$

$$t_w = \left( \frac{n_w(n_j - 2)}{n_j - n_w[1 + (\tau_w)^2]} \right)^{1/2} * |\tau_w|, \text{ para } w = 60 \text{ y } w = 30 \quad (1.45)$$

El estadístico  $t_w$  tiene distribución t de Student de dos colas con  $v = n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad y para un nivel  $\alpha = 0.05$ .

Si y solo si el valor absoluto de  $t_w$ , para  $w=60$  y  $w=30$ , es mayor que la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto serie  $Q_j$  se considera no homogénea.

## 1.4 PRUEBA DE INDEPENDENCIA DE EVENTOS

Para que se pueda llevar a cabo el análisis de frecuencias se requiere que la muestra  $Q_i^j$  de la serie j para  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  esté compuesta por las variables aleatorias. Para probarlo se aplica la prueba independencia de Anderson (Salas et al, 1988), la cual hace uso del coeficiente de correlación serial  $r_k^j$  para distintos tiempos de retraso de k. Si se analiza un solo registro, entonces  $j=1$ .

La expresión para el coeficiente de correlación serial de retraso k es:

$$r_k^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j-k} (Q_i^j - \bar{Q}^j)(Q_{i+k}^j - \bar{Q}^j)}{\sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2}; \text{ para } r_0 = 1 \text{ y } k = 1, 2, 3, \dots, \frac{n}{3} \quad (1.46)$$

Donde:

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j} \quad (1.47)$$

Además los límites a 95 % de confianza para  $r_k$  se pueden obtener como:

$$r_k^j(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96 * b \sqrt{(n_j - k - 1)}}{n_j - k} \quad (1.48)$$

La gráfica de los valores estimados para  $r_k^j$  (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abscisas) junto con sus correspondientes límites de confianza, se llama correlograma de la muestra.

Si solo el 10 % de los valores de  $r_k^j$  sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie  $Q_i^j$  es independiente y por lo tanto, es una variable que sigue las leyes de la probabilidad.

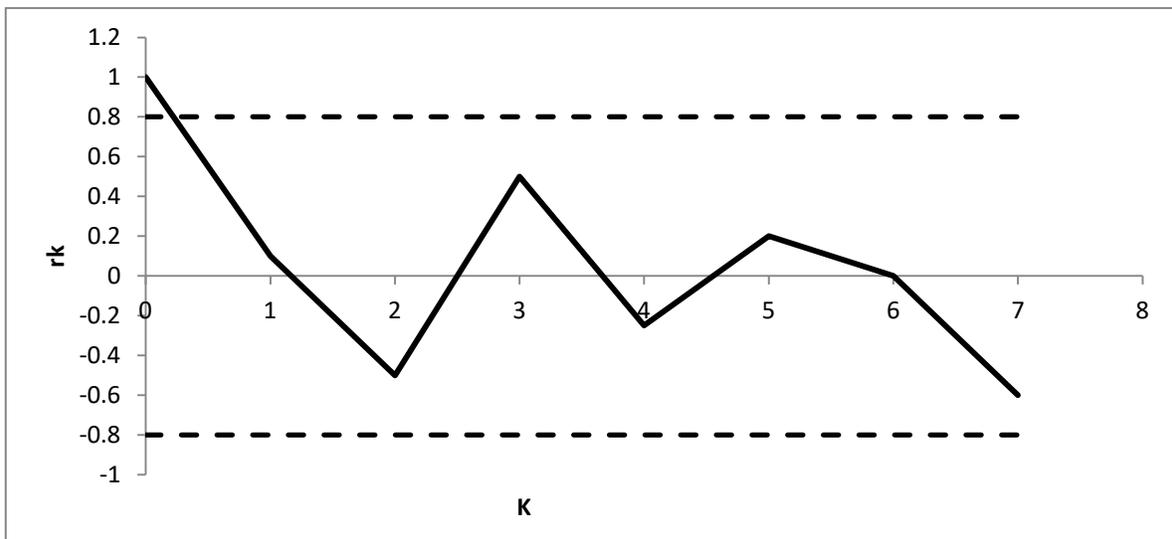


FIGURA 1.1 CORRELOGRAMA

### 1.5 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

Kite (1988) propuso un estadístico que permite seleccionar la mejor opción, entre diferentes modelos en competencia, para el ajuste de una muestra de datos  $Q_i^j$  para  $i=1,2,\dots,n_j$  de un sitio j.

Este estadístico es conocido como el error estándar de ajuste (EEA), y tiene la forma

$$EEA = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (\hat{Q}_T^j - Q_T^j)^2}{n_j - mp} \right]^{1/2} \quad (1.49)$$

Donde:

$Q_T^j$  Son los eventos  $Q_i^j$  ordenados de mayor a menor con periodo de retorno asignado  $T = \frac{n_j+1}{m}$  y una probabilidad de no excedencia  $P = 1 - \frac{1}{T}$ .

$n_j$  Longitud en años del registro analizado.

$m$  Numero de orden del registro.

$m = 1$  Para el evento más grande.

$m = n_j$  Para el evento más chico.

$\hat{Q}_T^j$  Eventos estimados por cierta distribución de probabilidad para cada periodo de retorno T asignado a la muestra ordenada  $Q_i^j$

$mp$  Numero de parámetros de la distribución ajustada, por ejemplo

$mp = 1$  Para la exponencial 1

$mp = 2$  Para la Norma, Log Normal-2, Exponencial-2, Gamma-2, Gumbel

$mp = 3$  Para la Log Normal-3, Gamma-3, Log Pearson III, GVE.

La distribución de mejor ajuste será aquella que proporcione el mínimo valor del estadístico EE. Si una o más distribuciones tienen valores similares del EE, entonces, se deberá optar por aquella que tenga el menor número de parámetros.

## 1.6 TEORÍA DISTRIBUCIONAL

### 1.6.1 DISTRIBUCIÓN NORMAL

$$F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (1.50)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, -\infty < x < \infty \quad (1.51)$$

Donde:

$\mu$  Parámetro de ubicación

$\Sigma$  Parámetro de escala

Además:

$\gamma = 0,$

$K = 3$

Parámetros por momentos

$$\hat{\mu} = \bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.52)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (1.53)$$

Parámetros por momentos-L

$$\hat{\mu} = \lambda_1 \quad (1.54)$$

$$\hat{\sigma} = 1.772\lambda_2 \quad (1.55)$$

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$\hat{X}_T = \hat{\mu} + \hat{\sigma}\hat{U}_T \quad (1.56)$$

Donde:

$$\hat{U}_T = V - \frac{b_0 + b_1V + b_2V^2}{1 + b_3V + b_4V^2 + b_5V^3} \quad (1.57)$$

Donde:

$$\begin{array}{ll} b_0 = 2.515517 & b_3 = 1.432788 \\ b_1 = 0.802853 & b_4 = 0.189269 \\ b_2 = 0.010328 & b_5 = 0.001308 \end{array} \quad (1.58)$$

Para  $0 < F(X) \leq 0.5$

$$V = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{(F(x))^2} \right]}; \quad F(x) = \frac{1}{T} \quad (1.59)$$

Para una probabilidad acumulada  $0.5 < F(x) \leq 1$  se cambia  $F(x)$  por  $1-F(x)$  en la ecuación (3.23) y el signo del valor obtenido de  $U_T$  en la ecuación (3.21).

## 1.6.2 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL 2 CON PARÁMETROS

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2}, \text{ para } x > 0 \quad (1.60)$$

Donde:

$\mu_y$  Parámetro de ubicación

$\sigma_y$  Parámetro de escala

Parámetros por momentos:

$$\bar{y} = \hat{\mu}_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \quad (1.61)$$

$$\hat{\sigma}_y^2 = \frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \mu_y)^2 \quad (1.62)$$

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$\hat{X}_T = e^{\hat{\mu} + \hat{\sigma}_y \bar{U}_T} \quad (1.63)$$

### 1.6.3 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS

$$f(x) = \frac{1}{x - x_0} e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2}, \quad x > x_0 \quad (1.64)$$

Donde:

$x_0$       Parámetro de ubicación

$\mu_y$       Parámetro de escala

$\sigma_y$       Parámetro de forma

Parámetros por momentos:

$$\hat{x}_0 = \bar{x} * \left(1 - \frac{\hat{n}_x}{\hat{n}_z}\right) \quad (1.65)$$

Donde:

$$\hat{n}_x = \frac{S}{\bar{x}} \quad (1.66)$$

$$\hat{n}_z = \frac{1 - w^{\frac{2}{3}}}{w^{\frac{1}{3}}} \quad (1.67)$$

$$w = \frac{(g^2 + 4)^{\frac{1}{2}} - g}{2}; \quad g \rightarrow \text{coeficiente de asimetria} \quad (1.68)$$

$$\hat{\mu}_y = \ln \left( \frac{S}{\hat{n}_z} - \frac{1}{2} \ln(\hat{n}_z^2 + 1) \right) \quad (1.69)$$

$$\hat{\sigma}_y = (\ln(\hat{n}_z^2 + 1))^{\frac{1}{2}} \quad (1.70)$$

Parámetros por máxima verosimilitud:

$$\hat{\mu}_y = \sum_{i=1}^n \frac{\ln(x - \hat{x}_0)}{n} \quad (1.71)$$

$$\hat{\sigma}_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(x - x_0) - \mu_y)^2 \quad (1.72)$$

$\hat{x}_0$  Se obtiene al resolver:

$$F(\hat{x}_0) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(x_i - x_0)} (\hat{\mu}_y - \hat{\sigma}_y^2) - \sum_{i=1}^n \left\{ \left[ \frac{1}{(x_i - x_0)} \right] \ln(x_i - x_0) \right\} = 0 \quad (1.73)$$

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$\hat{X}_T = \hat{x}_0 + e^{\hat{\mu}_y + \hat{\sigma}_y \hat{U}_T} \quad (1.74)$$

#### 1.6.4 DISTRIBUCIÓN GAMMA DE 2 PARÁMETROS

$$F(x) = \int_0^x \frac{x^{\beta-1} e^{-\frac{x}{\alpha}}}{\alpha^{\beta} \Gamma(\beta)} dx \quad (1.75)$$

$$f(x) = \frac{x^{\beta-1} e^{-\frac{x}{\alpha}}}{\alpha^{\beta} \Gamma(\beta)} \quad x > 0 \quad (1.76)$$

Donde:

$\alpha$  Parámetro de escala

$\beta$  Parámetro de forma

$\Gamma(\beta)$  Función Gamma

Además

$$\mu = \beta\alpha \quad (1.77)$$

$$\sigma^2 = \alpha^2\beta \quad (1.78)$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta}} \quad (1.79)$$

Parámetros por momentos

$$\hat{\alpha} = \frac{S^2}{\bar{x}} \quad (1.80)$$

$$\hat{\beta} = \left(\frac{\bar{x}}{S}\right)^2 \quad (1.81)$$

Parámetros de máxima verosimilitud

$$\hat{\alpha} = \frac{\bar{x}}{\hat{\beta}} \quad (1.82)$$

$$\hat{\beta} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3}C}}{4C} \quad (1.83)$$

$$C = \text{Ln}(\bar{x}) - \bar{y} \quad (1.84)$$

Parámetros por momentos L

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Para  $0 \leq \tau_2 \leq 0.5$

$$\hat{\beta} = \frac{1 - 0.308z}{z - 0.05812z^2 + 0.01765z^3} \quad (1.85)$$

$$z = \pi * \tau_2^2 \quad (1.86)$$

Para  $0.5 \leq \tau_2 \leq 1$

$$\hat{\beta} = \frac{0.7213z - 0.5947z^2}{1 - 2.1817z + 1.2113z^2} \quad (1.87)$$

$$z = 1 - \tau_2 \quad (1.88)$$

El estimador  $\hat{\alpha}$  se obtiene con la expresión (3.46) y el valor de la ecuación (3.51)

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$X_T = \hat{\alpha}\hat{\beta} \left\{ 1 - \frac{1}{9\hat{\beta}} + U_T \sqrt{\frac{1}{9\hat{\beta}}} \right\}^3 \quad (1.89)$$

### 1.6.5 DISTRIBUCIÓN GAMMA DE 3 PARÁMETROS

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}; x > 0, \alpha > 0, x \geq x_0 \quad (1.90)$$

Donde

$x_0$  Parámetro de ubicación

$\alpha$  Parámetro de escala

$\beta$  Parámetro de forma

Parámetros por momentos

$$\hat{\beta} = \frac{4}{g^2} \quad (1.91)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{S}{\sqrt{\hat{\beta}}} \quad (1.92)$$

$$\hat{x}_0 = \bar{x} - S\sqrt{\hat{\beta}} \quad (1.93)$$

Parámetros por Máxima verosimilitud

$$\hat{\beta} = \frac{1}{1 - \frac{n^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_0) \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{x_i - \hat{x}_0}\right)}} \quad (1.94)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_0) - \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{x_i - \hat{x}_0}\right]} \quad (1.95)$$

El estimador  $\hat{x}_0$  se obtiene al resolver

$$F(\hat{x}_0) = \sum_{i=1}^n \ln(x_i - \hat{x}_0) - n \ln(\hat{\alpha}) - n\Psi(\hat{\beta}) = 0 \quad (1.96)$$

Donde la función trigama de  $\hat{\beta}$ ,  $\Psi(\hat{\beta})$  se expresa como:

$$\Psi(\hat{\beta}) = \ln(\hat{\beta} + 2) - \frac{1}{2(\hat{\beta} + 2)} - \frac{1}{12(\hat{\beta} + 2)^2} + \frac{1}{120(\hat{\beta} + 2)^4} - \frac{1}{252(\hat{\beta} + 2)^6} - \frac{1}{(\hat{\beta} + 1)} - \frac{1}{\hat{\beta}} \quad (1.97)$$

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$\hat{x}_T = \hat{x}_0 + \hat{\alpha}\hat{\beta} \left\{ 1 - \frac{1}{9\hat{\beta}} + \hat{U}_T \sqrt{\frac{1}{9\hat{\beta}}} \right\}^3 \quad (1.98)$$

### 1.6.6 DISTRIBUCIÓN LOG - PEARSON TIPO III

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)x} \left( \frac{\ln(x) - y_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{\ln(x)-y_0}{\alpha}\right)}, \quad x > 0 \quad (1.99)$$

Donde:

$y_0$       Parámetro de ubicación

$\alpha$         Parámetro de escala

$\beta$         *Parámetro de forma*

Parámetros por Momentos

$$\hat{\beta} = \frac{2}{g_y^2} \quad (1.100)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{S_y}{\sqrt{\hat{\beta}}} \quad (1.101)$$

$$\hat{y}_0 = \bar{y} - S_y\sqrt{\hat{\beta}} \quad (1.102)$$

Donde  $\bar{y}$ ,  $g_y$ , y  $S_y$  se obtienen de la serie logarítmica.  $y_i = \ln x_i$

Parámetros por Máxima Verosimilitud:

$$\hat{\beta} = \frac{1}{1 - \frac{n^2}{\sum_{i=1}^n (\ln x_i - \hat{y}_0) * \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\ln x_i - \hat{y}_0} \right)}} \quad (1.103)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln x_i - \hat{y}_0) - \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{1}{\ln x_i - \hat{y}_0} \right]} \quad (1.104)$$

El estimador  $\hat{y}_0$  se obtiene al resolver:

$$F(\hat{y}_0) = \sum_{i=1}^n \ln(\ln x_i - \hat{y}_0) - n \ln(\hat{\alpha}) - n\Psi(\hat{\beta}) = 0 \quad (1.105)$$

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$\hat{X}_T = e^{\left\{ \hat{y}_0 + \hat{\alpha}\hat{\beta} \left[ 1 - \frac{1}{9\hat{\beta}} + U_T \sqrt{\frac{1}{9\hat{\beta}}} \right]^3 \right\}} \quad (1.106)$$

### 1.6.7 DISTRIBUCIÓN GUMBEL

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-v}{\alpha}\right)}} \quad (1.107)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} - e^{-\left(\frac{x-v}{\alpha}\right)} e^{-e^{-\left(\frac{x-v}{\alpha}\right)}} \quad -\infty < X < \infty, \alpha > 0 \quad (1.108)$$

Donde

$v$  Parámetro de ubicación

$\alpha$  Parámetro de escala

Estimadores por momentos

$$\hat{v} = \hat{x} - 0.45S \quad (1.109)$$

$$\hat{\alpha} = 0.78S \quad (1.110)$$

Estimadores por máxima verosimilitud

La variable reducida Gumbel es:

$$y_1 = \frac{x_i - v}{\alpha} \quad (1.111)$$

Considerando la variable reducida (3.75) se tiene el siguiente proceso iterativo:

$$P = n - \sum_{i=1}^n e^{-z_i} \quad (1.112)$$

$$R = n - \sum_{i=1}^n z_i + \sum_{i=1}^n z_i e^{-z_i} \quad (1.113)$$

El criterio de convergencia es:

$$\frac{P}{\hat{\alpha}} \approx 0 \quad y \quad \frac{-R}{\hat{\alpha}} \approx 0 \quad (1.114)$$

Incrementos

$$\delta_{vj} = (1.11P_j - 0.26R_j) \frac{\hat{\alpha}_i}{n} \quad (1.115)$$

$$\delta_{\alpha i} = (0.26P_j - 0.61R_j) \frac{\hat{\alpha}_i}{n} \quad (1.116)$$

Nuevos valores:

$$\hat{v}_{j+1} = \hat{v}_j + \delta_{vj} \quad (1.117)$$

$$\hat{\alpha}_{j+1} = \hat{\alpha}_j + \delta_{\alpha j} \quad (1.118)$$

Estimadores por momentos

$$v = \lambda_1 - 0.577216\hat{\alpha} \quad (1.119)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\lambda_2}{\ln(2)} \quad (1.120)$$

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$\hat{X}_T = \hat{v} - \hat{\alpha} \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (1.121)$$

### 1.6.8 DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS (GVE)

$$F(x) = e^{-\left[1 - \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^{\beta}\right]^{-1/\beta}} \quad (1.122)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\left[1 - \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^{\beta}\right]^{-1/\beta}} \left(1 - \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^{\beta}\right)^{\frac{1}{\beta}-1} \quad (1.123)$$

Donde:

- $\mu$       Parámetro de Ubicación
- $\alpha$       Parámetro de Escala  $\alpha > 0$
- $\beta$       Parámetro de Forma

Si:

$\beta = 0$ ;  $-\infty < x < \infty$ ; Entonces la distribución es tipo I (Gumbel)

$\beta < 0$ ;  $\mu + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) \leq x \leq \infty$  Entonces la distribución es tipo II (Frechet)

$\beta > 0$ ;  $-\infty \leq x \leq \mu + \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)$ ; Entonces la distribución es tipo III (Weibull)

La variable reducida GVE

$$y_i = -\frac{1}{\beta} * \text{Ln} \left[ 1 - \left( \frac{x_i - v}{\alpha} \right)^{\beta_j} * \beta \right]^{1/\beta} \quad (1.124)$$

Estimación por momentos

Si  $-11.35 < g < 1.1396$

$$\beta = 0.279434 - 0.333535g + 0.048306g^2 + 0.023314g^3 + 0.00376g^4 + 0.000263g^5 \quad (1.125)$$

Si  $1.14 < g < 18.95$

$$\beta = 0.25031 - 0.29219g + 0.075357g^2 - 0.010883g^3 + 0.000904g^4 - 0.000043g^5 \quad (1.126)$$

Para  $\beta < 0$

$$\hat{A} = \bar{x} - \hat{\beta}E[y] \quad (1.127)$$

$$\hat{\alpha} = -\hat{\beta}\hat{B} \quad (1.128)$$

$$\hat{\mu} = \hat{A} + \hat{B} \quad (1.129)$$

Para  $\beta > 0$

$$\hat{A} = \bar{x} - \hat{\beta}E[y] \quad (1.130)$$

$$\hat{\alpha} = -\hat{\beta}\hat{B} \quad (1.131)$$

$$\hat{\mu} = \hat{A} + \hat{B} \quad (1.132)$$

Donde:

$$\hat{B} = \left[ \frac{\text{Var}(x)}{\text{Var}(y)} \right]^{1/2} \quad (1.133)$$

$$\text{Var}(x) = Sx^2 \quad (1.134)$$

$$E[y] = \Gamma(1 + \beta) \quad (1.135)$$

$$Var(y) = \Gamma(1 + 2\beta) - \Gamma^2[1 + \beta] \quad (1.136)$$

Estimación de parámetros por máxima verosimilitud

Considerando la variable reducida (3.88) se tiene el siguiente proceso iterativo

$$P = n - \sum_{i=1}^n e^{-y_i} \quad (1.137)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n e^{(\beta-1)y_i} - (1 - \beta) \sum_{i=1}^n e^{\beta y_i} \quad (1.138)$$

$$R = n - \sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n y_i * e^{y_i} \quad (1.139)$$

El criterio de convergencia es:

$$\begin{aligned} \frac{\delta_{LL}}{\delta_v} &= \left| \frac{Q}{\alpha} \right| \approx 0 \\ \frac{-\delta_{LL}}{\delta_v} &= \left| \frac{P + Q}{\alpha\beta} \right| \approx 0 \\ \frac{-\delta_{LL}}{\delta_\beta} &= \left| \frac{1}{\beta} \left[ R + \frac{P + Q}{\beta} \right] \right| \approx 0 \end{aligned} \quad (1.140)$$

Incrementos:

$$\begin{aligned} \delta v_j &= -\frac{\hat{\alpha}_j}{n} \left[ bQ_j + \frac{h(P_j + Q_j)}{\beta_j} + \frac{f}{\beta_j} \left( R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\beta_j} \right) \right] \\ \delta \alpha_j &= -\frac{\hat{\alpha}_j}{n} \left[ hQ_j + \frac{a(P_j + Q_j)}{\beta_j} + \frac{g_s}{\beta_j} \left( R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\beta_j} \right) \right] \\ \delta \beta_j &= -\frac{1}{n} \left[ fQ_j + \frac{g_s(P_j + Q_j)}{\beta_j} + \frac{c}{\beta_j} \left( R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\beta_j} \right) \right] \end{aligned} \quad (1.141)$$

Donde a, b, c, f, g<sub>s</sub> y h son los elementos de la matriz de varianza-covarianza de los parámetros de la distribución GVE para  $-1.5 < \beta < 1.0$  (Raynal. 1982)

$$\begin{aligned}
a &= 0.661437 - 0.562798\hat{\beta} - 0.985803\beta^2 - 0.5059011\beta^3 \\
b &= 1.235356 - 0.162161\beta - 0.115137\beta^2 - 0.009577\beta^3 \\
c &= 0.4711 - .0.77627\beta - 0.295825\beta^2 - 0.009645\beta^3 \\
f &= 0.244435 - 0.1028\beta - 0.19583\beta^2 - 0.016837\beta^3 \\
g &= 0.15373 - 0.411923\beta - 0.47926\beta^2 - 0.075004\beta^3 \\
h &= 0.338937 - 1.209555\beta - 0.109822\beta^2 - 0.019801\beta^3
\end{aligned}
\tag{1.142}$$

Nuevos valores:

$$\begin{aligned}
\hat{v}_{j+1} &= \hat{v}_j + \delta_{vj} \\
\hat{\alpha}_{j+1} &= \hat{\alpha}_j + \delta_{\alpha j} \\
\hat{\beta}_{j+1} &= \hat{\beta}_j + \delta_{\beta j}
\end{aligned}
\tag{1.143}$$

Los eventos de diseño se obtienen con:

$$\hat{X}_T = \hat{\mu} + \frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}} \{1 - [-\ln (F(X))]^\beta\}; \quad F(X) = \frac{1}{T}
\tag{1.144}$$

## 2 ANÁLISIS REGIONAL HIDROLÓGICO

Cuando el sitio analizado cuenta con poca información  $n < 30$  años o nula información, se requiere emplear las técnicas de análisis regional hidrológico.

En general, la delimitación regional se ha sustentado en considerar áreas geográficamente continuas, límites políticos o administrativos. Sin embargo, si la variabilidad espacial de las características fisiográficas es grande, la consideración de homogeneidad no se puede garantizar.

A las técnicas que ubican en forma iterativa, con base a un algoritmo matemático, se les denomina técnicas de racimo. Con esta metodología no es necesario que la cuenca se encuentre dentro de un grupo geográficamente continuo.

Estas regiones, podría decirse que serán comunes respecto a si serie de datos en un espacio variable multidimensional antes que en el espacio geográfico. Sin embargo, existe una gran cantidad de problemas relacionados a la regionalización y en particular en el análisis de grupos. El primero es el relacionado con la selección de variables. Algunas cuencas son similares con respecto a determinada variable, como la cubierta forestal o la lluvia anual, pero no a otras como las características fisiográficas. Además, con el análisis por racimos, literalmente cualquier conjunto de variables es capaz de generar grupos. Lo cual es muy útil ya que de esta manera se podrá seleccionar las variables de acuerdo con la importancia del problema.

Si dichas variables son medidas a partir de longitudes de registros grandes, esto contribuirá a obtener una mayor similitud de aquellas características que se obtienen a partir de registros cortos.

Otro problemas en el análisis por racimos, es la variedad de los diferentes algoritmos que pueden emplearse para formar grupos. Desdichadamente, las diferentes técnicas de agrupación aplicadas a un mismo registro, a menudo producen estructuras que son sustancialmente diferentes.

Puede pensarse que la selección de la región es un problema trivial, sin embargo, la inclusión o exclusión de información dentro del modelo regional puede producir estimadores  $\hat{Q}_T$  poco confiables (Escalante y Reyes, 2005).

### 2.1 DELIMITACIÓN DE REGIONES HOMOGÉNEAS

Para la delimitación de regiones homogéneas del presente trabajo se han empleado el método de la técnica del parámetro  $\beta$  de la GVE, la técnica del coeficiente de variación (CV), el método de la región de influencia y el método de trazos multidimensionales.

#### 2.1.1 TÉCNICA DEL PARÁMETRO $\hat{\beta}$ DE LA GVE

Se calcula el parámetro  $\beta$  de la distribución GVE con la información de las hidrométricas. De acuerdo con su valor, se puede hacer una división entre estaciones y determinar el grupo al que pertenece cada una.

$$F(x) = e^{\left\{-\left[1 - \left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)^\beta\right]^{1/\beta}\right\}} \quad (2.1)$$

Si  $\beta = 0 \rightarrow$  Distribución Gumbell

Si  $\beta < 0 \rightarrow$  Distribución Frechet

Si  $\beta > 0 \rightarrow$  Distribución Weibull

Para la estimación por momentos L el parámetro " $\beta$ " se obtiene como:

$$\beta = 7.859E + 2.9554E^2 \quad (2.2)$$

$$E = \left( \frac{2\beta_1 - \beta_0}{3\beta_2 - \beta_0} \right) - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} \quad (2.3)$$

Donde  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  son los momentos de probabilidad dada.

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ \beta_1 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n x_i(n-i) \\ \beta_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n x_i(n-i)(n-i-1) \end{array} \right\} \text{Muestra ordenada de mayor a menor} \quad (2.4)$$

La metodología consiste en ubicar el valor del parámetro  $\beta$  de cada estación en una grafica y formar grupos a partir de sus valores, por ejemplo todas aquellas estaciones con valores de  $\beta$  menores a cero muestran un comportamiento definido por la distribución Frechet, formando una región. En caso de los valores de  $\beta$  sean o todos positivos o todos negativos se pueden crear intervalos par agrupar diversos puntos.

### 2.1.2 TÉCNICA DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Esta técnica también hace uso de una comparación gráfica entre los atributos estadísticos de los registros analizados.

Para cada una de las series  $j$ , por ejemplo, de gastos máximos anuales, se obtendrán los estadísticos muestrales  $\bar{x}_j$  y  $Cv_j$  con las expresiones (1.7) y (1.15), posteriormente se construye una gráfica situando en el eje de las ordenadas los coeficientes  $Cv_j$  y en las abscisas las relaciones  $\bar{x}_j/A_j$ , donde  $A_j$  son las áreas drenadas de cada uno de los sitios  $j$ . Los grupos se forman por concentración de puntos de alrededor determinado valor del coeficiente de variación.

Es importante considerar que la técnica requiere que los estadísticos  $\bar{x}_j$  y  $Cv_j$ , se estimen de registros de distribución normal de tal manera que ninguna de las variables tenga, tal influencia que pueda desproporcionar a la otra. Como esta condición no siempre se cumple será necesario transformar las series originales mediante algún proceso de normalización (Escalante y Reyes, 2005).

### 2.1.3 MÉTODO REGIÓN DE INFLUENCIA

En esta técnica cada sitio se considera el centro de su propia región (Burn, 1988, 1990). La identificación de una región de influencia se apoya en la medición de la distancia euclidiana en un espacio de atributos multidimensionales.

El conjunto de atributos (características fisiográficas y climatológicas) se relacionan a las características de los eventos extremos. También se define una función de peso que refleja la importancia estadística de cada sitio dentro de la región.

La distancia euclidiana  $D_{jb}$  entre una estación cualquiera "j" y la estación base "b" se expresa como:

$$D_{jb} = \left[ \sum_{i=1}^p (C_j^i - C_b^i) \right]^{1/2} \quad (2.5)$$

$$C_j^i = \frac{x_j^i}{s(x^i)} ; C_b^i = \frac{x_b^i}{s(x^i)} \quad (2.6)$$

Donde:

$p$  Numero de atributos considerados.

$C_j^i$  y  $C_b^i$  Valores estandarizados del atributo  $i$  para los sitios  $j$  y la estación base  $b$

$X_j^i$  Valores del atributo  $i$  del sitio  $j$

$X_b^i$  Valores del atributo  $i$  de la estación base  $b$

$S(X^i)$  Desviación estándar de los atributos "i" considerando todos los sitios "j" y la estación "b".

El proceso de estandarización elimina las unidades de cada atributo y reduce cualquier diferencia de escala dentro del rango de valores.

El grupo de los atributos seleccionados son función de la información disponible en la red de estaciones. La elección de los atributos requiere cierto juicio ingenieril, sin embargo, pueden obtenerse como en la técnica de la delimitación multidimensional al examinar la correlación entre las características estadísticas de los eventos extremos y las características fisiográficas y/o climatológicas.

El próximo paso dentro del proceso de identificación de la región de influencia, implica proponer un valor de tolerancia que acote la medida de la distancia. Así, se pudieran excluir todas las estaciones que tengan una distancia más grande que el valor promedio  $D_{jb}$  desde el sitio base.

#### 2.1.4 TRAZOS MULTIDIMENSIONALES

El método emplea la técnica de regresión lineal múltiple para seleccionar las características fisiográficas y/o meteorológicas mas adecuadas.

La heterogeneidad de los grupos que se forman de manera preliminar se evalúa mediante una técnica de procesamiento en la cual un punto en el espacio multidimensional se representa por una curva en 2 dimensiones vía la función (Andrews, 1972):

$$(t) = \frac{x_1}{\sqrt{2}} + x_2 \text{sen}(t) + x_3 \text{cos}(t) + x_4 \text{sen}(2t) + x_5 \text{cos}(2t) + x_6 \text{sen}(3t) + \dots \quad (2.7)$$

Donde  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  representan las características fisiográficas o climatológicas obtenidas del análisis de regresión y la función se evalúa en el rango de  $-\pi < t < \pi$ .

El hecho de que esta función preserva las distancias, la hace una técnica ideal de comparación visual para la estimación de grupos homogéneos. Los racimos de cuencas con comportamiento similar, aparecen como una banda de curvas muy próximas unas de otras.

Una característica del método que no se identifica de manera inmediata, consiste en que los resultados que se obtienen, dependen del tipo y ordenamiento de las variables seleccionadas.

Las primeras variables son asociadas a componentes cíclicas de baja frecuencia y las últimas componentes de alta frecuencia. Las bajas frecuencias son las más fáciles de observar, de esta manera, la  $x_1$  representará a aquella que en el análisis de regresión resulte la más significativa desde el punto de vista estadístico,  $x_2$  a la segunda, y así sucesivamente.

Una vez que se han desarrollado las funciones del tipo  $f(t)$  para cada uno de los sitios involucrados, se generan envolventes que formen conjuntos de curvas de comportamiento y se derivará una curva media  $f(t)$  que represente los atributos de cada grupo formado.

## 2.2 TÉCNICAS DE ANÁLISIS REGIONAL HIDROLÓGICO

El análisis regional hidrológico suministra la forma de inferir eventos para ciertos periodos de retorno en sitios con escasa o nula información, a través del empleo de las características fisiográficas y/o meteorológicas de la cuenca en el sitio de estudio y/o de sus cuencas vecinas.

La mayoría de las técnicas regionales se basan en series de máximos anuales y unos poco en series de excedentes anuales.

### 2.2.1 TÉCNICA DE LAS ESTACIONES-AÑO

Este método considera el tratamiento de una sola muestra de datos conformada por un registro estandarizado de eventos, el cual una vez que se construye se ajusta a un conjunto de distribuciones de probabilidad. Esta técnica regional a diferencia de otras no requiere que las muestras tengan una longitud de registro común (Cunnane, 1988). Con referencia al tamaño de muestra aceptable en cada muestra participante en el análisis se recomienda que al menos sea de 10 años. Esta recomendación no es el todo estricta, ya que si se tiene un sitio con, por ejemplo, 9 años, pero dentro de este están eventos extremos que puedan afectar el comportamiento del fenómeno en la región, entonces se deberán incluir en el estudio.

Existe otra recomendación en cuanto al número de estaciones-año que se requieren para una correcta estimación del evento  $\hat{Q}_T$ , y es que  $L \geq 5T$  donde T es el periodo de retorno en años.

La secuencia puede resumirse como:

Paso 1: probar dentro de la región analizada la homogeneidad de las series de datos. Para este propósito se emplean las técnicas del apartado 3.1

Paso 2: Se obtienen los estadísticos muestrales de la serie  $Q_i^j (\bar{x}, S^2, S, g, k, Cv)$

Paso 3: para cada serie j se verifica mediante la prueba de Anderson la independencia de eventos.

Paso 4: para cada serie j se genera una muestra modulada de la forma  $(q_i^j)$

$$\begin{array}{cccc}
 \frac{Q_{1980}^A}{\bar{x}_A} & \frac{Q_{1980}^B}{\bar{x}_B} & \frac{Q_{1980}^C}{\bar{x}_C} & \frac{Q_{1980}^D}{\bar{x}_D} \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \frac{Q_{1995}^A}{\bar{x}_A} & \cdot & \cdot & \frac{Q_{1997}^D}{\bar{x}_D} \\
 & \frac{Q_{2000}^B}{\bar{x}_B} & \frac{Q_{2010}^C}{\bar{x}_C} & 
 \end{array} \tag{2.8}$$

Paso 5: se forma el registro llamado estaciones-año, de tamaño  $n_T = \sum_{j=1}^{ms} n_j$  con todos los eventos modulados  $q_i^j$

$$\begin{array}{c} \frac{Q_{1980}^A}{\bar{x}_A} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{Q_{1997}^D}{\bar{x}_D} \end{array} \quad (2.9)$$

Paso 6: El registro se ordena de mayor a menor y se le asigna un periodo de retorno y una probabilidad de no excedencia.

$$T = \frac{n + 1}{m} \quad (2.10)$$

$$P(X \leq x) = P = 1 - \frac{1}{T} \quad (2.11)$$

Donde

- $T$  Periodo de retorno en años
- $n$  Tamaño de la muestra del registro estaciones-año
- $m$  Numero de orden del registro, desde  $m = 1, \dots, n$
- $P$  Probabilidad de no excedencia

Paso 7: Al registro formado en el paso 5 se le ajustan las diferentes distribuciones de probabilidad en el análisis de máximos anuales y se selecciona aquel que proporciones el mínimo error estándar de ajuste.

Paso 8: Una vez obtenida la distribución de mejor ajuste, es posible estimar los eventos regionales par diferentes periodos de retorno, los cuales serán validos para cualquier punto dentro de la zona analizada.

$$(q)_T^R = \left(\frac{Q}{\bar{Q}}\right)_T^R, \quad T = 2,5,10,20,50,100,500,1000,5000 \text{ y } 10000 \text{ años} \quad (2.12)$$

Paso 9: Si se quiere obtener  $\hat{Q}_T^j$  en un sitio  $j$  que tiene escasa información, basta multiplicar la relación regional obtenida en el paso anterior por el correspondiente valor de  $x_j$ . Por el contrario, si se desea un evento  $\hat{Q}_T^e$  en un sitio no aforado (e) que este dentro de la región, se debe construir la relación  $\bar{Q}_j - A_j$ , donde  $A_j, j=1, \dots, ms$  son las áreas drenadas, para que a partir de ella se pueda inferir el valor correspondiente de  $\bar{Q}^e$  para el área  $A_e$  del sitio (e). Esta última relación puede ser del tipo lineal, potencial o polinomial.

### 3 ZONA DE ESTUDIO

El estado de Sinaloa se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas extremas: al norte 27° 02', al sur 22° 29' de latitud norte; al este 105° 23' y al oeste 109° 28' de longitud oeste.

El estado de Sinaloa colinda al norte con los estados de Sonora y Chihuahua; al sur con Nayarit; al este con el estado de Durango y al oeste con el océano pacífico. La superficie del estado es de 58,328 km<sup>2</sup> ocupando así el décimo séptimo lugar a nivel nacional, representando el 3% de la extensión territorial de la República Mexicana. De acuerdo al INEGI (2015) el estado cuenta con 2,966,321 habitantes de los cuales 1,502,236 son mujeres y 1,464,085 son hombres.



FIGURA 3.1 LOCALIZACIÓN DE SINALOA (INEGI, 2017)

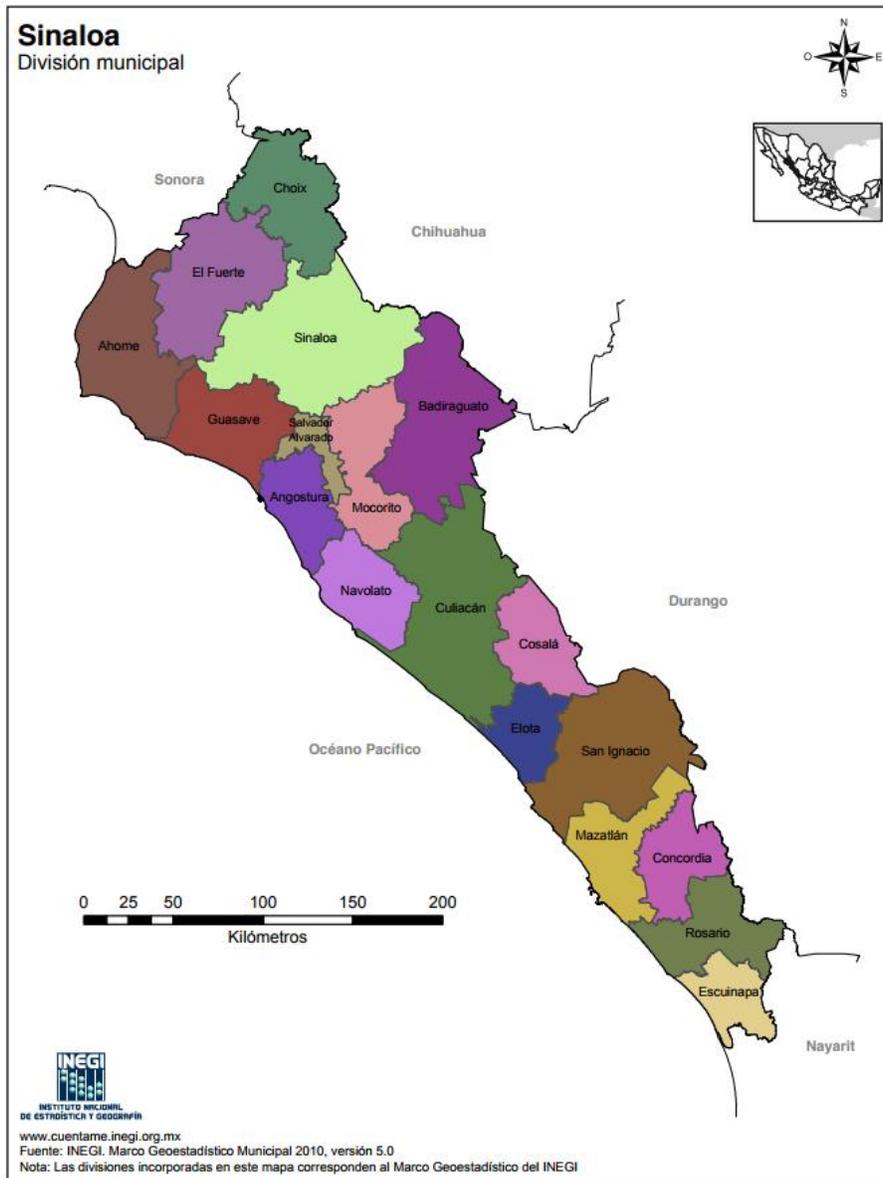
Su división política se compone de 18 municipios que son:

MUNICIPIO	CABECERA	POBLACIÓN	SUP (KM2)
<b>Ahome</b>	Los Mochis	449,215	4,007
<b>Angostura</b>	Angostura	47,207	1,787
<b>Badiraguato</b>	Badiraguato	31,821	4,747
<b>Concordia</b>	Concordia	27,157	2,148
<b>Cosalá</b>	Cosalá	16,292	2,223
<b>Culiacán</b>	Culiacán Rosales	905,265	6,261
<b>Choix</b>	Choix	33,027	3,211
<b>Elota</b>	La Cruz	53,856	1,647
<b>Escuinapa</b>	Escuinapa	59,436	1,574
<b>El fuerte</b>	El fuerte	100,459	4,188
<b>El rosario</b>	El rosario	53,773	2,632
<b>Guasave</b>	Guasave	295,353	2,919

TABLA 3.1 MUNICIPIOS DE SINALOA

MUNICIPIO	CABECERA	POBLACIÓN	SUP (KM2)
Mazatlán	Mazatlán	502,547	2,481
Mocorito	Mocorito	45,351	2,797
Navolato	Navolato	154,352	2,473
Salvador Alvarado	Guamuchil	81,109	788
San Ignacio	San Ignacio	21,442	5,138
Sinaloa	Sinaloa de Leyva	88,659	6,313

**TABLA 3.1 MUNICIPIOS DE SINALOA**



**FIGURA 3.2 DIVISIÓN MUNICIPAL DE SINALOA**

La población concentrada en los municipios de Ahome, Guasave, Angostura, Salvador Alvarado, Navolato, Culiacan, Elota, San Ignacio, Mazatlan, El Rosario y Escuinapa, representa el 83.8% de

la población, dicha población es la que se encuentra asentada en el área de mayor riesgo de fenómenos hidrometeorológicos. El resto de la población se localiza en la región montañosa comprendida por los municipios de Choix, El Fuerte, Sinaloa, Mocorito, Badiraguato, Cosalá y Concordia.



**FIGURA 3.3 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL TERRITORIO ESTATAL (SEGOB, 2015)**

En el estado de Sinaloa el relieve va aumentando su pendiente y su altitud, a medida que se va ingresando tierra adentro desde el litoral Pacífico hacia el interior. De occidente a oriente se distinguen tres franjas en vertical, la primera conformada por la llanura costera, seguida del pie de monte y finalmente el sistema de sierras.

Las sierras cubren el 47.04% de la superficie del estado, las llanuras el 39.11%, los lomeríos con llanuras y valles el 12.62%, las playas el 0.60%, los cañones el 0.40% y las mesetas el 0.23%.

El estado de Sinaloa se divide en 2 zonas fisiográficas, la primera se denomina Sierra Madre Occidental y se ubica en la parte oriental del estado y la Segunda constituye la llanura costera del Pacífico, localizada en la porción oeste.

La Sierra Madre Occidental abarca el 59.5% de la superficie estatal y está constituida por una cadena montañosa que se extiende del noroeste-suroeste, con una anchura de 30 a 50 km y se subdivide en: Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses (2.84%); Gran Meseta y Cañones Duranguenses (17.43%); Mesetas y Cañadas del Sur (10.09%) y Pie de la Sierra (29.14%) y que colindan al este con la llanura Costera del Pacífico; la altura de sus relieves varía de 2000 hasta 2520 metros sobre el nivel del mar.

La llanura Costera abarca el 40.5% de la superficie estatal y corre orientada al noroeste-sureste, paralela al y colinda al este con el océano Pacífico; contando con elevaciones que llegan hasta los 900 metros sobre el nivel del mar. Esta zona fisiográfica se divide en las siguientes llanuras: Llanura Costera y Deltas de Sonora-Sinaloa (29.59%); la Llanura Costera de Mazatlán (8.71%) y Delta del Río Grande Santiago (2.20%) (SEGOB, 2015).

Las principales elevaciones que se encuentran en la entidad son:

NOMBRE	MSNM
<b>Picacho Los Frailes</b>	2,520 msnm
<b>Mesa San Bartolo</b>	2,520 msnm
<b>Cordon El Copo Alto</b>	2,520 msnm
<b>Cerro Pelon</b>	2,500 msnm
<b>Cerro Los Algodones</b>	2,300 msnm
<b>Cerro La Bandera</b>	2,280 msnm

**TABLA 3.2 PRINCIPALES ELEVACIONES EN SINALOA (SEGOB, 2015)**

La temperatura media anual del estado de Sinaloa está por el orden de los 25°C; la temperatura mínima promedio es de 10.5°C y se presenta durante el mes de enero; la temperatura máxima promedio es 36°C y ocurre durante los meses de mayo a julio. Mientras que la precipitación media del estado es de 790 mm anuales; las lluvias se presentan en el verano durante los meses de julio a septiembre. Las precipitaciones son escasas en las costas y se van incrementando a medida que aproxima a las estribaciones de la Sierra Madre Occidental.

Existen 11 corrientes hidrológicas que atraviesan y drenan Sinaloa entre las que sobresalen en el norte, los ríos Fuerte, Sinaloa y Evora o Mocorito; en el centro, los ríos Humaya, Tamazula, Culiacán, San Lorenzo y Elota; en el sur, los ríos Piaxtla, Baluarte y Cañas. Todos ellos en conjunto acarrearán un promedio de 15,200 millones de metros cúbicos anuales, esto, sumado a la infraestructura hidráulica en operación, sustenta la base de la agricultura sinaloense y la generación de energía eléctrica, factores muy importantes en el desarrollo económico de la región, que sitúan al Estado como uno de los de mayor potencial hidrológico en la vertiente del pacífico.

La mayoría de los ríos que cruzan el territorio sinaloense, tienen su origen en la parte occidental de la Sierra Madre Occidental en los estados de Chihuahua y Durango pero influenciados por la morfología local; el curso inferior de los mismos tiende hacia el Estado de Sinaloa, en donde el agua es retenida y almacenada en presas y diques para su posterior aprovechamiento en el riego de grandes superficies de terreno localizados en la planicie costera. En la parte norte del estado se localizan los ríos Fuerte, Sinaloa y Mocorito; los dos primeros forman las 2 cuencas más grandes de la entidad con el 50% del total del área hidrológica. En la porción central se ubican los ríos Tamazula y Humaya, afluentes del Río Culiacán, localizándose asimismo, los ríos San Lorenzo y Elota. Situados en la región sur se encuentran los ríos Piaxtla, Quelite, Presidio, Baluarte y una porción del Río Cañas. Conforme a los volúmenes de escurrimiento medio anual, los ríos Fuerte, Sinaloa Humaya, San Lorenzo y Baluarte conjugan el 74% de los deslizamientos pluviales.

Estos ríos y sus características más importantes se describen a continuación:

1. Río El Fuerte. Nace en Chihuahua con el nombre de Río Verde, recibe aguas del Urique y Chínipas, y al entrar a Sinaloa se le unen el Choix, Alamos y el Arroyo de La Viuda. Tiene 670 kms. de longitud y pasa por los municipios de Choix, El Fuerte y Ahome. Su cuenca hidráulica es de 40,000 km<sup>2</sup>.
2. Río Sinaloa. Nace en Chihuahua por la unión de las corrientes del Mohinora y Basoapa, recibiendo las aguas de otros arroyos en la entidad. Tras recorrer 380 kms. desemboca en la punta perihuate, pasando por los municipios de Sinaloa y Guasave. Su cuenca es de 13,500 km<sup>2</sup>.
3. Río Mocorito. Nace en Sinaloa, en la Sierra de los Parra; pasa por Mocorito, Salvador Alvarado y Angostura. Tiene una extensión de 108 km y desemboca frente a la isla Saliaca. Su cuenca hidráulica es de 600 km<sup>2</sup>.
4. Río Culiacán. Originado en la confluencia del Humaya y Tamazula, el Humaya nace en Durango y recoge las aguas de varios arroyos, entre ellos, el de Badiraguato. El Tamazula recoge aguas y

nace en Durango y se une al Humaya al llegar a la ciudad de Culiacán. Desde su origen, estas aguas recorren 252 km y desemboca frente a la península de Lucenilla. Tiene una cuenca de 14,200 km<sup>2</sup>.

5. Río San Lorenzo o Quilá. Nace en el Estado de Durango, donde forma el río de los Remedios, entra a Sinaloa por Cosalá, pasa por el municipio de Culiacán y desemboca en la Boca del Navito, recorriendo 156 km. Su cuenca hidráulica es de 8,000 km<sup>2</sup>.

6. Río Elota. Nace en Durango y luego de pasar por Cosalá y Elota desemboca en la bahía de Ceuta. Tiene una longitud de 120 km, una cuenca de 1,800 km<sup>2</sup> y es uno de los más caudalosos.

7. Río Piaxtla. Nace en Durango, pasa por el municipio de San Ignacio y luego de recorrer 130 km entrega sus aguas en la Boca de Piaxtla. Tiene una cuenca de 6,200 km<sup>2</sup> y es uno de los más caudalosos.

8. Río Quelite. Nace en el municipio de San Ignacio, Sinaloa, pasando por el municipio de Mazatlán, para desembocar en Punta Roja en el Golfo de California. Tiene una longitud de 100 km, convirtiéndose en el río más pequeño de la entidad.

9. Río Presidio. Nace en Durango, pasa por la quebrada de Ventanas y en Sinaloa, atraviesa los municipios de Concordia y Mazatlán. Luego de recorrer 167 km, desemboca en la Boca de Barrón. Su cuenca es de 4,400 km<sup>2</sup>.

10. Río Baluarte, Chametla o Rosario. Nace en Durango donde recibe grandes afluentes. Sirve de límite a Durango y Sinaloa, pasa por el municipio de Rosario y luego de recorrer 165 km en tierras sinaloenses, desemboca cerca de Chametla, en el Océano Pacífico. Su cuenca es de 4,000 km<sup>2</sup>.

11. Río Las Cañas. Nace en Nayarit y sirve de límite entre los dos estados. Luego de 152 km desemboca en la bahía de Teacapán, en el Océano Pacífico.

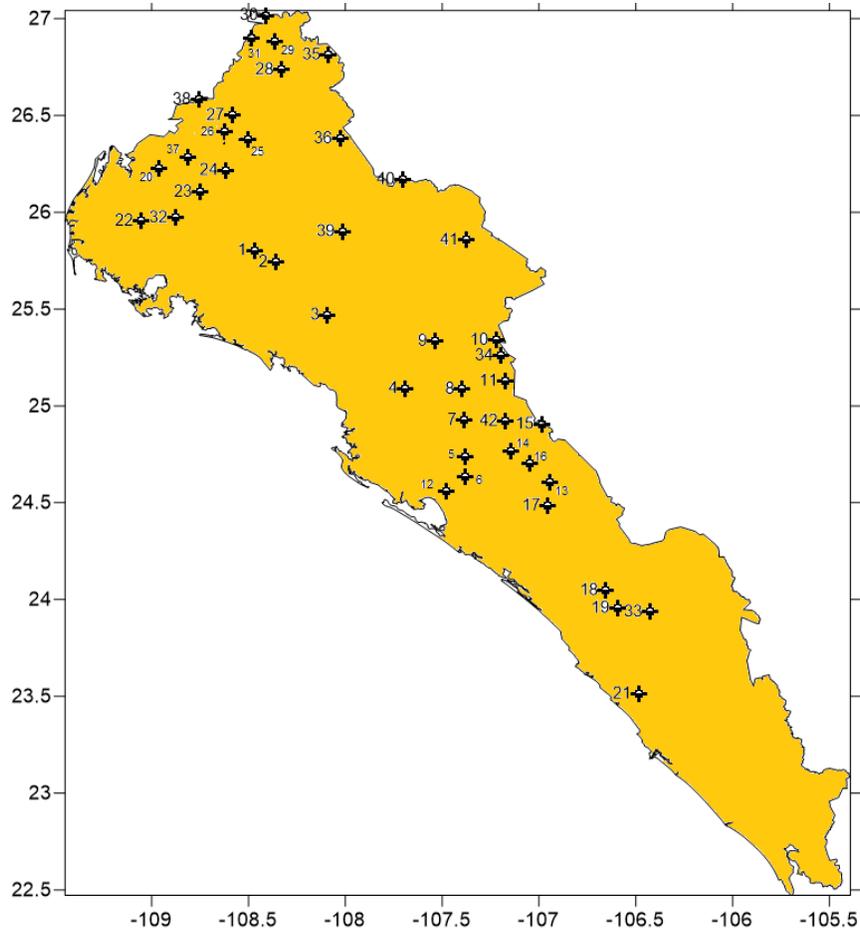
En el estado de Sinaloa el desarrollo de la agricultura altamente tecnificada, tiene su base en el abastecimiento de las áreas de riego por medio de la construcción de obras de almacenamiento y su distribución por redes de canales y drenes, que conducen el agua por gravedad o bien mediante la perforación de pozos para extraer agua por bomba. Las obras que se tiene son presas, que son las siguientes:

<b>PRESA</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Almacenamiento útil (millones de m<sup>3</sup>)</b>
<b>Luis Donald Colosio Murrieta (Huites)</b>	Choix	4,5683
<b>Miguel Hidalgo y Costilla</b>	El Fuerte y Choix	3,038
<b>Josefa Ortiz de Domínguez</b>	El Fuerte	520
<b>Guillermo Blake Aguilar (El Sabinal)</b>	Sinaloa	300
<b>Gustavo Díaz Ordaz (Bacurato)</b>	Sinaloa	1,920
<b>Eustaquio Buelina</b>	Mocorito	151
<b>Adolfo López Mateos (Varejonal)</b>	Culiacan Badiraguato	3,153
<b>Sanalona</b>	Culiacán	843
<b>José López Portillo (Comedero)</b>	Cósala	2,250
<b>Aurelio Benassini V. (El Salto)</b>	Elota	415
<b>Vinoramas</b>	Culiacán	102

**TABLA 3.3 PRESAS EN SINALOA**

### 3.1 UBICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

Para llevar a cabo la regionalización del estado de Sinaloa se utilizaron 42 estaciones hidrométricas proporcionadas por el Dr. Carlos Agustín Escalante Sandoval, para conocer la ubicación se utilizó la herramienta Google Earth, cuya distribución se muestra a continuación:



**FIGURA 3.4 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

Numero	Estación
1	Naranjo
2	Zopilote
3	Guamuchil
4	Pericos
5	Tierra Blanca
6	Pte. Sud-pacifico
7	Palos Blancos
8	El Varejonal
9	Badiraguato
10	Guatenipa
11	La Huerta
12	Puente Cañedo

**TABLA 3.4 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

Numero	Estación
13	Sanalona
14	Picacho
15	Tamazula
16	El Bledal
17	Santa Cruz
18	Acatitan
19	Ixpalino
20	Pixtla
21	El Quelite
22	San Miguel Zapotitlan
23	San Blas
24	La Tina
25	Bamicori
26	Las Cañas
27	El Mahone
28	Choix
29	Huites
30	Palo Dulce
31	Chinipas
32	San Francisco
33	San Ignacio
34	La Veranera
35	Urique
36	Guerachic
37	Álamos
38	Cazanate
39	Jaina
40	Toahayana
41	Tecusiapa
42	Los Molinos

**TABLA 3.4 LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

**3.1.1 ESTACIÓN NARANJO (CORRIENTE: ARROYO OCORONI)**

Se encuentra localizada en el cruce del ferrocarril Sud-Pacífico con el arroyo Ocoroni, a 1 Km aproximadamente al Sureste del pueblo de Naranjo, en el municipio de Sinaloa de Leyva, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es Conocer el régimen de la corriente para futuros estudios hidrológicos con fines de riego.

**3.1.2 ESTACIÓN ZOPILOTE (CORRIENTE: ARROYO CABRERA)**

Se halla ubicada en el cruce del Ferrocarril Sud-Pacífico con el arroyo Cabrera, 1 500 m al Noroeste de la población de León Fonseca (Verdura), en el municipio de Guasave, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer la aportación de este arroyo al río Sinaloa, para futuros estudios de aprovechamiento.

**3.1.3 ESTACIÓN GUAMUCHIL (CORRIENTE: RIO MOCORITO)**

Se localiza en el cruce del Ferrocarril Sud-Pacífico con el río Mocorito, en el extremo Norte de la población de Guamúchil, en el municipio de Mocorito, Sin. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente para estudios de aprovechamiento en regadío.

**3.1.4 ESTACIÓN PERICOS (CORRIENTE: ARROYO PERICOS)**

Se halla situada en el cruce del arroyo Pericos con la Carretera Federal No. 15 (tramo Culiacán-Guamúchil), a la altura del Km 1 466.550 y a 600 m del pueblo de Pericos, en el municipio de

Mocorito, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de escurrimiento del arroyo que será cruzado, aguas abajo de la carretera, por el canal principal que se deriva de la presa Andrew Weiss, sobre el río Humaya.

### **3.1.5 ESTACIÓN TIERRA BLANCA (CORRIENTE: RIO HUMAYA)**

Se localiza a 2 km al Noroeste de la ciudad de Culiacán, en el municipio de Culiacán, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente para normar la operación de la presa derivadora Culiacán, del Distrito de Riego No. 10.

### **3.1.6 ESTACIÓN PUENTE SUDPACIFICO (CORRIENTE: PUENTE SUD-PACIFICO)**

Se encuentra localizada en el cruce del Ferrocarril Sud-Pacífico con el río Culiacán, dentro de los límites de la ciudad de Culiacán, en el municipio del mismo nombre, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el escurrimiento del río Culiacán para la operación de la presa derivadora del Distrito de Riego No. 10 y determinar los volúmenes no aprovechables.

### **3.1.7 ESTACIÓN PALOS BLANCOS (CORRIENTE: RIO HUMAYA)**

Está situada a 20 km arriba de la confluencia de los ríos Humaya y Tamazula, entre los poblados de Palos Blancos y Agua Caliente, 16 km al Norte de Culiacán, en el municipio de Badiraguato, Sin., y 40 km aguas abajo de la presa Presidente Adolfo López Mateos. Su objeto inicial fue conocer el escurrimiento del río y, actualmente, medir las salidas de la presa Presidente Adolfo López Mateos y las aportaciones en el tramo para control de las obras de derivación.

### **3.1.8 ESTACIÓN EL VAREJONAL (CORRIENTE: RIO HUMAYA O CULIACAN)**

Se encuentra localizada 5 km aguas abajo de la cortina de la presa Presidente Adolfo López Mateos y 10 km aguas arriba de la derivadora Andrew Weiss, en el municipio de Badiraguato, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es determinar los volúmenes derivados para riego y medir las excedencias que salen por el vertedor de la presa Presidente Adolfo López Mateos

### **3.1.9 ESTACIÓN BADIRAGUATO (CORRIENTE: RIO BADIRAGUATO)**

Se halla localizada 3.5 Km aguas abajo de la población de Badiraguato y muy cercana al embalse máximo de la presa Presidente Adolfo López Mateos, en el municipio de Badiraguato, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer las aportaciones del río Badiraguato a la presa Presidente Adolfo López Mateos

### **3.1.10 ESTACIÓN GUATENIPA (CORRIENTE: RIO HUMAYA)**

Se halla localizada en las inmediaciones del poblado de Casa Blanca de Tecuán, unos 1200 m aguas abajo de la confluencia del arroyo Copalquián al río Humaya, 1 Km aguas abajo de la estación Guaténipa II. Cuyo propósito de instalación es medir las aportaciones del río Humaya a la presa Presidente Adolfo López Mateos.

### **3.1.11 ESTACIÓN PUENTE CAÑEDO (10020)**

Se sitúa a 1 km aguas arriba de la confluencia del río Tamazula con el río Humaya, en el cruce del primero con el camino urbano que une a Culiacán con la colonia Tierra Blanca, dentro de los límites de la ciudad. Cuyo propósito de instalación es Conocer el escurrimiento del río Tamazula para fines de operación de la presa derivadora del Sistema Nacional de Riego No. 10

### **3.1.12 ESTACIÓN SANALONA (10041)**

Está situada 2.5 Km, aproximadamente, aguas abajo de la presa Sanalona y 1 Km aguas abajo de la confluencia del arroyo El Bledal al río Tamazula, en el municipio de Culiacán, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es medir las extracciones y demasías de la presa Sanalona y, al mismo tiempo, conocer los volúmenes aportados a la presa derivadora Culiacán, que se encuentra aguas abajo.

### **3.1.13 ESTACIÓN PICACHOS (CORRIENTE: RIO TAMAZULA)**

Estuvo situada, aproximadamente, 30 Km aguas arriba de la confluencia de los ríos Tamazula y Humaya y 5 Km al Suroeste del poblado de Higuera, en el sitio en que se encuentra actualmente la cortina de la presa Sanalona, en el municipio de Culiacán del estado de Sinaloa. Tuvo por objeto

conocer el régimen de la corriente para su utilización en el estudio hidrológico de la presa Sanalona, actualmente en operación.

#### **3.1.14 ESTACIÓN EL BLEDAL (CORRIENTE: ARROYO EL BLEDAL)**

Se halla localizada 3 Km aguas arriba de la confluencia del arroyo El Bledal con el río Tamazula y a 2 Km al Sureste de la presa Sanalona, en el municipio de Culiacán, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer los volúmenes aportados al río Tamazula por esta corriente.

#### **3.1.15 ESTACIÓN EL BLEDAL (CORRIENTE: ARROYO EL BLEDAL)**

Se halla localizada 3 Km aguas arriba de la confluencia del arroyo El Bledal con el río Tamazula y a 2 Km al Sureste de la presa Sanalona, en el municipio de Culiacán, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer los volúmenes aportados al río Tamazula por esta corriente.

#### **3.1.16 ESTACIÓN SANTA CRUZ (CORRIENTE: RIO SAN LORENZO)**

Se localiza, aproximadamente, 24 Km aguas arriba del puente de la Carretera federal No. 15 (tramo Mazatlán-Culiacán), sobre la corriente y en las cercanías del pueblo Santa Cruz de Alaya, en el municipio de Cosalá, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente, para el estudio de futuros aprovechamientos.

#### **3.1.17 ESTACIÓN ACATITAN (Corriente: Río Elota)**

Está situada, aproximadamente, 20 km aguas arriba del cruce de la carretera federal No. 15 (tramo de Culiacán a Mazatlán), con el río Elota y 2 km al Suroeste del poblado de Acatitán, en el municipio de San Ignacio, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen del río para futuros estudios de su aprovechamiento.

#### **3.1.18 ESTACIÓN IXPALINO (CORRIENTE: RIO PIAXTLA)**

Se halla situada, aproximadamente, 10 Km aguas arriba del cruce de la Carretera Federal No. 15 (tramo Culiacán-Mazatlán), sobre el río Piaxtla y 5 km aguas arriba del pueblo de Ixpalino, en el municipio de San Ignacio, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen del río para basar los estudios hidrológicos indispensables en el proyecto de un aprovechamiento.

#### **3.1.19 ESTACIÓN PIAXTLA (CORRIENTE: RIO PIAXTLA)**

Se encuentra situada en el estado de Sinaloa, municipio de San Ignacio, sobre el río Piaxtla, aproximadamente 500 m aguas arriba de la confluencia del arroyo de Los Monjes. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente para futuros aprovechamientos hidroeléctricos.

#### **3.1.20 ESTACIÓN EL QUELITE (CORRIENTE: RIO QUELITE.)**

Está situada en el puente de la carretera Federal N° 15 ( tramo Mazatlán - Culiacán ), sobre el río Quelite, 7 km aguas abajo del pueblo de El Quelite, en el municipio de Mazatlán, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente para el estudio de futuros aprovechamientos en riego.

#### **3.1.21 ESTACIÓN SAN MIGUEL ZAPOTITLÁN (CORRIENTE: RIO FUERTE)**

Se encuentra ubicada en el cruce de la Carretera Federal No. 15 con el río Fuerte, en las inmediaciones del poblado de San Miguel Zapotitlán del municipio de Ahome, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer los volúmenes excedentes de riego del río Fuerte, aguas abajo de la presa derivadora Cahuinahua. Mide también la mayor parte de los derrames de la presa Miguel Hidalgo.

#### **3.1.22 ESTACIÓN SAN BLAS (CORRIENTE: RIO FUERTE)**

La estación hidrométrica San Blas estaba situada 2.5 km aguas arriba del cruce del ferrocarril Guadalajara-Nogales con el río Fuerte, cerca de la Villa de San Blas, en el municipio de El Fuerte, estado de Sinaloa. En avenidas se aforaba en dicho cruce. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente para futuros proyectos de aprovechamiento.

#### **3.1.23 ESTACIÓN LA TINA (CORRIENTE: ARROYO SIBAJAHUI)**

Se encuentra dentro del Municipio de El Fuerte, en el Estado de Sinaloa. Ubicada en la boquilla del mismo nombre, registra también la aportación de un arroyo, que en tiempo de lluvias es caudaloso

y que afluye al Sibajahui, a 200 metros aguas arriba de la estación por su margen derecha. Cuyo propósito de instalación es conocer los escurrimientos de este arroyo, los del Río Alamos y los del Arroyo Bamicori, se aprovechan en la distribución del agua en las Presas Sufragio y Cahuinahua, evitando hacer extracciones considerables a la Presa Miguel Hidalgo.

#### **3.1.24 ESTACIÓN BAMICORI (CORRIENTE: ARROYO BAROTEN)**

Se encuentra localizada en el arroyo de Barotén, aproximadamente a unos 700 m de Bamícori, dentro del municipio de El Fuerte, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer los volúmenes aportados por este arroyo al río Fuerte para el funcionamiento del Distrito de Riego y otros posibles aprovechamientos futuros.

#### **3.1.25 ESTACIÓN LAS CAÑAS (CORRIENTE: RIO FUERTE)**

Se encuentra instalada sobre el río Fuerte unos 12 km aguas abajo de la cortina de la presa Miguel Hidalgo, en el municipio de el Fuerte del estado de Sinaloa, en las afueras de la población de el Fuerte, ribereña de esta corriente, y en las inmediaciones de la esquina que forman las calles de Sarabia y Juárez de dicha población. Cuyo propósito de instalación es medir el agua que sale de la presa Miguel Hidalgo, ya sea por las estructuras de toma o desfogues, así como por el vertedor de demasías, cuando este funciona.

#### **3.1.26 ESTACIÓN EL MAHONE (CORRIENTE: RIO FUERTE)**

Se encuentra ubicada a unos 50 m aguas abajo de la descarga de los túneles que salen de las turbinas de la presa Miguel Hidalgo. Se localiza en el municipio de El Fuerte del estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es medir los volúmenes de agua que se extraen o se desfogan de la presa Miguel Hidalgo.

#### **3.1.27 ESTACIÓN CHOIX (CORRIENTE: RIO CHOIX.)**

Se encuentra ubicada sobre el río Choix aproximadamente 5 km aguas abajo del poblado de Choix, en el municipio del mismo nombre del estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente para valorar las aportaciones de la misma a la presa Miguel Hidalgo.

#### **3.1.28 ESTACIÓN HUITES (CORRIENTE: RIO FUERTE)**

Se encuentra situada en el lugar conocido con el nombre de Cajón de Huites, municipio de Choix, estado de Sinaloa, a 110 kilómetros, aguas arriba de la población de San Blas. Cuyo propósito de instalación es aforar todos los afluentes, excluyendo al río Choix, cuyas aportaciones convergen a la presa Miguel Hidalgo.

#### **3.1.29 ESTACIÓN PALO DULCE (CORRIENTE: RIO CHINIPAS.)**

Se localiza dentro del municipio de Choix, estado de Sinaloa, a una altitud de 238 metros sobre el nivel del mar y a 700 metros aproximadamente, arriba de la confluencia del río Septentrión. Cuyo propósito de instalación es conocer el escurrimiento del río Chínipas, antes de llegar a la confluencia del río Septentrión para futuros aprovechamientos.

#### **3.1.30 ESTACIÓN CHINIPAS (CORRIENTE: RIO OTEROS)**

Se localiza en el estado de Chihuahua, municipio de Chínipas, sobre el río Oteros, aproximadamente 4 Km aguas arriba del pueblo de Chínipas y 600 m aguas arriba del arroyo Gorójaqui. Cuyo propósito de instalación es Conocer el régimen de la corriente para futuros aprovechamientos.

#### **3.1.31 ESTACIÓN SAN FRANCISCO (CORRIENTE: RIO FUERTE)**

Se localiza al Sur de la población de Mochícahui, en el municipio de El Fuerte, estado de Sinaloa.

#### **3.1.32 ESTACIÓN URIQUE II (RIO URIQUE)**

Se encuentra ubicada sobre el Río Urique, aproximadamente 15 km aguas arriba del Poblado de Urique, en el Estado de Chihuahua. Cuyo propósito de instalación es Conocer las aportaciones del Río Urique al Río Fuerte.

### 3.1.33 ESTACIÓN ALAMOS (CORRIENTE: ARROYO ALAMOS)

Se encontraba localizada sobre el arroyo Alamos, 7 Km aguas abajo del sitio donde se construyó la cortina de la presa Josefa Ortiz de Domínguez, en el municipio de El Fuerte, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es El objeto inicial fue el de conocer el régimen de la corriente para el aprovechamiento de sus aguas en usos de riego, derivándolas en la presa Sufragio. Posteriormente sus datos se utilizaron para el proyecto de la presa Josefa Ortiz de Domínguez.

### 3.1.34 ESTACIÓN CAZANATE (CORRIENTE: ARROYO ALAMOS)

Se localiza en el arroyo Alamos, arriba de la curva de máximo embalse del vaso Josefa Ortiz de Domínguez y aguas abajo de El Cazamate .Cuyo propósito de instalación es medir las aportaciones del río Alamos a la presa Josefa Ortiz de Domínguez. (Esta recibe también derivaciones de la presa Miguel Hidalgo).

### 3.1.35 ESTACIÓN JAINA (CORRIENTE: RIO SINALOA)

Se halla situada 3.5 Km aguas arriba de la boquilla de Torimena y 25 Km arriba de la población de Sinaloa de Leyva, en el municipio del mismo nombre, estado de Sinaloa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen del río Sinaloa, para su utilización en los estudios hidrológicos para proyectos de aprovechamiento.

### 3.1.36 ESTACIÓN TOHAYANA (CORRIENTE: RIO SINALOA)

Se localiza en el estado de Chihuahua, muy cerca de su límite con el de Sinaloa, en el municipio de Guadalupe y Calvo, sobre el río Petatlán y aproximadamente a 1 km del pueblo de Toahayana. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen de la corriente para futuros aprovechamientos hidroeléctricos.

### 3.1.37 ESTACIÓN TECUSIAPA (CORRIENTE: RÍO SINALOA)

Se localiza en el estado de Sinaloa, municipio de Badiraguato, sobre el río Petatlán, aproximadamente a 4 km del caserío de Tecusiapa. Cuyo propósito de instalación es conocer el régimen para futuros aprovechamientos hidroeléctricos.

### 3.1.38 ESTACIÓN LOS MOLINOS (CORRIENTE: ARROYO LOS MOLINOS)

Se localiza en el estado de Sinaloa, municipio de Badiraguato, sobre el arroyo los molinos.

## 3.2 DATOS HIDROMÉTRICOS DE LAS ESTACIONES DEL ESTADO DE SINALOA

Los datos hidrométricos de gastos máximos instantáneos anuales de las estaciones fueron proporcionados por el Dr. Carlos Agustín Escalante Sandoval y se muestran a continuación en las tablas 3.5 a 3.11, mientras que en la tabla 3.12 se muestran los estadísticos.

Estación	Naranja	Zopilote	Guamuchil	Pericos	Tierra Blanca	Sud-pacífico
<b>AÑO</b>	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1924	-	-	-	-	-	4562
1925	-	-	-	-	-	2624
1926	-	-	-	-	-	3821
1927	-	-	-	-	-	3102
1928	-	-	-	-	-	1122
1929	-	-	-	-	-	947
1930	-	-	-	-	-	3580
1931	-	-	-	-	-	1320

TABLA 3.5 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Naranjo	Zopilote	Guamuchil	Pericos	Tierra Blanca	Sud-pacífico
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1932	-	-	-	-	-	5751
1933					1350	1780
1934	-	-	-	-	1268	2427
1935	-	-	-	-	2006	3755
1936	-	-	-	-	725	1690
1937	-	-	-	-	1426	2676
1938	-	-	35	-	1579	2412
1939	277	162	299	-	2453	5599
1940	170	35	255	-	-	2335
1941	91	10	65	-	-	4008
1942	1405	400	445	-	-	5039
1943	1776	819	1550	-	-	1000
1944	221	110	392	-	-	4000
1945	403	116	916	-	-	4755
1946	304	194	241	-	-	701
1947	61	23	530	-	-	782
1948	659	690	648	-	-	790
1949	1320	776	375	-	-	2760
1950	374	182	272	-	-	5228
1951	31	75	422	-	-	330
1952	96	386	377	-	-	398
1953	90	487	1173	-	-	3490
1954	185	54	219	-	-	1227
1955	475	206	3507	-	-	3152
1956	57	377	165	-	-	361
1957	190	70	526	-	-	378
1958	3093	1030	1014	-	-	5715
1959	593	335	1610	-	-	900
1960	334	177	137	39	-	970
1961	119	230	525	170	-	868
1962	434	331	985	227	-	954
1963	433	806	459	352	-	944
1964	223	82	390	69	-	589
1965	534	293	449	230	-	688
1966	330	611	688	141	-	499
1967	684	710	720	91	-	710
1968	1720	452	200	152	-	900

TABLA 3.5 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Naranja	Zopilote	Guamuchil	Pericos	Tierra Blanca	Sud-pacifico
AÑO	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1969	255	11	312	82	-	760
1970	435	838	520	322	-	630
1971	600	318	1045	219		
1972	405	275	34	307	-	-
1973	1150	518	13	198	-	-
1974	800	298	11	185	-	-
1975	349	561	-	186	-	-
1976	1995	508	-	76	-	-
1977	73	370	-	143	-	-
1978	230	93	-	176	-	-
1979	104	43	-	103	-	-
1980	755	320	-	308	-	-
1981	2040	924	-	353	-	-
1982	1630	796	-	362	-	-
1983	889	189	-	236	-	-
1984	296	334	-	267	-	-
1985	542	447	-	258	-	-
1986	-	-	-	619	-	-
1987	-	-	-	540	-	-
1988	-	-	-	222	-	-
1989	-	-	-	422	-	-
1990	-	-	-	653	-	-
1991	-	-	-	466	-	-
1992	-	-	-	115	-	-

TABLA 3.5 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Palos Blancos	El Varejonal	Badiraguato	Guatenipa	La Huerta	Puente Cañedo
AÑO	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1932	-	-	-	-	-	2848
1933	-	-	-	-	-	486
1934	-	-	-	-	-	1377
1935	-	-	-	-	-	1570
1936	-	-	-	-	-	994
1937	-	-	-	-	-	692
1938	-	-	-	-	-	868

TABLA 3.6 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Palos Blancos	El Varejonal	Badiraguato	Guatenipa	La Huerta	Puente Cañedo
AÑO	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1939	4160	-	-	-	-	1943
1940	1648	-	-	-	-	1526
1941	2808	-	-	-	-	1904
1942	5113	-	-	-	-	939
1943	5215					1952
1944	2091	-	-	-	-	2276
1945	3000	-	-	-	-	3232
1946	582	-	-	-	-	429
1947	1009	-	-	-	-	332
1948	1006	-	-	-	-	398
1949	2209	-	-	-	-	455
1950	4140	-	-	-	-	151
1951	475					74
1952	842	-	-	-	-	42
1953	2794	-	-	-	-	64
1954	1264	-	-	-	-	-
1955	2780	-	-	-	-	-
1956	753	-	-	-	-	-
1957	485	-	-	-	-	-
1958	3883	-	-	-	-	-
1959	1280	-	361	-	-	-
1960	5048	1226	430	-	-	-
1961	1845	1656	276	-	-	-
1962	830	1034	4220	-	-	-
1963	992	400	420	-	-	-
1964	104	166	236	-	-	-
1965	150	168	213	675	-	-
1966	171	69	922	565	-	-
1967	172	172	480	2037	-	-
1968	725	555	436	5000	-	-
1969	97	188	64	435	175	-
1970	240	162	251	798	659	-
1971	86	174	435	1670	530	-
1972	82	187	470	4230	1931	-
1973	140	350	585	2431	1251	-
1974	335	260	600	1717	1260	-
1975	1713	255	290	488	273	-

TABLA 3.6 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Palos Blancos	El Varejonal	Badiraguato	Guatenipa	La Huerta	Puente Cañedo
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1976	72	208	320	3127	1250	-
1977	236	268	250	451	331	-
1978	1633	206	245	860	322	-
1979	1634	308	890	3050	1605	-
1980	135	195	461	825	451	-
1981	1860	275	5500	3392	1475	-
1982	256	-	2388	1350	609	-
1983	92	-	277	1650	1303	-
1984	66	-	481	976	683	-
1985	268	-	614	3937	1774	-
1986	-	-	1064	-	-	-
1987	-	-	401	-	-	-
1988	-	-	305	-	-	-
1989	-	-	581	-	-	-
1990	-	-	2035	-	-	-
1991	-	-	488	-	-	-
1992	-	-	242	-	-	-
1993	-	-	487	-	-	-
1994	-	-	933	-	-	-
1995	-	-	127	-	-	-
1996	-	-	4490	-	-	-
1997	-	-	904	-	-	-
1998	-	-	2529	-	-	-
1999	-	-	1193	-	-	-

TABLA 3.6 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Sanalona	Picacho	Tamazula	El Bledal	Santa Cruz	Acatitan
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1937	-	505	-	-	-	-
1938	-	962	-	766	-	-
1939	-	1587	-	597	-	-
1940	-	1088	-	170	-	-
1941	-	1220	-	119	-	-
1942	-	833	-	65	-	-
1943	-	1704	-	157	2103	-
1944	1896	-	-	197	2142	-

TABLA 3.7 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Sanalona	Picacho	Tamazula	El Bledal	Santa Cruz	Acatitan
AÑO	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1945	2660	-	-	414	1023	-
1946	375	-	-	291	838	-
1947	346	-	-	174	1161	-
1948	233	-	-	233	1062	-
1949	485	-	-	155	784	-
1950	158	-	-	44	1086	-
1951	227	-	-	227	488	
1952	169	-	-	169	677	
1953	669	-	-	669	807	
1954	54	-	-	31	553	
1955	415	-	-	152	1252	579
1956	94	-	-	91	30	350
1957	283	-	-	283	330	321
1958	615	-	-	433	1958	840
1959	240	-	-	132	762	702
1960	529	-	-	529	1074	1510
1961	378	-	-	130	1280	646
1962	1000	-	1304	1000	1002	1674
1963	327	-	894	336	3680	622
1964	276	-	592	258	861	457
1965	153	-	228	92	889	710
1966	173	-	607	122	1166	1191
1967	303	-	907	326	950	553
1968	1600	-	723	1576	7000	4600
1969	264	-	292	228	484	400
1970	136	-	509	82	921	568
1971	326	-	590	276	812	422
1972	421	-	1246	380	3332	1830
1973	304	-	463	296	898	792
1974	504	-	361	311	2790	2005
1975	629		564	490	620	1410
1976	45	-	530	60	1495	380
1977	66	-	364	123	836	625
1978	185	-	620	255	940	542
1979	473	-	313	303	3080	355
1980	228	-	362	226	1550	1404
1981	238	-	443	210	306	1555

TABLA 3.7 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Sanalona	Picacho	Tamazula	El Bledal	Santa Cruz	Acatitan
<b>AÑO</b>	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1982	74	-	375	67	151	638
1983	450	-	518	51	83	921
1984	183	-	584	160	126	907
1985	603	-	-	-	875	2470

**TABLA 3.7 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES**

Estación	Ixpalino	Piactla	El Quelite	San Miguel Zapotitlan	San Blas	La Tina
<b>AÑO</b>	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1941	-	-	-	-	1562	-
1942	-	-	-	-	2284	-
1943	-	-	-	-	2675	-
1944	-	-	-	-	3447	-
1945	-	-	-	-	1636	-
1946	-	-	-	-	1154	-
1947	-	-	-	-	1142	-
1948	-	-	-	-	3280	-
1949	-	-	-	-	9200	-
1950	-	-	-	-	3800	-
1951	-	-	-	-	-	-
1952	-	-	-	-	-	-
1953	1046	-	-	-	-	-
1954	709	-	-	-	-	-
1955	1045	-	-	-	-	-
1956	322	-	-	-	-	-
1957	240	-	-	-	-	-
1958	1902	1344	-	-	-	-
1959	722	510	-	-	-	-
1960	556	444	117	-	-	60
1961	864	821	290	488	-	73
1962	1766	1276	624	213	-	75
1963	2205	2855	157	648	-	34
1964	707	652	272	609	-	120
1965	1334	614	1600	127	-	17
1966	842	631	563	1480	-	71
1967	1056	937	101	512	-	113

**TABLA 3.8 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES**

Estación	Ixpalino	Piaxtla	El Quelite	San Miguel Zapotitlan	San Blas	La Tina
AÑO	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1968	6200	6399	1008	1131	-	778
1969	841	799	183	41	-	30
1970	1020	765	173	82	-	4
1971	546	503	166	498	-	115
1972	4365	3527	1080	720	-	10
1973	801	640	160	711	-	47
1974	1957	2178	464	479	-	110
1975	450	360	460	75	-	105
1976	975	901	296	69	-	29
1977	949	950	253	60	-	160
1978	405	684	55	729	-	58
1979	939	867	110	1529	-	2
1980	1374	934	664	198	-	156
1981	2582	1441	1743	2786	-	122
1982	660	675	115	-	-	193
1983	1440	1509	532	-	-	72
1984	783	787	382	-	-	-
1985	2842	2328	610	-	-	-
1986	1467	1308	-	-	-	-
1987	552	332	-	-	-	-
1988	807	381	-	-	-	-
1989	-	1061	-	-	-	-
1990	-	1881	-	-	-	-
1991	-	764	-	-	-	-
1992	-	1256	-	-	-	-
1993	-	8674	-	-	-	-
1994	-	320	-	-	-	-
1995	-	206	-	-	-	-
1996	-	368	-	-	-	-
1997	-	429	-	-	-	-
1998	-	291	-	-	-	-
1999	-	260	-	-	-	-
2000	-	1380	-	-	-	-
2001	-	297	-	-	-	-
2002	-	573	-	-	-	-
2003	-	3007	-	-	-	-
2004	-	665	-	-	-	-

TABLA 3.8 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Bamicori	Las Cañas	El Mahone	Choix	Huites	Palo Dulce
AÑO	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$	$Q\left(\frac{m^3}{s}\right)$
1941	-	-	-	-	2085	-
1942	-	-	-	-	2531	-
1943	-	-	-	-	1437	-
1944	-	-	-	-	2580	-
1945	-	-	-	-	1499	-
1946	-	-	-	-	1165	-
1947	-	-	-	-	1127	-
1948	-	842	-	-	623	-
1949	-	1200	-	-	2298	-
1950	-	4579	-	-	3229	-
1951	58	949	-	-	677	-
1952	153	2264	-	-	1266	-
1953	124	1210	-	-	1025	-
1954	405	1619	-	-	955	-
1955	380	7477	-	112	4780	-
1956	379	659	-	74	532	-
1957	170	129	-	73	593	248
1958	192	3888	-	220	1045	455
1959	67	1624	-	299	1908	743
1960	89	8562	-	1150	1500	2402
1961	155	697	-	159	1396	472
1962	46	329	-	376	1620	347
1963	110	824	-	407	2702	584
1964	95	607	-	250	1319	481
1965	651	172	-	464	1944	1360
1966	93	1507	197	275	2420	674
1967	49	595	271	300	2506	635
1968	438	1000	194	336	1534	530
1969	22	213	203	248	1508	1100
1970	138	420	176	136	1558	390
1971	44	766	150	360	2200	1283
1972	70	-	164	273	2225	688
1973	141	-	180	351	7960	1370
1974	650	-	192	194	4001	1588
1975	100	-	215	192	1067	383
1976	495	-	205	580	3233	740
1977	214	-	207	189	1119	333
1978	94	-	189	348	6178	535

TABLA 3.9 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Bamicori	Las Cañas	El Mahone	Choix	Huites	Palo Dulce
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1979	54	-	196	576	4443	1825
1980	363	-	181	417	1474	562
1981	134	-	179	1700	2508	1180
1982	53	-	217	748	1530	951
1983	-	-	165	588	8000	1010
1984	-	-	218	-	5496	190
1985	-	-	224	-	3385	483
1986	-	-	-	-	1374	-
1987	-	-	-	-	1245	-

TABLA 3.9 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Chinipas	San Francisco	San Ignacio	La Veranera	Urique	Guerachic
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1941	-	1326	-		-	-
1942	-	1558	-		-	-
1943	-	2292	-		-	-
1944	-	1376	-		-	-
1945	-	894	-		-	-
1946	-	559	-		-	-
1947	-	1137	-		-	-
1948	-	1668	-		-	-
1949	-	4710	-		-	-
1950	-	2920	-		-	-
1951	-	493	-		-	-
1952	-	695	-	88	-	-
1953	-	678	-	120	-	209
1954	-	683	-	371	-	260
1955	-	3101	-	1343	-	595
1956	-	583	-	138	-	496
1957	-	434	-	143	-	181
1958	-	3750	-	861	-	354
1959	-	1572	-	384	-	525
1960	-	6640	-	561	-	5300
1961	-	880	-	250	-	320
1962	-	997	-	285	-	422
1963	-	2134	-	407	-	1860
1964	-	735	-	565	-	547

Tabla 3.10 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Chinipas	San Francisco	San Ignacio	La Veranera	Urique	Guerachic
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1965	1178	952	-	272	-	495
1966	406	2144	-	-	-	-
1967	843	1175	1341	-	289	-
1968	363	1308	1164	-	216	-
1969	721	605	960	-	115	-
1970	417	980	860	-	88	-
1971	1420	950	884	-	310	-
1972	1152	2129	1740	-	274	-
1973	1516	4855	3075	-	319	-
1974	1742	-	1897	-	354	-
1975	430	-	1002	-	308	-
1976	420	-	402	-	293	-
1977	752	-	861	-	79	-
1978	1446	-	1696	-	300	-
1979	2158	-	2210	-	716	-
1980	720	-	876	-	338	-
1981	980	-	1765	-	285	-
1982	1001	-	1369	-	243	-
1983	1740	-	1795	-	282	-
1984	1271	-	1413	-	563	-
1985	1605	-	1898	-	387	-

Tabla 3.10 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Álamos	Cazanate	Jaina	Toahayana	Tecusiapa	Los Molinos
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1941	-	-	759	-	-	-
1942	-	-	2065	-	-	-
1943	-	-	6991	-	-	-
1944	-	-	580	-	-	-
1945	-	-	714	-	-	-
1946	-	-	746	-	-	-
1947	-	-	771	-	-	-
1948	137	-	693	-	-	-
1949	395	-	2614	-	-	-
1950	133	-	2336	-	-	-
1951	77	-	437	-	-	-

TABLA 3.11 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

Estación	Álamos	Cazante	Jaina	Toahayana	Tecusiapa	Los Molinos
AÑO	$Q \left( \frac{m^3}{s} \right)$					
1952	248	-	594	-	-	-
1953	42	-	546	-	-	-
1954	177	-	56	-	-	-
1955	542	-	1600	-	-	-
1956	297	-	639	-	-	-
1957	246	-	362	420	-	-
1958	445	-	2232	1560	601	85
1959	669	-	616	343	387	33
1960	376	-	2003	2239	1525	99
1961	114	-	795	793	581	116
1962	115	-	1137	888	816	231
1963	521	-	1226	1814	1547	161
1964	175	-	454	392	271	206
1965	258	-	650	329	496	82
1966	292	-	958	812	620	262
1967	7	21	901	1251	1010	172
1968	74	90	1338	1298	767	273
1969	106	199	340	295	289	182
1970	-	218	357	311	212	167
1971	-	3223	1109	1060	894	-
1972	-	715	932	908	2521	-
1973	-	185	1349	1570	3075	-
1974	-	424	680	963	976	-
1975	-	111	488	368		-
1976	-	198	900	803		-
1977	-	259	791	672		-
1978	-	475	989	1500		-
1979	-	509	1620	1930		-
1980	-	685	400	331		-
1981	-	1365	2832	952		-
1982	-	988	4440	2580		-
1983	-	255	179	1713		-
1984	-	375	694	736		-
1985	-	250	1213	1580		-
1986	-		494			-

TABLA 3.11 DATOS HIDROMÉTRICOS DE 6 ESTACIONES

ESTADÍSTICOS							
ESTACIÓN	$\bar{X} [m^3/s]$	$S [m^3/s]$	$S^2 [m^3/s]^2$	$g [1]$	$K[1]$	$CV[1]$	$n [Años]$
Naranja	621.915	655.524	429711.558	1.873	6.622	1.054	47
Zopilote	363.234	275.864	76100.922	0.688	2.538	0.759	47
Guamuchil	581.730	634.533	402632.592	3.015	15.137	1.091	37
Pericos	251.217	154.631	23910.732	1.054	3.773	0.616	33
Tierra Blanca	1543.857	553.692	306574.476	0.373	3.488	0.359	7
Pte. Sud-pacifico	2192.071	1706.031	2910542.461	0.741	2.228	0.778	47
Palos Blancos	1415.298	1502.150	2256454.822	1.237	3.600	1.061	47
El Varejonal	385.503	399.450	159560.499	2.299	7.764	1.036	22
Badiraguato	924.271	1224.138	1498513.563	2.576	9.264	1.324	41
Guatenipa	1888.762	1393.192	1940982.690	0.841	2.595	0.738	21
La Huerta	934.235	574.305	329826.441	0.286	1.620	0.615	17
Puente Cañedo	1116.000	932.728	869981.810	0.762	2.713	0.836	22
Sanalona	447.310	505.385	255413.877	2.993	12.928	1.130	42
Picacho	1128.429	419.371	175871.619	0.048	2.330	0.372	7
Tamazula	582.130	278.192	77390.573	1.392	4.773	0.478	23
El Bledal	286.298	276.226	76300.822	2.798	13.169	0.965	47
Santa Cruz	1261.791	1223.537	1497043.408	2.896	14.054	0.970	43
Acatitan	1031.581	864.522	747398.985	2.635	12.043	0.838	31
Ixpalino	1313.055	1171.450	1372295.757	2.733	11.822	0.892	36
Piaxtla	1271.999	1546.385	2391306.736	3.378	16.025	1.216	47
El Quelite	468.385	445.191	198195.286	1.720	5.622	0.950	26
San Miguel Zapotitlan	627.857	660.979	436893.729	1.982	7.833	1.053	21
San Blas	3018.000	2374.903	5640163.333	2.256	8.910	0.787	10
La Tina	106.417	152.193	23162.688	4.011	21.035	1.430	24
Bamicori	194.563	176.786	31253.415	1.395	4.007	0.909	32
Las Cañas	1755.500	2214.458	4903822.174	2.220	7.403	1.261	24
El Mahone	196.150	26.444	699.292	0.905	5.292	0.135	20
Choix	392.931	336.515	113242.567	2.591	11.069	0.856	29
Huites	2314.894	1741.276	3032042.880	1.903	6.566	0.752	47
Palo Dulce	811.793	520.539	270960.670	1.369	4.813	0.641	29
Chinipas	1061.000	524.376	274970.100	0.305	2.177	0.494	21
San Francisco	1724.636	1450.053	2102654.614	1.885	6.511	0.841	33
San Ignacio	1432.000	621.871	386723.111	0.835	4.307	0.434	19
La Veranera	413.429	341.499	116621.802	1.780	6.528	0.826	14
Urique	303.105	147.988	21900.322	1.148	5.846	0.488	19
Guerachic	889.538	1391.424	1936059.936	3.111	13.059	1.564	13
Álamos	247.545	178.779	31962.069	0.826	2.946	0.722	22
Cazanate	555.000	727.866	529789.000	3.059	13.638	1.311	19
Jaina	1187.391	1197.622	1434297.355	3.151	15.448	1.009	46
Toahayana	1048.655	629.759	396595.948	0.666	2.721	0.601	29
Tecusiapa	975.765	792.576	628176.566	1.663	5.427	0.812	17
Los Molinos	159.154	73.311	5374.474	- 0.030	2.162	0.461	13

TABLA 3.12 ESTADÍSTICOS DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

### 3.3 PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD E INDEPENDENCIA

A las series de gastos máximos instantáneos anuales mostradas en las tablas 3.5 a 3.11 se procederá a efectuar las pruebas de homogeneidad e independencia.

Las pruebas de homogeneidad verifican si todos los elementos de una muestra provienen estadísticamente de una misma población.

Las pruebas de independencia verifican que los elementos que constituyen la serie analizada han sido generados por medio de procesos aleatorios. Esto implica que la probabilidad de ocurrencia de alguno de ellos no está supeditada a la ocurrencia de alguno de los elementos previos y de ninguna manera afecta a la probabilidad de ocurrencia de los elementos posteriores.

Se presentan a continuación los resultados de la aplicación de estas pruebas

#### 3.3.1 PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD

Para las pruebas de homogeneidad se aplicaran 3 pruebas que son: Helmert, t de Student y Cramer, que fueron descritas en el apartado 1.3. Dichas pruebas se aplicaran a las 42 estaciones en estudio. A continuación se presenta el proceso que se debe seguir para implementar las pruebas a la estación San Miguel Zapotitlán, sin embargo el proceso es el mismo para las otras 41 estaciones.

-HELMERT

t (Años)	Hp (mm)	N (Años)	Signo (+,-)	Situación
1961	488	1	-	S
1962	213	2	-	C
1963	648	3	+	C
1964	609	4	-	S
1965	127	5	-	C
1966	1480	6	+	C
1967	512	7	-	C
1968	1131	8	+	C
1969	41	9	-	S
1970	82	10	-	S
1971	498	11	-	C
1972	720	12	+	S
1973	711	13	+	C
1974	479	14	-	S
1975	75	15	-	S
1976	69	16	-	S
1977	60	17	-	C
1978	729	18	+	S
1979	1529	19	+	C
1980	198	20	-	C
1981	2786	21	+	

$\bar{X}$ [ $m^3/s$ ]	627.857
-----------------------	---------

TABLA 3.13 PRUEBA DE HELMERT

Secuencias (S) = 9

Cambios (C) = 11

N= 21 Años.

$$-\sqrt{n_j - 1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n_j - 1}$$

$$-4.472 \leq -2 \leq 4.472$$

∴ *Al cumplirse la desigualdad, la serie se considera HOMOGENEA*

**-T DE STUDENT**

Esta prueba de homogeneidad consiste en dividir cada serie de datos en dos series de igual magnitud. Una vez divididos la serie se obtendrá los estadísticos de cada serie con ayuda de Excel. Posteriormente se obtendrá la t de student visto anteriormente que involucran la media y la varianza de las series de datos divididas y se comprara con t crítico que involucra los grados de libertad y el nivel de significancia del 5%. Si dicho t crítico es mayor a t de student la serie se considerara independiente. A continuación se muestran los estadísticos de la estación San Miguel Zapotitlán, el valor de t de student y la comparación del t critico.

<b>n (Años)</b>	11	10
$\bar{X} (m^3/s)$	529.909	735.600
$S(m^3/s)$	446.061	851.571
$S^2(m^3/s)^2$	198970.091	725172.933

**TABLA 3.14 PRUEBA T DE STUDENT**

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[ \frac{n_1 * S_1^2 + n_2 * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} * \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}}$$

$$t_d = \frac{529.909 - 735.6}{\left[ \frac{11 * 198970.091 + 10 * 725172.933}{11 + 10 - 2} * \left( \frac{1}{11} + \frac{1}{10} \right) \right]^{1/2}} = -0.068$$

$$t_{cr} = 2.093$$

∴ *Como  $t_{cr} > t_d$  la serie se considera HOMOGENEA*

**-CRAMER**

Esta prueba al igual que la anterior consiste en dividir la serie de tiempo original en dos series con el 60% y 30% de los valores finales respectivamente y obtener los estadísticos de cada serie dividida. Con los estadísticos de las series divididas y de la serie original se obtienen algunos parámetros que ocupa este método. Posteriormente se deben obtener  $t_{30}$  y  $t_{60}$  y compararlos con el  $t_{cr}$ . Si  $t_{cr}$  es mayor a los otros parámetros obtenidos, la muestra se considera homogénea.

	<b>SERIE 1 (60%)</b>	<b>SERIE 2 (30%)</b>
$\bar{X} (m^3/s)$	613.62	778.00
$S(m^3/s)$	779.92	1036.60
$S^2(m^3/s)^2$	608269.09	1074546.67
<b>n (Años)</b>	13	7
	$\tau_{30}$	-0.022
	$\tau_{60}$	0.227

**TABLA 3.15 PRUEBA DE CRAMER**

$$t_{60} = 0.120$$

$$t_{30} = 0.709$$

$$t_{CR} = 2.101$$

∴ Al cumplirse la desigualdad planteada, la serie se considera **HOMOGENEA**

Como se menciona anteriormente se deben aplicar las pruebas de homogeneidad a todas las estaciones en estudio y el proceso es el mismo que se describió anteriormente. Para tomar una decisión de si una estación es homogénea o no lo es se dará por válido que si dos pruebas dan homogéneas se considerara que la serie de datos es homogénea, y por el contrario si dos pruebas dan como resultado no homogéneas se considerara la serie de datos no homogénea. Por lo que a continuación se presenta un resumen de las pruebas aplicadas a las estaciones.

ESTACIÓN	HELMERT	T DE STUDENT	CRAMER	SITUACIÓN
Naranjo	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Zopilote	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Guamúchil	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Pericos	No homogénea	Homogénea	No homogénea	<b>No homogénea</b>
Tierra Blanca	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Pte. Sud-pacífico	No homogénea	No homogénea	Homogénea	<b>No homogénea</b>
Palos Blancos	No homogénea	No homogénea	Homogénea	<b>No homogénea</b>
El Varejonal	No homogénea	Homogénea	No homogénea	<b>No homogénea</b>
Badiraguato	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Guatenipa	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
La Huerta	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Puente Cañedo	No homogénea	Homogénea	No homogénea	<b>No homogénea</b>
Sanalona	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Picacho	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Tamazula	No homogénea	No homogénea	Homogénea	<b>No homogénea</b>
El Bledal	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Santa Cruz	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Acatitan	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Ixpalino	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Piactla	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
El Quelite	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
San Miguel Zapotitlán	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
San Blas	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
La Tina	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Bamicori	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Las Cañas	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
El Mahone	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Choix	No homogénea	Homogénea	No homogénea	<b>No homogénea</b>
Huites	Homogénea	Homogénea	No homogénea	<b>Homogénea</b>
Palo Dulce	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Chinipas	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
San Francisco	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
San Ignacio	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
La Veranera	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>

TABLA 3.16 RESUMEN DE PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD

ESTACIÓN	HELMERT	T DE STUDENT	CRAMER	SITUACIÓN
Urique	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Guerachic	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Álamos	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Cazamate	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Jaina	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Toahayana	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Tecusiapa	Homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>
Los Molinos	No homogénea	Homogénea	Homogénea	<b>Homogénea</b>

TABLA 3.16 RESUMEN DE PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD

### 3.3.2 PRUEBA DE INDEPENDENCIA

Para corroborar la independencia de las series de tiempo se aplicara la prueba de Anderson descrita en el apartado 1.4. Así mismo se aplicaran las ecuaciones 2.10, 2.11 y 2.12.

A continuación se muestra la metodología que se debe seguir para aplicar dicha prueba a la estación San Miguel Zapotitlán. Dicha metodología se aplicara a las otras 41 estaciones en estudio.

#### ✓ ESTACIÓN SAN MIGUEL ZAPOTITLÁN

n	21 años
K	7

k	r	LS	LI
0	1	0.377	-0.477
1	-0.117	0.377	-0.477
2	0.223	0.385	-0.490
3	-0.082	0.393	-0.505
4	-0.217	0.402	-0.520
5	-0.062	0.412	-0.537
6	-0.055	0.422	-0.556
7	0.032	0.433	-0.576

TABLA 3.17 PRUEBA DE INDEPENDENCIA

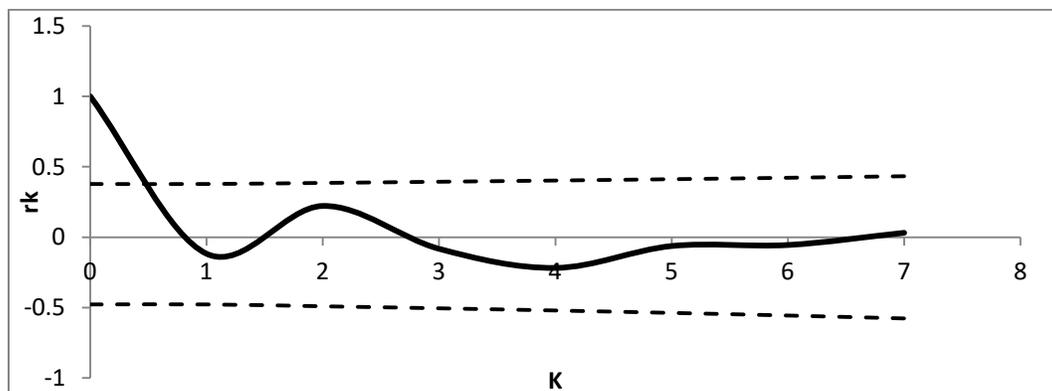


FIGURA 3.5 CORRELOGRAMA DE LA ESTACIÓN SAN MIGUEL ZAPOTITLÁN

Como se puede observar no se tiene ningún valor fuera de los límites inferiores y superiores por lo que se puede llegar a la conclusión que la estación San Miguel Zapotitlan es independiente. Dicha prueba se aplica a todas las estaciones para corroborar la independencia de las estaciones. A continuación se presenta un resumen de la prueba de independencia para todas las estaciones

<b>ESTACIÓN</b>	<b>PRUEBA DE ANDERSON</b>
<b>Naranja</b>	Independiente
<b>Zopilote</b>	Independiente
<b>Guamúchil</b>	Independiente
<b>Pericos</b>	Independiente
<b>Tierra Blanca</b>	Independiente
<b>Pte. Sud-pacífico</b>	Independiente
<b>Palos Blancos</b>	Independiente
<b>El Varejonal</b>	Independiente
<b>Badiraguato</b>	Independiente
<b>Guatenipa</b>	Independiente
<b>La Huerta</b>	Independiente
<b>Puente Cañedo</b>	Independiente
<b>Sanalona</b>	Independiente
<b>Picacho</b>	Independiente
<b>Tamazula</b>	Independiente
<b>El Bledal</b>	Independiente
<b>Santa Cruz</b>	Independiente
<b>Acatitan</b>	Independiente
<b>Ixpalino</b>	Independiente
<b>Piactla</b>	Independiente
<b>El Quelite</b>	Independiente
<b>San Miguel Zapotitlán</b>	Independiente
<b>San Blas</b>	Independiente
<b>La Tina</b>	Independiente
<b>Bamicori</b>	Independiente
<b>Las Cañas</b>	Independiente
<b>El Mahone</b>	Independiente
<b>Choix</b>	Independiente
<b>Huites</b>	Independiente
<b>Palo Dulce</b>	Independiente
<b>Chinipas</b>	Independiente
<b>San Francisco</b>	Independiente
<b>San Ignacio</b>	Independiente
<b>La Veranera</b>	Independiente
<b>Urique</b>	Independiente
<b>Guerachic</b>	Independiente
<b>Alamos</b>	Independiente
<b>Cazamate</b>	Independiente
<b>Jaina</b>	Independiente
<b>Toahayana</b>	Independiente
<b>Tecusiapa</b>	Independiente
<b>Los Molinos</b>	Independiente

**TABLA 3.18 RESUMEN DE PRUEBAS DE INDEPENDENCIA**

Para poder aplicar las distintas distribuciones de probabilidad de manera puntual es necesario que la serie de datos sea independiente, por lo que al contar con todas las estaciones independientes se procede a aplicar las distribuciones de probabilidad. Por otro lado se observa algunas estaciones que no son homogéneas, esto se puede deber a que se puedan estar presentando distintos fenómenos como puede ser cambio climático, deforestación entre otras cosas.

### 3.4 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

Es importante conocer las características fisiográficas de las cuencas en estudio ya que algunos modelos regionales hacen uso de dichas características para emplearlos. Dichas características fisiográficas de las cuencas que drenan hasta las estaciones hidrométricas fueron facilitadas por el Dr. Carlos Agustín Escalante Sandoval, a continuación se muestran dichas características fisiográficas de cada estación estudiada.

#### 3.4.1 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN NARANJOS

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	2064
<i>P. M. A. (km)</i>	809.04
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0209
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	586.36
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	107
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1177
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1177
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0029
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0484

TABLA 3.19 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN NARANJOS

#### 3.4.2 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ZOPILOTE

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	666
<i>P. M. A. (km)</i>	743.32
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0283
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	437.5
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	68
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1922
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1922
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.003
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0871

TABLA 3.20 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ZOPILOTE

#### 3.4.3 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUAMÚCHIL

CARACTERÍSTICA	VALOR
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	1645
<i>P. M. A. (km)</i>	767.17
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0096
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	201.11
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	65
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1173
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1173
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.003
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0383

TABLA 3.21 CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUAMUCHIL

### 3.4.4 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PERICOS

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	270
<i>P. M. A. (km)</i>	734.26
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.013
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	150
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	31
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.2778
<i>P<sub>f</sub></i>	0.2778
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0037
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.1111

TABLA 3.22 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PERICOS

### 3.4.5 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TIERRA BLANCA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	11614
<i>P. M. A. (km)</i>	977.22
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0434
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1541.27
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	276
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0527
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0527
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.003
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0215

TABLA 3.23 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TIERRA BLANCA

### 3.4.6 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PTE SUD-PACIFICO

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	11434
<i>P. M. A. (km)</i>	978.5
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0434
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1541.27
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	268
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0525
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0525
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0031
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0214

TABLA 3.24 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PTE. SUD-PACIFICO

### 3.4.7 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PALOS BLANCOS

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	11409
<i>P. M. A. (km)</i>	982.29
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0434
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1563.29
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	256
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0508
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0508
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0031
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.021

TABLA 3.25 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PALOS S BLANCOS

### 3.4.8 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL VAREJONAL

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	10987
<i>P. M. A. (km)</i>	990.33
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.047
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1653.33
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	233
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0519
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0519
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0029
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0191

TABLA 3.2 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL VAREJONAL

### 3.4.9 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN BADIRAGUATO

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	1018
<i>P. M. A. (km)</i>	983.5
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.05
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	595
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	59
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1473
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1473
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0029
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.057

TABLA 3.27 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN BADIRAGUATO

### 3.4.10 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUATENIPA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	8252
<i>P. M. A. (km)</i>	1006.34
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0491
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1994.9
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	178
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0594
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0594
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0032
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0194

TABLA 3.28 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUATENIPA

### 3.4.11 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA HUERTA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	6149
<i>P. M. A. (km)</i>	1019.94
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0412
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	2217.57
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	117
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0631
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0631
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0036
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0171

TABLA 3.29 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA HUERTA

### 3.4.12 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PUENTE CAÑEDO

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	4086
<i>P. M. A. (km)</i>	1045.49
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0433
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	774.8
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	117
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.071
<i>P<sub>f</sub></i>	0.071
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0037
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0289

TABLA 3.30 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PUENTE CAÑEDO

### 3.4.13 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SANALONA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	3657
<i>P. M. A. (km)</i>	1080.66
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0518
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	895.24
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	85
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0662
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0662
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0036
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0202

TABLA 3.31 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SANALONA

### 3.4.14 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PICACHO

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	3280
<i>P. M. A. (km)</i>	1106.39
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0518
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	895.24
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	85
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0729
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0729
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.004
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0213

TABLA 3.32 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PICACHO

### 3.4.15 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TAMAZULA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	2241
<i>P. M. A. (km)</i>	1171095
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0684
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1146.43
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	48
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0848
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0848
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0036
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0192

TABLA 3.33 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TAMAZULA

### 3.4.16 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL BLEDAL

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	371
<i>P. M. A. (km)</i>	856.13
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0206
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	267.5
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	31
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.2372
<i>P<sub>f</sub></i>	0.2372
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0027
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0809

TABLA 3.34 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL BLEDAL

### 3.4.17 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SANTA CRUZ

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	8919
<i>P. M. A. (km)</i>	1068.89
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0532
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1689.6
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	180
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0561
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0561
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0085
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0202

TABLA 3.35 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SANTA CRUZ

### 3.4.18 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ACATITAN

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	1884
<i>P. M. A. (km)</i>	1046.59
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0497
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	726.92
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	115
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1131
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1131
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.008
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0215

TABLA 3.36 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ACATITAN

### 3.4.19 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN IXPALINO

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	6166
<i>P. M. A. (km)</i>	1006.73
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.043
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1393.92
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	174
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0592
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0592
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.007
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0264

TABLA 3.37 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN IXPALINO

### 3.4.20 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PIAXTLA

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	5307
<i>P. M. A. (km)</i>	1044.76
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0496
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1644.52
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	142
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.066
<i>P<sub>f</sub></i>	0.066
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.006
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0239

TABLA 3.38 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACION PIAXTLA

### 3.4.21 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL QUELITE

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	835
<i>P. M. A. (km)</i>	720.06
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0084
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	211.67
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	42
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1653
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1653
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0096
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0515

TABLA 3.39 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL QUELITE

### 3.4.22 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN MIGUEL ZAPOTITLÁN

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	34450
<i>P. M. A. (km)</i>	789.42
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0406
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1650.7
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	440
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0336
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0336
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0046
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0128

TABLA 3.40 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN MIGUEL ZAPOTITLAN

### 3.4.23 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN BLAS

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	33590
<i>P. M. A. (km)</i>	799.52
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0414
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1682.76
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	402
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0324
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0324
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0046
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.012

TABLA 3.41 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN BLAS

### 3.4.24 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA TINA

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	275
<i>P. M. A. (km)</i>	654.73
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0167
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	405
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	30.2
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.2109
<i>P<sub>f</sub></i>	0.2109
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0036
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0738

TABLA 3.42 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA TINA

### 3.4.25 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN BAMICORI

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	223
<i>P. M. A. (km)</i>	800.45
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0061
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	415
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	20.2
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.3363
<i>P<sub>f</sub></i>	0.3363
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0045
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0906

TABLA 3.43 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN BAMICORI

### 3.4.26 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LAS CAÑAS

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	29529
<i>P. M. A. (km)</i>	825.14
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0445
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1759.82
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	342
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0328
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0328
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0049
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0118

TABLA 3.44 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LAS CAÑAS

### 3.4.27 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL MAHONE

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	29428
<i>P. M. A. (km)</i>	826.08
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0445
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1759.82
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	337
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0326
<i>P<sub>f</sub></i>	0.326
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0049
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0117

TABLA 3.45 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN EL MAHONE

### 3.4.28 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CHOIX

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	1403
<i>P. M. A. (km)</i>	972.06
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0221
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1050
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	82
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1447
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1447
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.005
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0513

TABLA 3.46 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CHOIX

### 3.4.29 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN HUITES

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	26020
<i>P. M. A. (km)</i>	822.8
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0493
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1912.95
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	267
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0324
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0324
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0051
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0097

TABLA 3.47 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN HUITES

### 3.4.30 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PALO DULCE

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	6323
<i>P. M. A. (km)</i>	911.37
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0569
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1742.05
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	184
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0614
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0614
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0044
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0269

TABLA 3.48 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN PALO DULCE

### 3.4.31 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CHINIPAS

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	5098
<i>P. M. A. (km)</i>	909.69
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.06
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1940
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	131
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0614
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0651
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0047
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0235

TABLA 3.49 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CHINIPAS

### 3.4.32 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN FRANCISCO

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	17531
<i>P. M. A. (km)</i>	773.47
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0504
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	2015.74
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	246
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0379
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0379
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0058
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.131

TABLA 3.50 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACION SAN FRANCISCO

### 3.4.33 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN IGNACIO

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	10920
<i>P. M. A. (km)</i>	802.23
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0536
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	2002.43
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	209
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0497
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0497
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0067
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0183

TABLA 3.51 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN SAN IGNACIO

### 3.4.34 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA VERANERA

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	4106
<i>P. M. A. (km)</i>	739.77
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0363
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	2354.62
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	137
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0852
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0852
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0049
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0312

TABLA 3.52 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LA VERANERA

### 3.4.35 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN URIQUE

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	4000
<i>P. M. A. (km)</i>	738.56
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0358
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	2408.8
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	127
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0843
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0843
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.005
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.03

TABLA 3.53 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN URIQUE

### 3.4.36 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUERACHIC

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	6262
<i>P. M. A. (km)</i>	818.71
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0423
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	2322.16
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	145
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0564
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0564
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0053
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0216

TABLA 3.54 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN GUERACHIC

### 3.4.37 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ÁLAMOS

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	2270
<i>P. M. A. (km)</i>	634.25
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0158
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	505
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	124
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1093
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1093
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0035
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.052

TABLA 3.55 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN ALAMOS

### 3.4.38 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CAZANATE

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	1813
<i>P. M. A. (km)</i>	654.11
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0156
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	556.36
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	93
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.112
<i>P<sub>f</sub></i>	0.112
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0033
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0458

TABLA 3.56 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN CAZANATE

### 3.4.39 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN JAINA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	8179
<i>P. M. A. (km)</i>	982.6
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0518
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1279.18
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	177
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.056
<i>P<sub>f</sub></i>	0.056
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0056
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0241

TABLA 3.57 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN JAINA

### 3.4.40 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TOHAYANA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	5281
<i>P. M. A. (km)</i>	1003.39
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0579
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1602.67
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	131
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0583
<i>P<sub>f</sub></i>	0.583
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0064
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0235

TABLA 3.58 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TOHAYANA

### 3.4.41 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TECUSIAPA

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	3773
<i>P. M. A. (km)</i>	1040.37
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0666
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1893.68
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	90
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.0861
<i>P<sub>f</sub></i>	0.0861
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.0053
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.022

TABLA 3.59 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN TECUSIAPA

### 3.4.42 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LOS MOLINOS

Característica	Valor
<i>Area (km<sup>2</sup>)</i>	501
<i>P. M. A. (km)</i>	919.96
<i>Pendiente de la cuenca (S<sub>c</sub>)</i>	0.0417
<i>Elevacion media (E<sub>m</sub> m)</i>	1300
<i>Longitud del cacue principal L<sub>cp</sub> (km)</i>	35
<i>Pendiente del cauce prncipal (S<sub>cp</sub>)</i>	0.1936
<i>P<sub>f</sub></i>	0.1936
<i>Densidad de drenaje (D<sub>d</sub>)</i>	0.002
<i>Densidad de corriente (D<sub>c</sub>)</i>	0.0639

TABLA 3.60 CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DE LA ESTACIÓN LOS MOLINOS

## 3.5 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL

Se aplicara el análisis de frecuencia puntual visto en el apartado 1.6 a las series de datos eligiendo la distribución de probabilidad que menor error estándar de ajuste (EEA) tenga, visto en el apartado 1.5.

Posteriormente con la distribución que menor EEA tenga se obtendrán gastos de diseño para distintos periodos de retorno T (T=2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000 años) estos gastos obtenidos servirán de apoyo para comparar los gastos de diseño estimados mediante la regionalización y observar que tan dispersos se encuentran entre sí.

Es importante observar que el comportamiento de la grafica eventos de diseño vs periodo de retorno tienda a ser estable conforme el periodo de retorno vaya aumentando ya que si tiene un comportamiento en el que el gasto de diseño aumentara de manera abrupta conforme el periodo

de retorno aumentara se tendría un sobreestimación del gasto de diseño. Estos resultados se podrán observar en el anexo A

A continuación se presentan las distribuciones que menor EEA (Error estándar de Ajuste) tuvieron, así como los eventos de diseño para diferentes periodos de retorno.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	EEA [m <sup>3</sup> /s]	PARAMETRO	T (años)											
				2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
Naranja	Gama 2p	137	Mom.	419	1002	1453	1914	2539	3024	3518	4185	4700	5224	5929	6472
Zopilote	Gama 2p	51	Mom.	298	551	727	898	1121	1288	1455	1675	1843	2011	2234	2404
Guamuchil	Gama 3p	222	Mom.	337	836	1295	1803	2534	3125	3745	4606	5285	5988	6949	7700
Pericos	Log N 2p	20	Mom.	207	361	483	615	806	965	1138	1389	1599	1825	2152	2422
Tierra Blanca	Log N 2p	157	Mom.	1479	1979	2281	2552	2882	3117	3343	3631	3842	4050	4318	4518
Pte. Sud-pacifico	Gama 2p	416	Mom. L	1722	3392	4587	5762	7307	8477	9651	11213	12404	13603	15202	16423
Palos Blancos	Gama 2p	299	Mom. L	861	2303	3468	4684	6359	7673	9022	10859	12286	13744	15716	17241
El Varejonal	Gama 3p	158	Mom.	254	603	882	1173	1572	1884	2204	2639	2977	3322	3787	4147
Badiraguato	Gama 2p	491	Mom. L	574	1502	2246	3019	4081	4912	5764	6923	7822	8739	9980	10938
Guatenipa	Gama 2p	260	Mom. L	1517	2894	3866	4816	6057	6993	7929	9172	10117	11067	12331	13295
La Huerta	GVE	149	Mom.	900	1415	1701	1940	2205	2376	2525	2694	2804	2900	3010	3081
Puente Cañedo	Gama 2p	176	Mom. L	820	1766	2468	3171	4110	4828	5554	6528	7275	8031	9043	9819
Sanalona	Gama 3p	170	Mom.	253	652	1018	1421	2001	2470	2961	3643	4180	4736	5496	6090
Picacho	Normal	92	Mom. L	1128	1509	1708	1873	2058	2181	2294	2431	2527	2618	2731	2811
Tamazula	Log P T3	71	Mom.	512	755	944	1146	1443	1694	1972	2386	2739	3131	3715	4213
El Bledal	Gama 3p	76	Mom.	183	409	608	824	1130	1375	1631	1983	2260	2545	2934	3237
Santa Cruz	Gama 3p	394	Mom.	798	1781	2665	3632	5012	6123	7284	8890	10155	11459	13241	14630
Acatitan	Gama 3p	277	Mom.	720	1444	2063	2724	3652	4390	5155	6206	7028	7873	9021	9912
Ixpalino	Gama 3p	356	Mom.	882	1849	2691	3598	4881	5905	6970	8437	9588	10771	12383	13637
Piactla	Gama 2p	579	Mom.	743	2073	3166	4314	5905	7158	8449	10211	11582	12986	14887	16359
El Quelite	Log N 2p	108	Mom.	318	681	1013	1406	2034	2601	3258	4281	5183	6210	7779	9142
San Miguel Zapotitlán	Gama 2p	204	Mom.	423	1011	1466	1931	2561	3049	3546	4219	4737	5265	5975	6522

**TABLA 3.61 GASTOS DE DISEÑO PUNTUALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO (T)**

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	EEA $m^3/s$	PARAMETRO	T (años)											
				2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
San Blas	Gama 2p	1105	Mom.	2437	4613	6144	7638	9587	11055	12524	14470	15950	17437	19415	20921
La Tina	Log N 2p	67	Mom.	57	168	294	467	788	1116	1534	2257	2958	3820	5253	6600
Bamicori	Gama 2p	44	Mom. L	155	299	402	503	635	734	834	967	1067	1169	1304	1407
Las Cañas	Gama 2p	761	Mom.	979	2862	4437	6104	8428	10265	12164	14763	16791	18869	21690	23876
El Mahone	Gumbel	7	Max. V.	192	217	234	249	270	285	301	321	336	351	372	387
Choix	Gama 3p	112	Mom.	273	557	797	1053	1411	1695	1989	2393	2708	3032	3471	3813
Huites	Gama 3p	395	Mom.	1816	3388	4561	5738	7312	8518	9740	11379	12637	13911	15619	16929
Palo Dulce	Log P T3	86	Mom.	668	1127	1496	1899	2495	3001	3562	4396	5104	5885	7040	8015
Chinipas	Gama 2p	101	Mom. L	965	1480	1810	2117	2502	2783	3057	3414	3680	3943	4288	4548
San Francisco	Gama 3p	351	Mom.	1313	2623	3597	4574	5878	6877	7888	9243	10283	11335	12746	13827
San Ignacio	Log N 2p	142	Mom.	1303	1925	2361	2794	3377	3832	4301	4948	5459	5990	6724	7306
La Veranera	Log P T3	105	Mom.	306	598	858	1165	1654	2099	2617	3432	4161	5001	6305	7458
Urique	Log N 2p	51	Mom.	268	424	540	659	824	957	1096	1294	1453	1621	1858	2049
Guerachic	Gama 2p	853	Mom. L	488	1450	2260	3120	4322	5273	6258	7607	8660	9740	11207	12344
Alamos	Gama 2p	25	Max. V.	199	379	506	629	791	912	1034	1195	1318	1442	1606	1731
Cazanate	Gama 2p	315	Mom.	294	904	1425	1980	2760	3379	4022	4903	5593	6301	7263	8010
Jaina	Gama 3p	372	Mom.	716	1633	2501	3473	4883	6030	7240	8924	10257	11638	13533	15015
Toahayana	Gama 2p	99	Mom. L	913	1527	1936	2325	2820	3187	3549	4023	4380	4736	5205	5560
Tecusiapa	Gama 2p	240	Mom.	777	1502	2016	2521	3182	3681	4181	4845	5351	5860	6538	7055
Los Molinos	GVE	14	Mom.	159	223	255	280	306	321	333	346	354	360	366	370
San Blas	Gama 2p	1105	Mom.	2437	4613	6144	7638	9587	11055	12524	14470	15950	17437	19415	20921
La Tina	Log N 2p	67	Mom.	57	168	294	467	788	1116	1534	2257	2958	3820	5253	6600

**TABLA 3.62 GASTOS DE DISEÑO PUNTUALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO (T)**

### 3.6 ANÁLISIS REGIONAL HIDROLÓGICO

El análisis regional se llevara a cabo mediante la delimitación de regiones homogéneas vistas en la sección 2.1. Las técnicas empleadas para esta tesis serán: parámetro  $\beta$  de la GVE (sección 2.1.1), coeficiente de variación (sección 2.1.2), región de influencia (sección 2.1.3) y trazos multidimensionales (sección 2.1.4). Para poder llevar a cabo la delimitación de regiones homogéneas se debe tener un periodo en común con las estaciones y como se vio en la sección 3.2 se tienen registros que van de los 7 a 47 años de registro. El periodo común que se tomara será del año 1967 al año 1985 (19 años). Las estaciones que cumplen dicha característica mencionada anteriormente son las que se muestran a continuación:

ESTACIÓN
Naranjo
Zopilote
Pericos
Palos Blancos
Badiraguato
Guatenipa
Sanalona
Santa Cruz
Acatitan
Ixpalino
Piactla
El Mahone
Huites
Palo Dulce
Chinipas
San Ignacio
Urique
Cazante
Jaina
Toahayana
Naranjo

**TABLA 3.63 ESTACIONES USADAS PARA LA DELIMITACIÓN DE REGIONES HOMOGÉNEAS**

A continuación se presentan los resultados para cada método.

#### 3.6.1 TÉCNICA DEL PARÁMETRO $\beta$ DE LA GVE

Se calculo el parámetro  $\beta$  de la distribución GVE para cada estación con la información de las hidrométricas. A continuación se muestra el parámetro  $\beta$  de cada estación:

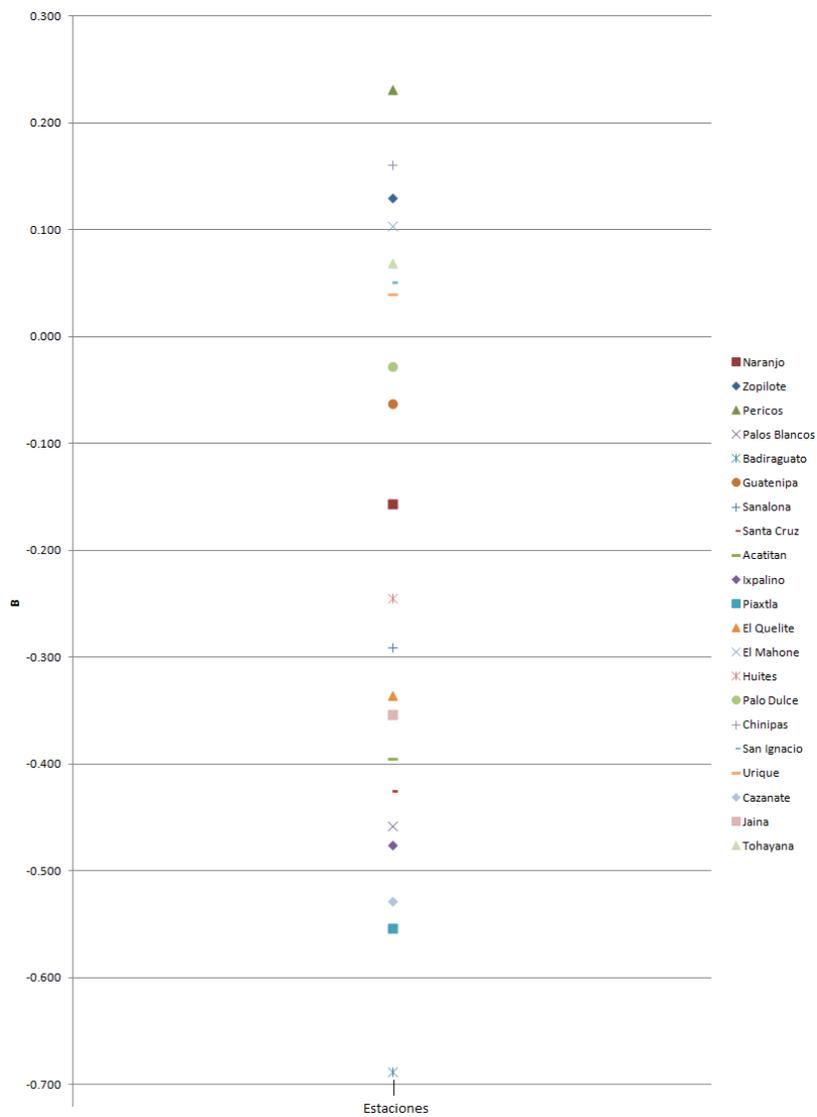
<i>Estación</i>	<i>Parametro <math>\beta</math></i>
<b>Naranjo</b>	-0.157
<b>Zopilote</b>	0.130
<b>Pericos</b>	0.231
<b>Palos Blancos</b>	-0.458
<b>Badiraguato</b>	-0.688
<b>Guatenipa</b>	-0.063
<b>Sanalona</b>	-0.291
<b>Santa Cruz</b>	-0.425
<b>Acatitan</b>	-0.395
<b>Ixpalino</b>	-0.476

**TABLA 3.64 PARÁMETRO B**

<i>Estación</i>	<i>Parametro <math>\beta</math></i>
<b>Piactla</b>	-0.554
<b>El Mahone</b>	-0.336
<b>Huites</b>	0.104
<b>Palo Dulce</b>	-0.245
<b>Chinipas</b>	-0.028
<b>San Ignacio</b>	0.161
<b>Urique</b>	0.051
<b>Cazamate</b>	0.040
<b>Jaina</b>	-0.528
<b>Toahayana</b>	-0.354
<b>Naranjo</b>	0.069

**TABLA 3.3 PARÁMETRO B**

Con la información de la tabla 3.64 se procede a graficar los valores de  $\beta$



**FIGURA 3.6 VALORES DE B GRAFICADOS**

Como podemos observar en esta técnica se visualizan dos regiones homogéneas. Dichas regiones se muestran a continuación en la tabla 3.65. En el anexo B se muestra la figura B.1 de la región homogénea mediante esta técnica.

REGIONES HOMOGÉNEAS	
A	B
Pericos	Huites
Chinipas	Sanalona
Zopilote	El Quelite
El Mahone	Jaina
Toahayana	Acatitan
San Ignacio	Santa Cruz
Urique	Palos Blancos
Palo Dulce	Ixpalino
Guatenipa	Cazanate
Naranja	Piactla
--	Badiraguato

TABLA 3.65 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA GVE

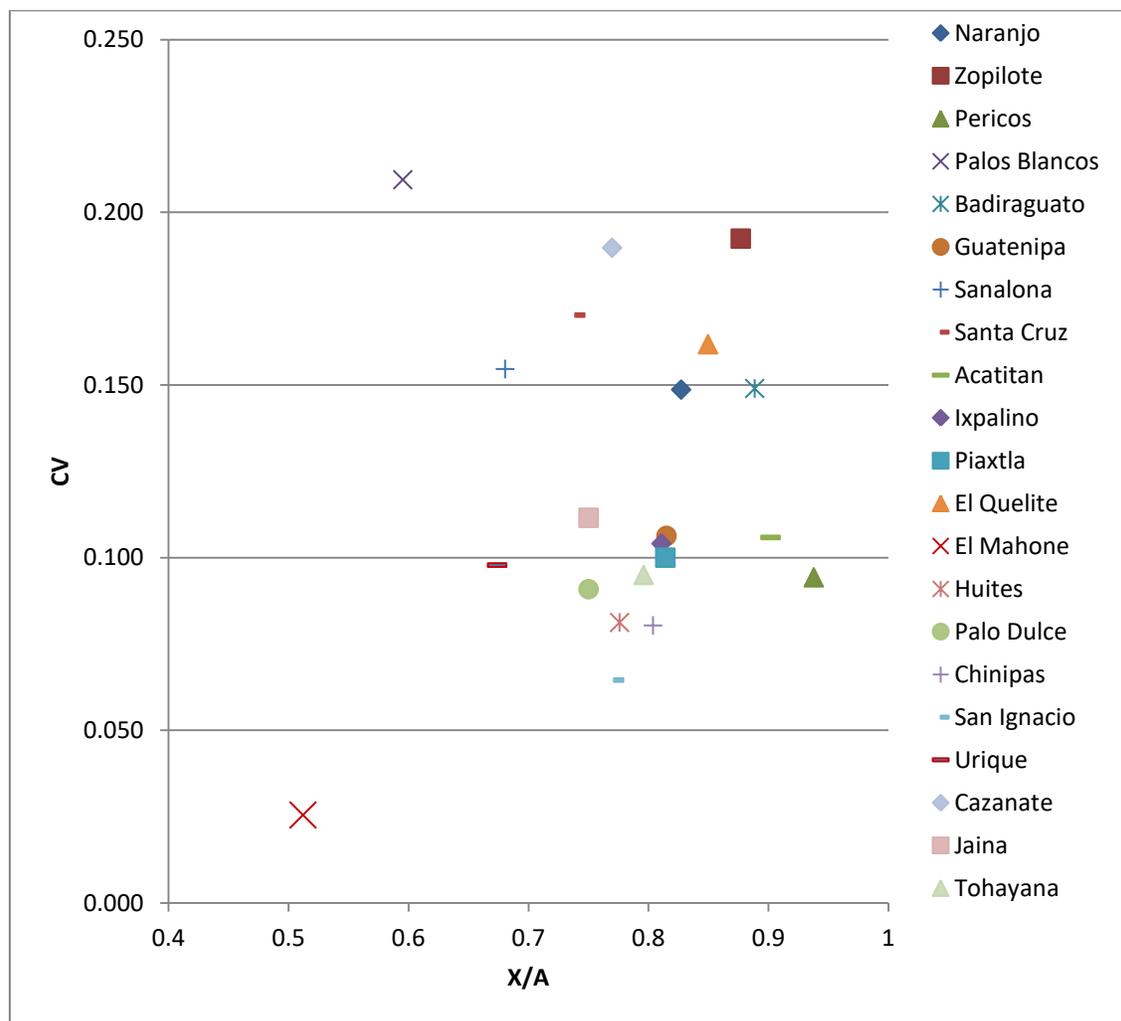
### 3.6.2 TÉCNICA DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN

Para esta técnica se necesita obtener los estadísticos mostrados en la sección 2.2 ( $\bar{X}_j$  y  $Cv_j$ ) con las expresiones (1.7) y (1.15). a continuación en la tabla 3.66 se muestra el resumen de los cálculos:

Estación	$\bar{x}$ [ $m^3/s$ ]	$S$ [ $m^3/s$ ]	$\ln(A)$ [ $km^2$ ]	$Cv$ [1]	$\bar{x}/\ln(A)$
Naranja	6.31	0.94	7.63	0.15	0.83
Zopilote	5.70	1.10	6.50	0.19	0.88
Pericos	5.25	0.50	5.60	0.09	0.94
Palos Blancos	5.56	1.17	9.34	0.21	0.60
Badiraguato	6.15	0.92	6.93	0.15	0.89
Guatenipa	7.35	0.78	9.02	0.11	0.82
Sanalona	5.58	0.86	8.20	0.15	0.68
Santa Cruz	6.72	1.14	9.10	0.17	0.74
Acatitan	6.80	0.72	7.54	0.11	0.90
Ixpalino	7.08	0.74	8.73	0.10	0.81
Piactla	6.98	0.70	8.58	0.10	0.81
El Mahone	5.72	0.93	6.73	0.16	0.85
Huites	5.27	0.13	10.29	0.03	0.51
Palo Dulce	7.89	0.64	10.17	0.08	0.78
Chinipas	6.57	0.60	8.75	0.09	0.75
San Ignacio	6.86	0.55	8.54	0.08	0.80
Urique	7.17	0.46	9.30	0.06	0.77
Cazanate	5.59	0.55	8.29	0.10	0.67
Jaina	5.78	1.10	7.50	0.19	0.77
Toahayana	6.76	0.75	9.01	0.11	0.75
Naranja	6.82	0.65	8.57	0.10	0.80

TABLA 3.66 VALORES USADOS PARA LA TÉCNICA CV

El siguiente paso es obtener la grafica  $\bar{x}/\ln(A)$  VS  $Cv$  y obtener las regiones homogéneas obtenidas por este método.



**FIGURA 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS ESTACIONES PARA LA TÉCNICA CV**

Como podemos observar en esta técnica se visualizan dos regiones homogéneas. Dichas regiones se muestran a continuación en la tabla 3.67 En el anexo B se muestra la figura B.2 de la región homogénea mediante esta técnica.

REGIONES HOMOGÉNEAS	
A	B
Palos Blancos	Urique
Sanalona	Jaina
Santa Cruz	Palo Dulce
Cazanate	Toahayana
Zopilote	Ixpalino
El Quelite	Guatenipa
Naranjo	Piaxtla
Badiraguato	Acatitan
--	Pericos
--	Huites
--	Chinipas
--	San Ignacio
--	El Mahone

**TABLA 3.67 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA CV**

### **3.6.3 TÉCNICA DE LA REGIÓN DE INFLUENCIA**

Siguiendo la metodología planteada en la sección 2.1.3 de esta tesis se obtiene la distancia euclidiana mediante la ecuación 2.5, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla que sirve para definir cuales estaciones formaran regiones homogéneas. Tomando en consideración las características fisiográficas de las cuencas en estudio que fueron expuestas en la sección 3.4.

ESTACION	Nar.	Zop.	Peri.	Palos Blancos	Badirag.	Guate.	Sanal.	Santa Cruz	Acat.	Ixpa.	Piax.	El Quelite	El Mahone	Huit.	Palo Dulce	Chini.	San Ignacio	Uri.	Caza.	Ja.	Toaha.
Nar.	0	2.20	4.02	3.67	2.47	3.71	3.26	4.79	3.81	3.58	3.69	3.80	5.81	5.18	3.55	3.77	4.31	3.27	1.23	3.49	5.28
Zop.	2.20	0	2.17	5.23	2.69	5.14	4.59	5.95	4.74	4.93	4.97	3.91	6.92	6.51	4.79	4.90	5.51	4.38	2.43	4.85	5.82
Peri.	4.02	2.17	0	7.11	4.45	7.04	6.45	7.55	6.21	6.63	6.74	4.30	8.40	8.24	6.75	6.84	7.33	6.12	4.07	6.71	7.11
Palos Blancos	3.67	5.23	7.11	0	3.90	1.32	2.76	3.07	3.75	2.37	2.31	6.22	3.63	2.59	1.71	2.38	2.52	3.17	4.40	1.81	4.80
Badirag.	2.47	2.69	4.45	3.90	0	0.93	0.34	1.02	0.11	0.66	0.55	0.02	3.66	3.22	0.68	0.52	1.27	0.38	0.10	0.92	0.55
Guate.	3.71	5.14	7.04	1.32	0.93	0	2.19	2.78	3.43	2.20	1.66	6.18	4.30	3.11	1.19	1.47	2.41	2.64	4.46	1.65	4.41
Sanal.	3.26	4.59	6.45	2.76	0.34	2.19	0	3.09	2.45	2.37	1.84	5.52	5.59	4.54	2.28	2.23	3.58	3.68	4.19	1.91	4.38
Santa Cruz	4.79	5.95	7.55	3.07	1.02	2.78	3.09	0	2.17	1.27	1.48	5.46	4.71	3.58	2.44	2.47	2.27	3.58	5.41	1.73	4.23
Acat.	3.81	4.74	6.21	3.75	0.11	3.43	2.45	2.17	0	1.83	1.98	4.18	5.70	4.86	2.97	2.93	3.37	3.87	4.48	2.17	4.04
Ixpa.	3.58	4.93	6.63	2.37	0.66	2.20	2.37	1.27	1.83	0	0.93	4.71	4.58	3.48	1.83	2.03	2.07	2.84	4.23	0.99	4.13
Piax.	3.69	4.97	6.74	2.31	0.55	1.66	1.84	1.48	1.98	0.93	0	5.21	4.81	3.65	1.48	1.45	2.25	2.77	4.44	0.96	3.96
El Quelite	3.80	3.91	4.30	6.22	0.02	6.18	5.52	5.46	4.18	4.71	5.21	0	7.29	6.80	5.68	5.69	5.52	4.84	3.51	5.22	6.12
El Mahone	5.81	6.92	8.40	3.63	3.66	4.30	5.59	4.71	5.70	4.58	4.81	7.29	0	2.46	4.27	4.73	3.76	4.90	6.10	4.28	4.87
Huit.	5.18	6.51	8.24	2.59	3.22	3.11	4.54	3.58	4.86	3.48	3.65	6.80	2.46	0	3.02	3.42	2.30	3.79	5.47	3.07	5.53
Palo Dulce	3.55	4.79	6.75	1.71	0.68	1.19	2.28	2.44	2.97	1.83	1.48	5.68	4.27	3.02	0	0.80	1.68	2.33	4.17	1.15	4.18
Chini.	3.77	4.90	6.84	2.38	0.52	1.47	2.23	2.47	2.93	2.03	1.45	5.69	4.73	3.42	0.80	0	1.86	2.21	4.33	1.50	4.09
San Ignacio	4.31	5.51	7.33	2.52	1.27	2.41	3.58	2.27	3.37	2.07	2.25	5.52	3.76	2.30	1.68	1.86	0	2.27	4.57	1.90	4.52
Uri.	3.27	4.38	6.12	3.17	0.38	2.64	3.68	3.58	3.87	2.84	2.77	4.84	4.90	3.79	2.33	2.21	2.27	0	3.37	2.87	4.72
Caza.	1.23	2.43	4.07	4.40	0.10	4.46	4.19	5.41	4.48	4.23	4.44	3.51	6.10	5.47	4.17	4.33	4.57	3.37	0	4.19	5.81
Ja.	3.49	4.85	6.71	1.81	0.92	1.65	1.91	1.73	2.17	0.99	0.96	5.22	4.28	3.07	1.15	1.50	1.90	2.87	4.19	0	4.11
Toaha.	5.28	5.82	7.11	4.80	0.55	4.41	4.38	4.23	4.04	4.13	3.96	6.12	4.87	5.53	4.18	4.09	4.52	4.72	5.81	4.11	0

$\bar{x}$	$\frac{m^3}{s}$	3.74	4.63	6.21	3.44	1.42	3.11	3.36	3.45	3.45	2.88	2.86	5.01	5.04	4.24	2.85	2.98	3.26	3.40	4.05	2.77	4.63
-----------	-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

TABLA 3.68 VALORES USADOS EN LA TÉCNICA DE REGIÓN DE INFLUENCIA.

Valores que se encuentran por debajo de la media de cada estación en estudio.

En la tabla 3.68 se observan en rojo los valores que se encuentran por debajo de la media de cada estación. Para esta técnica, dichos valores pueden formar parte de una región homogénea. Después de llevar a cabo un análisis de la tabla 3.68 se determinaron dos regiones homogéneas que se muestran a continuación en la tabla 3.69. En el anexo B se muestra la figura B.3 de la región homogénea mediante esta técnica.

REGIONES HOMOGÉNEAS	
A	B
Naranja	Palos Blancos
Zopilote	Guatenipa
Pericos	Sanalona
Badiraguato	Santa Cruz
El Quelite	Acatitan
Urique	Ixpalino
Cazamate	Piactla
--	El Mahone
--	Huites
--	Palo Dulce
--	Chinipas
--	San Ignacio
--	Jaina
--	Toahayana

**Tabla 3.69 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA REGIÓN DE INFLUENCIA**

#### **3.6.4 TÉCNICA DE TRAZOS MULTIDIMENSIONALES**

En esta técnica se usara la ecuación (2.7) vista en la sección 2.4. Para aplicar dicha ecuación se hará uso de las características fisiográficas de las cuencas vistas en la sección 3.4.

A continuación se presenta el grafico t vs f(t) para conocer las regiones homogéneas formadas por esta técnica.

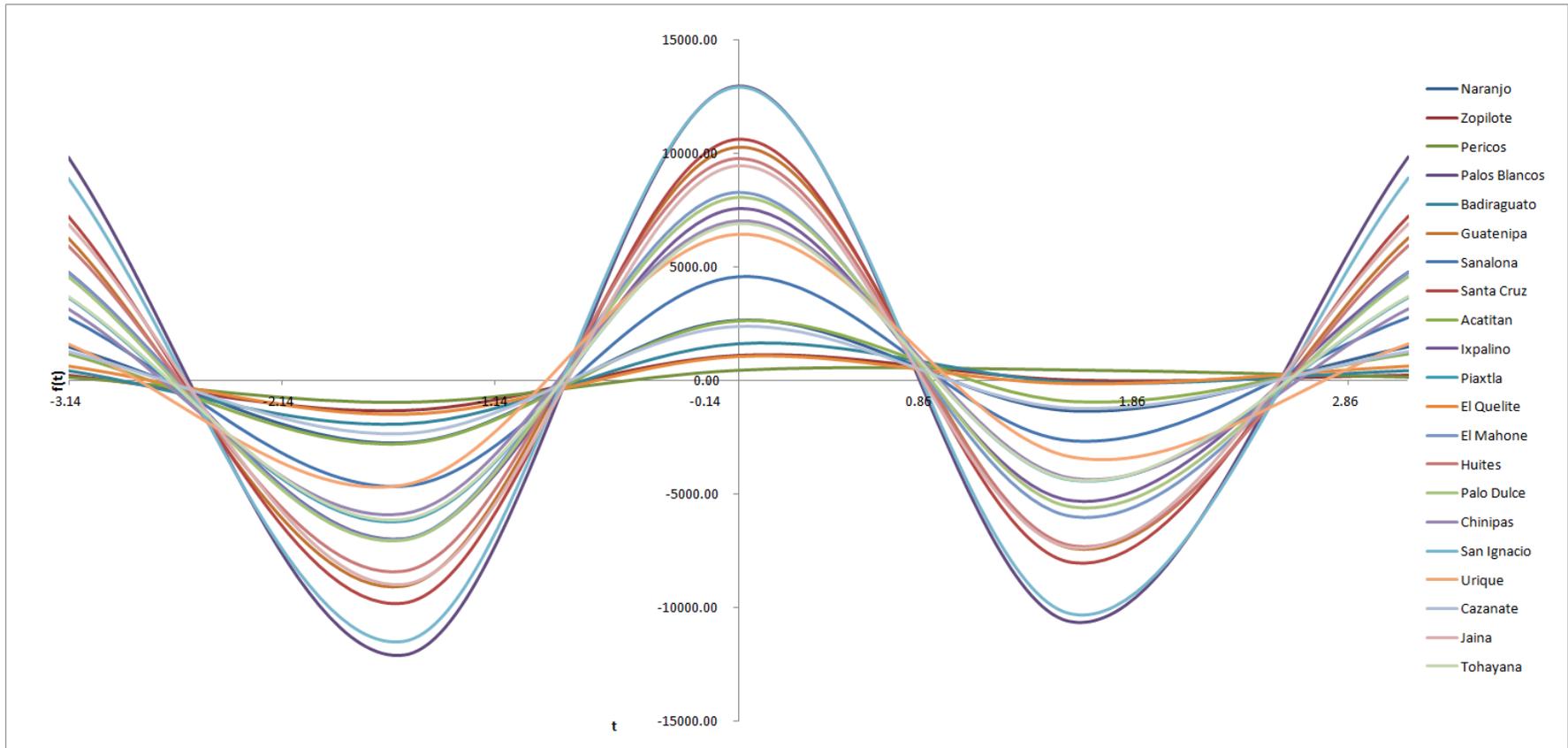


FIGURA 3.8 TRAZOS MULTIDIMENSIONALES

Como podemos observar en esta técnica se visualizan dos regiones homogéneas. Dichas regiones se muestran a continuación en la tabla 3.70 En el anexo B se muestra la figura B.4 de la región homogénea mediante esta técnica.

REGIONES HOMOGÉNEAS	
A	B
Sanalona	San Ignacio
Acatitan	Palos Blancos
Cazamate	Santa Cruz
Naranjo	Guatenipa
Badiraguato	Huites
El Quelite	Jaina
Zopilote	El Mahone
Pericos	Palo Dulce
--	Ixpalino
--	Toahayana
--	Urique
--	Piactla
--	Chinipas

**Tabla 3.70 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA TRAZOS MULTIDIMENSIONALES**

### 3.7 ANÁLISIS DE REGIONES HOMOGÉNEAS

Después de llevar a cabo un análisis de las cuatro técnicas regionales vistas anteriormente se puede intuir que de primera instancia se forman 2 regiones homogéneas. A continuación se muestran las regiones homogéneas formadas con las 21 estaciones:

REGIONES HOMOGÉNEAS	
A	B
Naranjo	El Mahone
Zopilote	Huites
Pericos	Palo Dulce
Palos Blancos	Chinipas
Badiraguato	San Ignacio
Sanalona	Urique
Santa Cruz	Jaina
El Quelite	Toahayana
Cazamate	Guatenipa
--	Acatitan
--	Ixpalino
--	Piactla

**TABLA 3.71 REGIONES HOMOGÉNEAS PARA 21 ESTACIONES**

Como se menciono anteriormente se llevo a cabo la delimitación de las regiones homogéneas con 21 estaciones, con un periodo común de 19 años. Sin embargo se están estudiando 42 estaciones, por lo que el resto de las estaciones que no se incluyeron en el análisis serán incluidas una vez llevado a cabo la regionalización. Por lo que al agregar las demás estaciones las regiones homogéneas son las observadas en la siguiente tabla:

REGIONES HOMOGÉNEAS	
A	B
Naranjo	El Mahone
Zopilote	Huites
Pericos	Palo Dulce
Palos Blancos	Chinipas
Badiraguato	San Ignacio
Sanalona	Urique
Santa Cruz	Jaina
El Quelite	Toahayana
Cazanate	Guatenipa
Las Cañas	Acatitan
Álamos	Ixpalino
La Tina	Piactla
San Blas	Bamicori
San Francisco	Choix
San Miguel Zapotitlán	Guerachic
Guamúchil	Tecusiapa
El Varejonal	La Veranera
Puente Cañedo	La Huerta
Tierra Blanca	Los Molinos
Pte. Sud-pacífico	Picacho
--	Tamazula
--	El Bledal

**TABLA 3.72 REGIONES HOMOGÉNEAS CON 42 ESTACIONES**

En el anexo B se muestran las figuras B.5 y B.6 de las regiones homogéneas definitivas con las 21 estaciones y las 42 respectivamente.

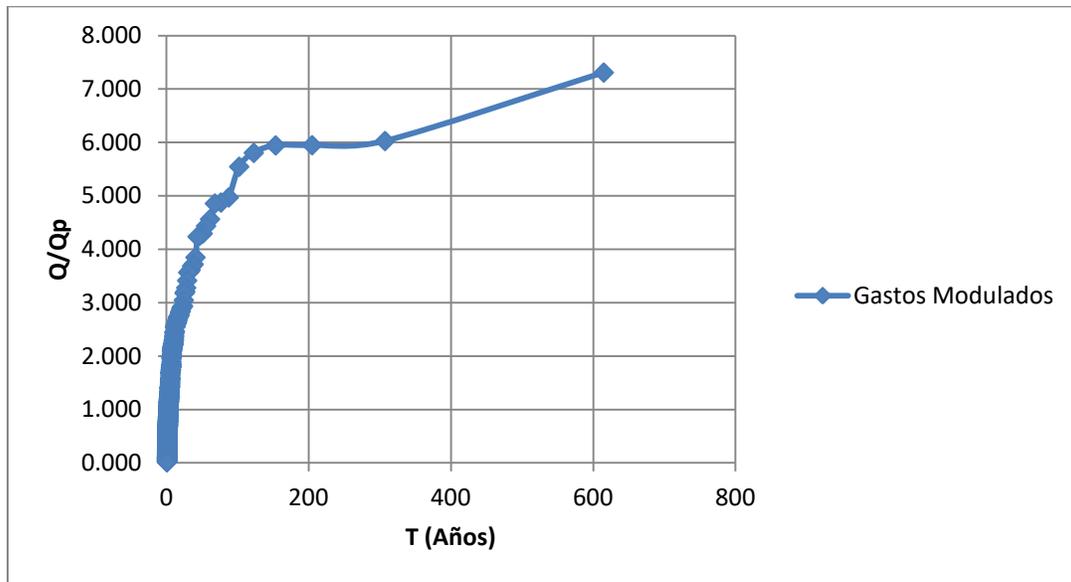
### **3.8 TÉCNICAS REGIONALES ESTACIONES-AÑO**

Como se explico en la sección 2.5.1 esta técnica no requiere que las muestras analizadas tengan la misma longitud de registro (Cunnane, 1988) por lo que no será necesario obtener un periodo común. Se llevara a cabo la técnica de estaciones-año para las dos regiones homogéneas encontradas anteriormente.

#### **3.8.1 ESTACIONES AÑO APLICADO A REGIÓN HOMOGÉNEA "A"**

En la región homogénea A se encuentran 20 estaciones (Naranjo, Zopilote, Pericos, Palos Blancos, Badiraguato, Sanalona, Santa Cruz, El Quelite, Cazanate, Las Cañas, Álamos, La Tina, San Blas, San Francisco, San Miguel Zapotitlán, Guamúchil, El Varejonal, Puente Cañedo, Tierra Blanca y Pte-Sudpacífico). Por lo que serie de tiempo contara con una muestra de 614 datos.

El primer paso es modular la serie de tiempo, es decir dividir el valor original entre la media de cada estación, después se forma el registro de 614 datos ordenándolos de mayor a menor, posteriormente se asigna un periodo de retorno empírico. A continuación se grafica  $T$  vs  $Q/\bar{Q}$  para ver la tendencia que siguen los valores:



**FIGURA 3.9 TENDENCIA DE LOS DATOS MODULADOS VS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**

El siguiente paso es obtener los estadísticos de la serie que a continuación se muestran:

ESTADÍSTICOS	
$\bar{x}$ [ $m^3/s$ ]	1.000
$S$ [ $m^3/s$ ]	0.998
$S^2$ [ $(m^3/s)^2$ ]	0.996
$g$ [1]	2.413
$K$ [1]	10.844

**TABLA 3.73 ESTADÍSTICOS DE LA REGIÓN HOMOGÉNEA A**

Posteriormente se lleva a cabo un análisis de frecuencia puntual con las distribuciones descritas anteriormente y se elige la distribución con el menor EEA (Error Estándar de Ajuste). Dicho EEA se muestra a continuación en la tabla 3.74:

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	0.4057		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	NA X neg	NA X neg	0.1957
Gama 3p	0.0875		NA X neg
Log P T3	2.0115		0.4113
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		NA X neg

**TABLA 3.74 EEA DE LA REGIÓN HOMOGÉNEA A**

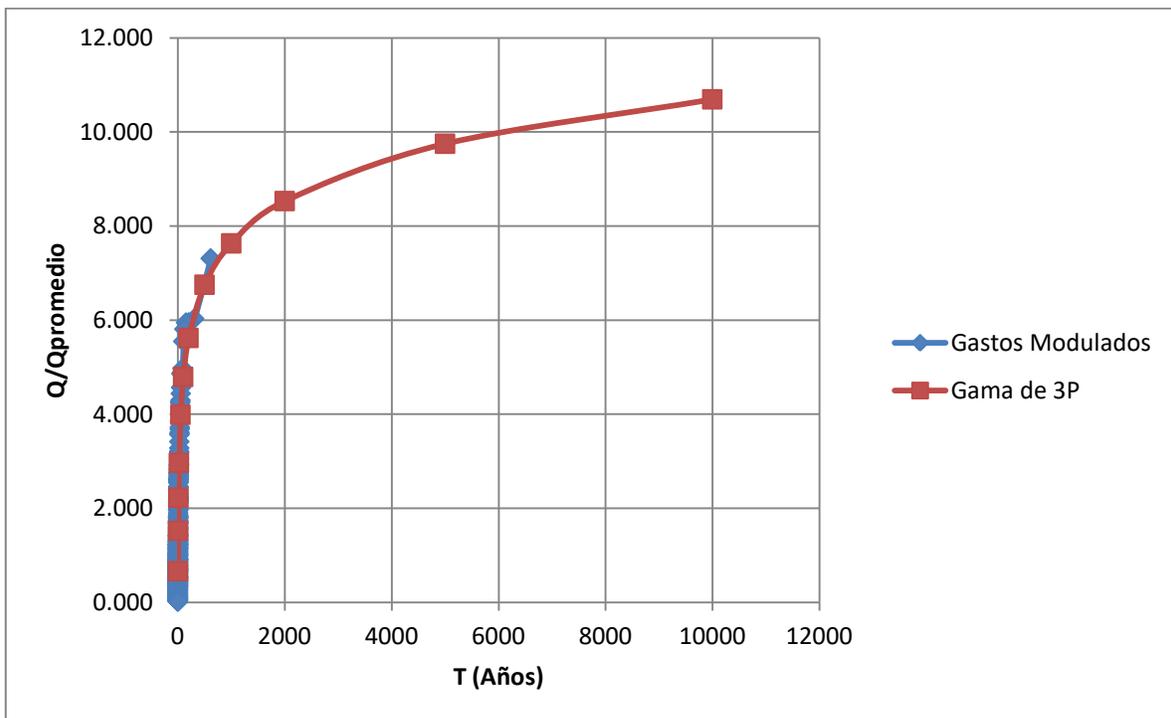
*NA X neg= No aplica la distribución ya que el gasto estimado es negativo.*

Como se puede observar en la tabla 3.74 la distribución que menor EEA tiene es la distribución Gama de 3 parámetros, cuyos parámetros fueron calculados por momentos. Por lo que será esta distribución la que se usara para estimar gastos de diseño para diferentes periodos de retorno T que van de los 2 años hasta los 10000 años. Dichos gastos estimados se muestran a continuación:

T (Años)	$(Q/\hat{Q})_T$
2	0.66
5	1.52
10	2.23
20	2.96
50	3.99
100	4.79
200	5.62
500	6.75
1000	7.63
2000	8.53
5000	9.75
10000	10.69

**TABLA 3.75 GASTOS REGIONALES PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**

Posteriormente se grafican los valores de la tabla 3.75 en la figura 3.10 para comparar los valores medidos con los valores estimados por la distribución Gama de 3 Parámetros.



**FIGURA 3.10 GASTOS MODULADOS VS GASTOS REGIONALES ESTIMADOS**

$(Q/\hat{Q})_T$  Representa el gasto regional modular para diferentes periodos de retorno, por lo que para obtener los eventos de diseño en un sitio no aforado basta con multiplicar el gasto medio de dicho sitio. A continuación se obtendrán los eventos de diseño regionales para las estaciones de la

región homogénea y se hará una comparación entre lo obtenido de manera puntual y de manera regional.

Estación	Naranja		Zopilote		Guamuchil		Pericos	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	622		363		582		251	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	410	419	240	298	384	337	166	410
5	946	1002	552	551	884	836	382	946
10	1384	1453	808	727	1294	1295	559	1384
20	1844	1914	1077	898	1724	1803	745	1844
50	2480	2539	1448	1121	2320	2534	1002	2480
100	2980	3024	1741	1288	2788	3125	1204	2980
200	3496	3518	2042	1455	3270	3745	1412	3496
500	4199	4185	2452	1675	3927	4606	1696	4199
1000	4746	4700	2772	1843	4439	5285	1917	4746
2000	5305	5224	3099	2011	4962	5988	2143	5305
5000	6063	5929	3541	2234	5671	6949	2449	6063
10000	6650	6472	3884	2404	6220	7700	2686	6650

**TABLA 3.76 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL**

Estación	Tierra Blanca		Pte. Sud-pacífico		Palos Blancos		El Varejonal	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	1544		2192		1415		386	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	1019	1479	1447	1722	934	861	254	254
5	2347	1979	3333	3392	2152	2303	586	603
10	3435	2281	4878	4587	3149	3468	858	882
20	4577	2552	6498	5762	4196	4684	1143	1173
50	6156	2882	8740	7307	5643	6359	1537	1572
100	7398	3117	10504	8477	6782	7673	1847	1884
200	8677	3343	12321	9651	7955	9022	2167	2204
500	10423	3631	14799	11213	9555	10859	2603	2639
1000	11781	3842	16727	12404	10800	12286	2942	2977
2000	13170	4050	18699	13603	12073	13744	3288	3322
5000	15051	4318	21371	15202	13798	15716	3758	3787
10000	16507	4518	23438	16423	15132	17241	4122	4147

**TABLA 3.77 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL**

Estación	Badiraguato		Puente Cañedo		Sanalona		Santa Cruz	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	924		1116		447		1262	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	610	574	737	820	295	253	833	798
5	1405	1502	1697	1766	680	652	1919	1781
10	2057	2246	2483	2468	995	1018	2808	2665
20	2740	3019	3308	3171	1326	1421	3740	3632
50	3685	4081	4450	4110	1784	2001	5031	5012
100	4429	4912	5348	4828	2143	2470	6046	6123
200	5195	5764	6273	5554	2514	2961	7092	7284
500	6240	6923	7534	6528	3020	3643	8518	8890
1000	7053	7822	8516	7275	3413	4180	9628	10155
2000	7884	8739	9520	8031	3816	4736	10764	11459
5000	9011	9980	10880	9043	4361	5496	12301	13241
10000	9882	10938	11932	9819	4783	6090	13491	14630

Tabla 3.78 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL

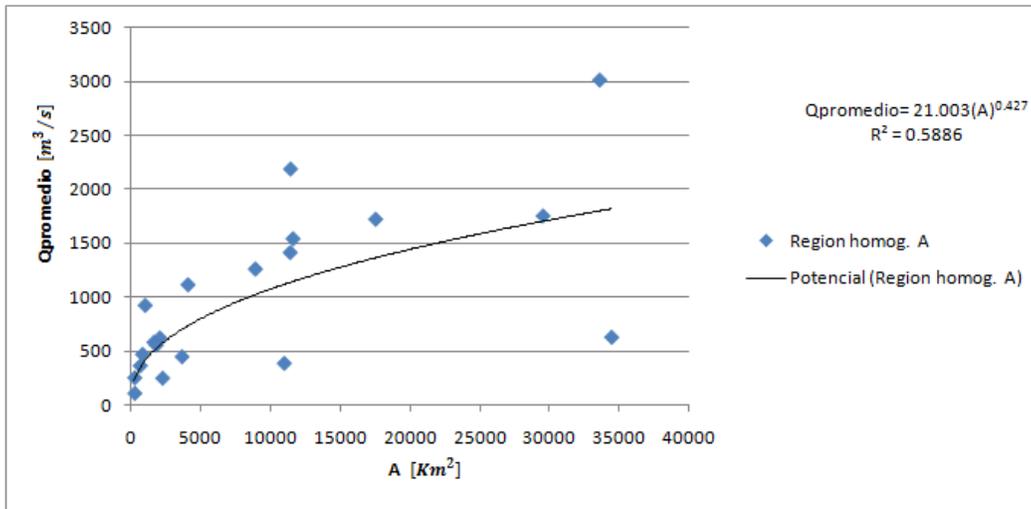
Estación	El Quelite		San Miguel Zapotitlan		San Blas		La Tina	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	468		628		3018		106	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	309	318	414	423	1992	2437	70	57
5	712	681	955	1011	4589	4613	162	168
10	1042	1013	1397	1466	6715	6144	237	294
20	1388	1406	1861	1931	8947	7638	315	467
50	1868	2034	2503	2561	12034	9587	424	788
100	2244	2601	3009	3049	14462	11055	510	1116
200	2633	3258	3529	3546	16963	12524	598	1534
500	3162	4281	4239	4219	20374	14470	718	2257
1000	3574	5183	4791	4737	23029	15950	812	2958
2000	3995	6210	5356	5265	25745	17437	908	3820
5000	4566	7779	6121	5975	29423	19415	1037	5253
10000	5008	9142	6713	6522	32269	20921	1138	6600

Tabla 3.79 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL

Estación	Las Cañas		San Francisco		Alamos		Cazante	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	1756		1725		248		555	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	1159	979	1138	1313	163	199	366	294
5	2669	2862	2622	2623	376	379	844	904
10	3906	4437	3837	3597	551	506	1235	1425
20	5204	6104	5113	4574	734	629	1645	1980
50	7000	8428	6877	5878	987	791	2213	2760
100	8412	10265	8264	6877	1186	912	2659	3379
200	9867	12164	9694	7888	1391	1034	3119	4022
500	11851	14763	11643	9243	1671	1195	3747	4903
1000	13396	16791	13160	10283	1889	1318	4235	5593
2000	14975	18869	14712	11335	2112	1442	4734	6301
5000	17114	21690	16813	12746	2413	1606	5411	7263
10000	18770	23876	18440	13827	2647	1731	5934	8010

Tabla 3.80 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL

En muchas ocasiones se encuentran lugares no aforados y se desea llevar a cabo una obra hidráulica por lo que será necesario obtener un gasto de diseño. Mediante esta técnica podemos llevar a cabo una relación entre las áreas y los gastos promedios de las cuencas aforadas en donde en función del área de estudio se obtendrá un gasto promedio y al multiplicarlo por  $(Q/\bar{Q})_T$  se obtendrá el gasto de diseño regional para distintos periodos de retorno. Dicha relación se muestra en la figura 3.11 con la ecuación que mejor describe el comportamiento de los datos

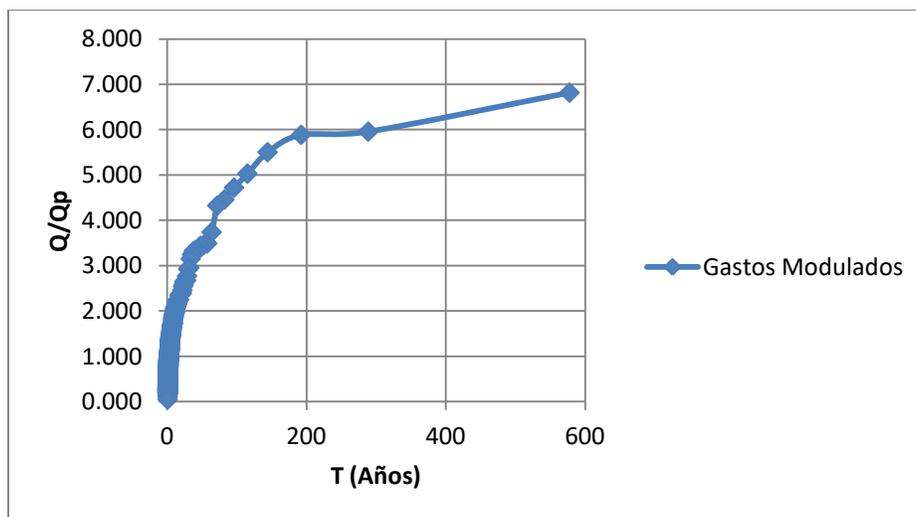


**FIGURA 3.10 ECUACIÓN REGIONAL PARA SITIOS NO AFORADOS**

### 3.8.2 ESTACIONES AÑO APLICADO A REGIÓN HOMOGÉNEA "B"

En la región homogénea B se encuentran 22 estaciones (El Mahone, Huites, Palo Dulce, Chinipas, San Ignacio, Urique, Jaina, Tohayana, Guatenipa, Acatitan, Ixpalino, Piaxtla, Bamicori, Choix, Guerachic, Tecusiapa, La Veranera, La Huerta, Los Molinos, Picacho, Tamazula y El Bledal). Por lo que serie de tiempo contara con una muestra de 577 datos.

El primer paso es modular la serie de tiempo, es decir dividir el valor original entre la media de cada estación, después se forma el registro de 577 datos ordenándolos de mayor a menor, posteriormente se asigna un periodo de retorno empírico. A continuación se grafica T vs  $Q/\bar{Q}$  para ver la tendencia que siguen los valores:



**FIGURA 3.11 TENDENCIA DE LOS DATOS MODULADOS VS DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**

El siguiente paso es obtener los estadísticos de la serie que a continuación se muestran:

ESTADÍSTICOS	
$\bar{x}$ [ $m^3/s$ ]	1.001
$S$ [ $m^3/s$ ]	0.818
$S^2$ [ $(m^3/s)^2$ ]	0.670
$g$ [1]	2.874
$K$ [1]	15.378

**TABLA 3.81 ESTADÍSTICOS DE LA REGIÓN HOMOGÉNEA B**

Posteriormente se lleva a cabo un análisis de frecuencia puntual con las distribuciones descritas anteriormente y se elige la distribución con el menor EEA (Error Estándar de Ajuste). Dicho EEA se muestra a continuación en la tabla 3.82

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	0.1139		
Log N 3p	0.1012		0.1262
Gama 2p	0.1893	0.2300	0.2560
Gama 3 p	0.1194		NA X neg
Log P T3	0.1107		0.1114
Gumbel	0.2529		0.3196
GVE	0.1203		0.1526

**TABLA 3.82 EEA DE LA REGIÓN HOMOGÉNEA B**

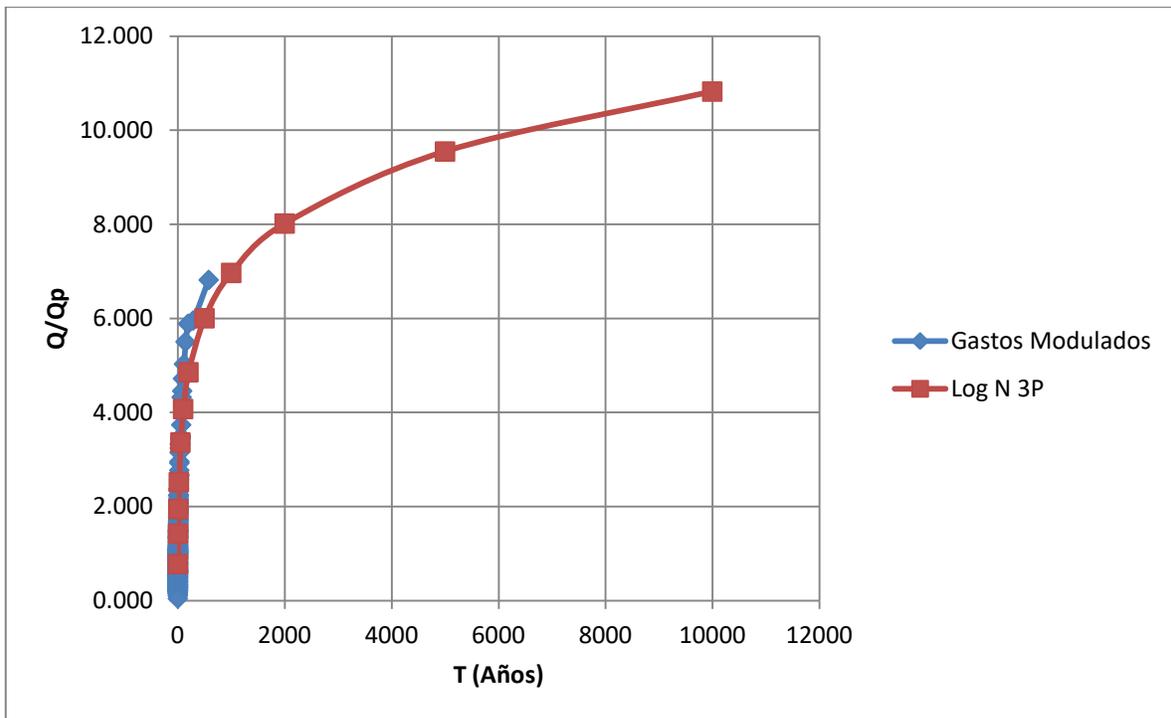
*NA X neg= No aplica la distribución ya que el gasto estimado es negativo.*

Como se puede observar en la tabla 3.82 la distribución que menor EEA tiene es la distribución Log Normal de 3P, cuyos parámetros fueron calculados por momentos. Por lo que será esta distribución la que se usara para estimar gastos de diseño para diferentes periodos de retorno T que van de los 2 años hasta los 10000 años. Dichos gastos estimados se muestran a continuación:

T (Años)	$(q/\hat{q})_T$
2	0.778
5	1.425
10	1.949
20	2.521
50	3.364
100	4.076
200	4.857
500	6.006
1000	6.968
2000	8.019
5000	9.550
10000	10.824

**TABLA 3.83 GASTOS REGIONALES PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO**

Posteriormente se grafican los valores de la tabla 3.83 en la figura 3.13 para comparar los valores medidos con los valores estimados por la distribución Log Normal de 3P.



**FIGURA 3.12 GASTOS MODULADOS VS GASTOS REGIONALES ESTIMADOS**

$(Q/\bar{Q})_T$  Representa el gasto regional modular para diferentes periodos de retorno, por lo que para obtener los eventos de diseño en un sitio aforado basta con multiplicar el gasto medio de dicho sitio. A continuación se obtendrán los eventos de diseño regionales para las estaciones de la región homogénea y se hará una comparación entre lo obtenido de manera puntual y de manera regional.

Estación	Guatenipa		La Huerta		Picacho		Tamazula	
	$\bar{Q}$ [m <sup>3</sup> /s]		$\bar{Q}$ [m <sup>3</sup> /s]		$\bar{Q}$ [m <sup>3</sup> /s]		$\bar{Q}$ [m <sup>3</sup> /s]	
	1889		934		1128		582	
T (años)	Regional [m <sup>3</sup> /s]	Puntual [m <sup>3</sup> /s]	Regional [m <sup>3</sup> /s]	Puntual [m <sup>3</sup> /s]	Regional [m <sup>3</sup> /s]	Puntual [m <sup>3</sup> /s]	Regional [m <sup>3</sup> /s]	Puntual [m <sup>3</sup> /s]
2	1469	1517	727	900	878	1128	453	512
5	2691	2894	1331	1415	1608	1509	830	755
10	3681	3866	1821	1701	2199	1708	1135	944
20	4761	4816	2355	1940	2845	1873	1468	1146
50	6354	6057	3143	2205	3796	2058	1958	1443
100	7699	6993	3808	2376	4599	2181	2373	1694
200	9174	7929	4538	2525	5481	2294	2828	1972
500	11343	9172	5611	2694	6777	2431	3496	2386
1000	13162	10117	6510	2804	7863	2527	4057	2739
2000	15145	11067	7491	2900	9048	2618	4668	3131
5000	18037	12331	8922	3010	10776	2731	5559	3715
10000	20444	13295	10112	3081	12214	2811	6301	4213

**TABLA 3.84 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL**

Estación	El Bledal		Acatitan		Ixpalino		Piactla	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	286		1032		1313		1272	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	223	183	803	720	1022	882	990	743
5	408	409	1470	1444	1871	1849	1813	2073
10	558	608	2011	2063	2559	2691	2479	3166
20	722	824	2601	2724	3310	3598	3207	4314
50	963	1130	3471	3652	4417	4881	4279	5905
100	1167	1375	4205	4390	5352	5905	5185	7158
200	1391	1631	5011	5155	6378	6970	6178	8449
500	1719	1983	6195	6206	7886	8437	7639	10211
1000	1995	2260	7189	7028	9150	9588	8864	11582
2000	2296	2545	8272	7873	10529	10771	10200	12986
5000	2734	2934	9851	9021	12540	12383	12147	14887
10000	3099	3237	11166	9912	14213	13637	13768	16359

**TABLA 3.85 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL**

Estación	Bamicrori		El Mahone		Choix		Huites	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	195		196		393		2315	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	151	155	153	192	306	273	1801	1816
5	277	299	280	217	560	557	3299	3388
10	379	402	382	234	766	797	4512	4561
20	490	503	494	249	991	1053	5836	5738
50	655	635	660	270	1322	1411	7788	7312
100	793	734	800	285	1602	1695	9435	8518
200	945	834	953	301	1909	1989	11244	9740
500	1168	967	1178	321	2360	2393	13902	11379
1000	1356	1067	1367	336	2738	2708	16131	12637
2000	1560	1169	1573	351	3151	3032	18562	13911
5000	1858	1304	1873	372	3752	3471	22107	15619
10000	2106	1407	2123	387	4253	3813	25057	16929

**TABLA 3.86 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL**

Estación	Palo Dulce		Chinipas		San Ignacio		La Veranera	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	812		1061		1432		413	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	632	668	825	965	1114	1303	322	306
5	1157	1127	1512	1480	2041	1925	589	598
10	1582	1496	2068	1810	2791	2361	806	858
20	2046	1899	2675	2117	3610	2794	1042	1165
50	2731	2495	3569	2502	4818	3377	1391	1654
100	3309	3001	4325	2783	5837	3832	1685	2099
200	3943	3562	5153	3057	6956	4301	2008	2617
500	4875	4396	6372	3414	8600	4948	2483	3432
1000	5657	5104	7394	3680	9979	5459	2881	4161
2000	6509	5885	8508	3943	11483	5990	3315	5001
5000	7753	7040	10132	4288	13675	6724	3948	6305
10000	8787	8015	11484	4548	15500	7306	4475	7458

**TABLA 3.87 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL**

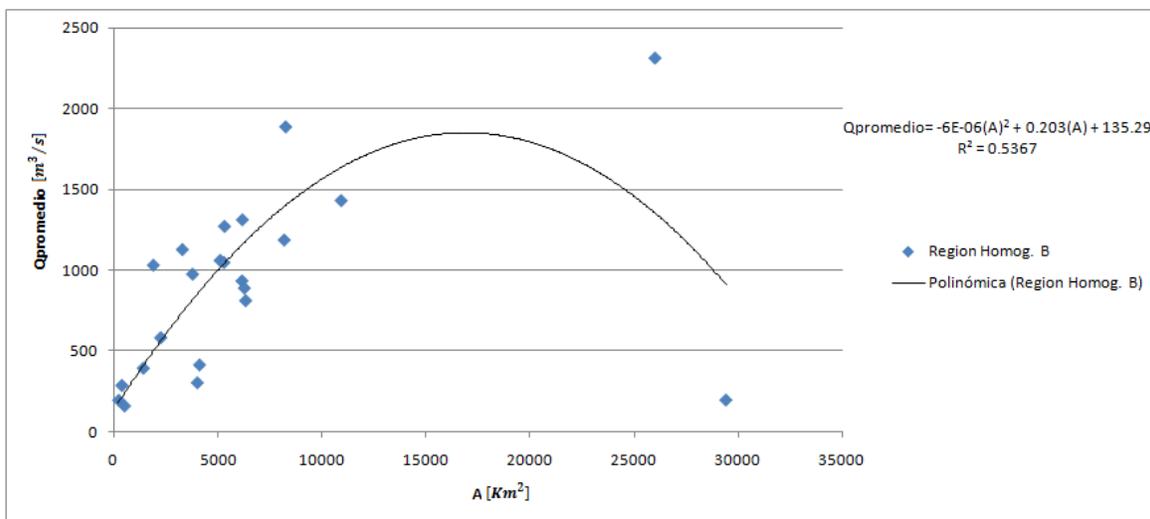
Estación	Urique		Guerachic		Jaina		Toahayana	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	303		890		1187		1049	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	236	268	692	488	924	716	816	913
5	432	424	1268	1450	1692	1633	1494	1527
10	591	540	1734	2260	2314	2501	2044	1936
20	764	659	2242	3120	2993	3473	2644	2325
50	1020	824	2993	4322	3995	4883	3528	2820
100	1235	957	3626	5273	4840	6030	4274	3187
200	1472	1096	4321	6258	5767	7240	5094	3549
500	1820	1294	5342	7607	7131	8924	6298	4023
1000	2112	1453	6199	8660	8274	10257	7308	4380
2000	2430	1621	7133	9740	9521	11638	8409	4736
5000	2895	1858	8495	11207	11339	13533	10015	5205
10000	3281	2049	9628	12344	12852	15015	11351	5560

TABLA 3.88 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL

Estación	Tecusiapa		Los Molinos	
$\bar{Q}$ [ $m^3/s$ ]	976		159	
T (años)	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]	Regional [ $m^3/s$ ]	Puntual [ $m^3/s$ ]
2	759	777	124	159
5	1390	1502	227	223
10	1902	2016	310	255
20	2460	2521	401	280
50	3283	3182	535	306
100	3977	3681	649	321
200	4739	4181	773	333
500	5860	4845	956	346
1000	6800	5351	1109	354
2000	7824	5860	1276	360
5000	9318	6538	1520	366
10000	10562	7055	1723	370

TABLA 3.89 GASTOS ESTIMADOS REGIONALMENTE VS GASTOS DE MANERA PUNTUAL

En muchas ocasiones se encuentran lugares no aforados y se desea llevar a cabo una obra hidráulica por lo que será necesario obtener un gasto de diseño. Mediante esta técnica podemos llevar a cabo una relación entre las áreas y los gastos promedios de las cuencas aforadas en donde en función del área de estudio se obtendrá un gasto promedio y al multiplicarlo por  $(Q/\bar{Q})_T$  se obtendrá el gasto de diseño regional para distintos periodos de retorno. Dicha relación se muestra en la figura 3.14 con la ecuación que mejor describa el comportamiento de los datos



**FIGURA 3.13 ECUACIÓN REGIONAL PARA SITIOS NO AFORADOS**

## 4 CONCLUSIONES

En México se presentan año con año eventos hidrometeorológicos que causan grandes pérdidas económicas y humanas que afectan el desarrollo del país. Es por ello que es de vital importancia la implementación de medidas estructurales y no estructurales, así como la revisión de las obras hidráulicas existentes para mitigar los efectos que producen los eventos hidrometeorológicos.

Para poder implementar las medidas estructurales y llevar a cabo la revisión de obras hidráulicas existentes se necesita conocer un gasto de diseño asociado a diferentes periodos de retorno, sin embargo este gasto asociado siempre presenta incertidumbres al momento de ser estimado. Dicha incertidumbre depende de la calidad de los datos (series de tiempo) con la que se trabaje y del tamaño de dicha muestra.

En muchas zonas de estudio la falta de mediciones hidrométricas o la corta o nula información incrementan la incertidumbre en la estimación de gastos para distintos periodos de retorno.

Es por ello que una manera de disminuir la incertidumbre es estimar los gastos de diseño mediante un análisis regional, esto no quiere decir que la incertidumbre desaparecerá sin embargo se reduciría al mínimo y de esta manera no subestimar o sobreestimar gastos de diseño.

En el presente trabajo se analizó el estado de Sinaloa y se llevó a cabo una comparación entre los gastos de diseño estimados de manera puntual mediante distintas distribuciones de probabilidad utilizando la que menor EEA arrojará y los gastos de diseño estimados de manera regional mediante la técnica regional estaciones-año.

Para obtener la delimitación de regiones homogéneas se utilizaron 4 técnicas, dando como resultado 2 regiones homogéneas.

Al llevar a cabo la comparación de los gastos de manera puntual contra los gastos estimados de manera regional se presentaron gastos estimados similares en algunas estaciones, mientras que en otras estaciones se presentaron gastos muy distintos mediante las dos técnicas, esto se debe a que dichas estaciones poseen datos hidrométricos muy cortos, que van desde los 7 años de registro y el análisis de frecuencia puntual presenta muchas incertidumbres al ser tan corto el periodo de tiempo, es por ello que los valores arrojados de manera regional presentan menos incertidumbre y pueden ser más fiables y representan un gasto de diseño más acercado a la realidad.

Por otro lado existen muchas zonas en Sinaloa que no se encuentran aforadas y si se desea llevar a cabo una obra hidráulica resultaría con mucha incertidumbre la estimación del gasto de diseño, es por ello que la técnica regional estaciones año puede disminuir la incertidumbre mediante una relación entre las áreas de las cuencas y los gastos promedios de las estaciones aforadas. Se obtuvo una ecuación por cada región homogénea que en función del área de estudio se puede obtener un gasto promedio y eso multiplicado por el gasto regional obtenido se puede estimar un gasto de diseño para diferentes periodos de retorno.

El llevar a cabo un análisis regional nos dará como resultado disminuir la incertidumbre en la estimación de gastos para diferentes periodos de retorno, pudiendo ser en ocasiones que el costo disminuya en caso de estar sobreestimado el gasto o en otras ocasiones el costo aumente debido a que el gasto este subestimado, siempre teniendo un común denominador, la seguridad de la obra hidráulica ya sea para llevar a cabo la construcción o revisión de la misma. Así mismo es muy importante estar en constante revisión y supervisión de la obra hidráulica.

La regionalización hidráulica se debería llevar a cabo a las cuencas hidrológicas en México para tener un mejor conocimiento de hidrológico del país y poder estar preparados a los eventos hidrometeorológicos que se puedan presentar en el futuro.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

ESCALANTE SANDOVAL, C; REYES CHÁVEZ, L. (2005). "Técnicas Estadísticas en Hidrología" 2ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 298p. México.

APARICIO MIJARES, J. (2011). "Fundamentos de hidrología de superficie". Limusa.

CONAGUA. (2016). "*Estadísticas del Agua en México*". México D.F.: Comisión Nacional del Agua.

INSTITUTO NACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS (2011), "Atlas de riesgos naturales para el municipio de Mazatlán"

CENAPRED (2001) "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México"

CENAPRED (2010), "Peligros naturales y tecnológicos relevantes durante el periodo 1810-2010", cenapred

SEGOB (1994), "Prontuario de Contingencias en el Siglo XX Mexicano". Subsecretaría de Protección Civil y de Prevención y Readaptación Social. México, D.F.

CENAPRED (2007), Fascículo "Inundaciones".

CENAPRED (2010), Fascículo "Tormenta Severa", 1ª edición mayo

INEGI, (2016), ), "Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2016", INEGI, México D.F.

CONAGUA. (2009). *Inventario Nacional de Obras de Protección contra Inundaciones en Cauces Naturales*. México D.F.: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CENAPRED. (2014). *Diagnostico de Peligros e Identificacion de Riesgos de Desastres en México*. México D.F.: SEGOB.

FONDEN. (2016). *Proteccion Civil*. Recuperado el 24 de 06 de 2017, de [http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Recursos\\_Autorizados\\_por\\_Declaratoria\\_de\\_Desastre](http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Recursos_Autorizados_por_Declaratoria_de_Desastre)

INEGI. (2017). *INEGI*. Recuperado el 15 de 05 de 2017, de <http://sc.inegi.org.mx/cobdem/consulta-por-ageo.jsp?recargar=true>

CENAPRED. (2010). *Peligros Naturales y Tecnologicos Relevantes durante el periodo 1810-2010*. D.F.: SEGOB.

SEGOB. (2015). *Atlas Nacional de Riesgos*. Recuperado el 12 de 04 de 2017, de <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-estatales.html>

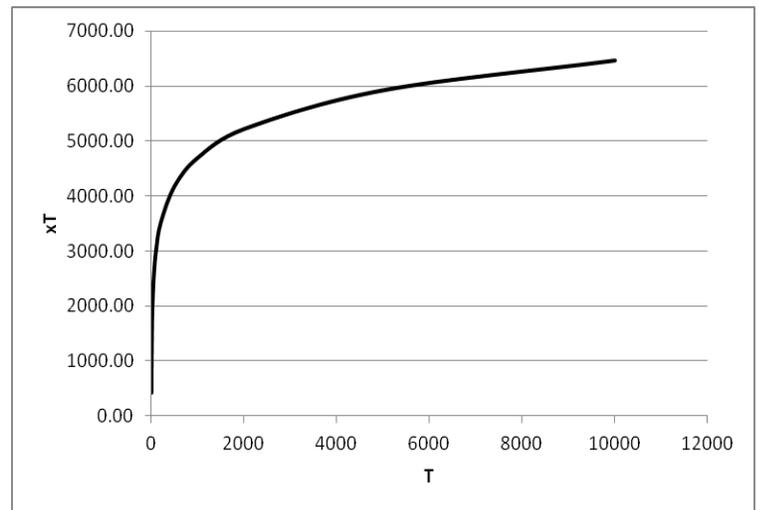
CUNNANE, C. (1988). "Methods and merits of regional flood frequency analysis". *Journal of Hydrology* 100(1-4): 269-290. Estados Unidos de América.

# **ANEXO A**

- ESTACIÓN NARANJOS

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	111.952		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	137.291	137.223	183.102
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	159.160		114.364
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		199.425

**TABLA A.1 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

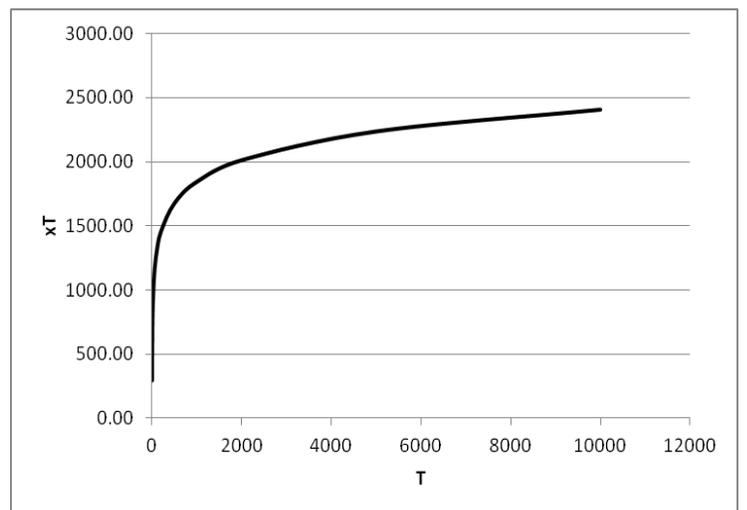


**GRAFICA A.1 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN ZOPILOTE

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	254.170		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	51.480	50.419	55.922
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	703.699		248.635
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		NA X neg

**TABLA A.2 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

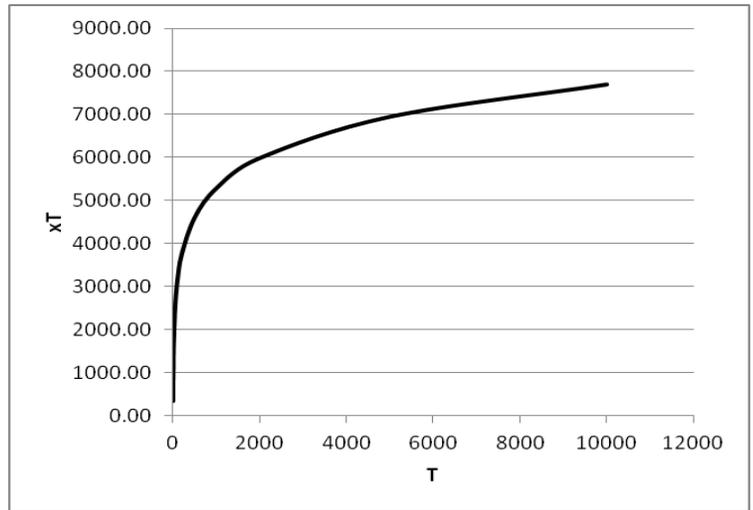


**GRAFICA A.2 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN GUAMÚCHIL

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	220.850		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	225.703	249.265	253.325
Gama 3 p	222.023		NA X neg
Log P T3	869.311		207.450
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		225.552

TABLA A.3 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL

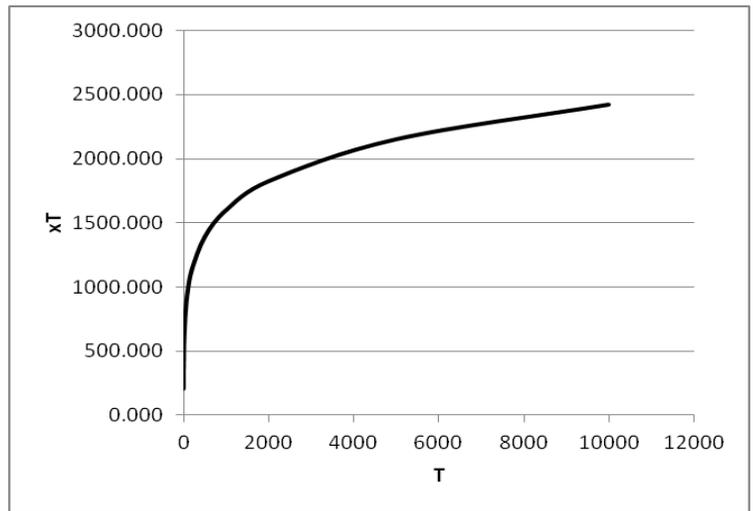


GRAFICA A.3 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )

- ESTACIÓN PERICOS

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	19.707		
Log N 3p	27.316		NA X neg
Gama 2p	24.334	22.026	26.306
Gama 3 p	25.852		NA X neg
Log P T3	41.304		20.256
Gumbel	26.461		NA X neg
GVE	27.150		499.723

TABLA A.4 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL

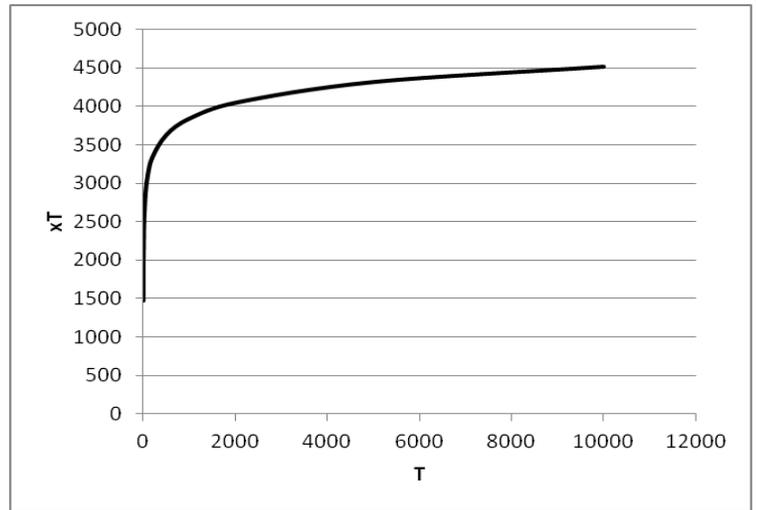


GRAFICA A.4 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )

- ESTACIÓN TIERRA BLANCA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	178.118	164.402	
Log N 2p	156.912		
Log N 3p	196.228		197.889
Gama 2p	179.258	160.411	193.279
Gama 3 p	195.511		226.120
Log P T3	211.773		205.729
Gumbel	197.693		174.743
GVE	191.745		224.606

TABLA A.5 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL

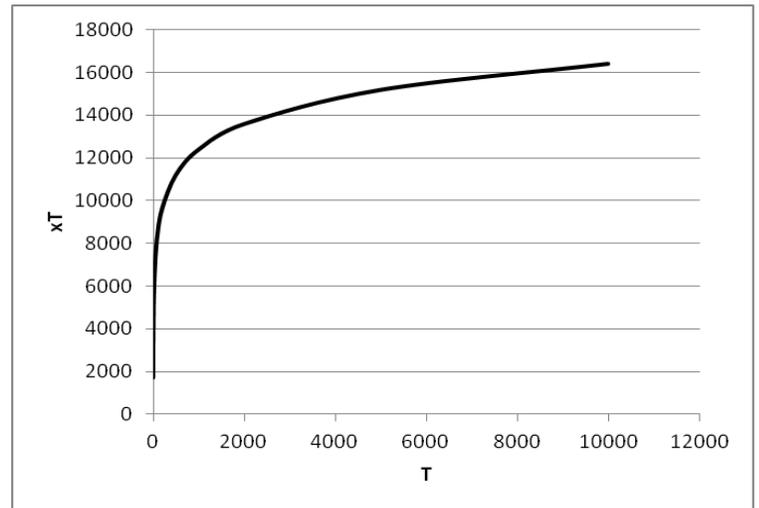


GRAFICA A.5 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )

- ESTACIÓN PTE SUD-PACIFICO

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	672.322		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	422.963	415.514	421.178
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	720.711		671.837
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		1647.408

TABLA A.6 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL

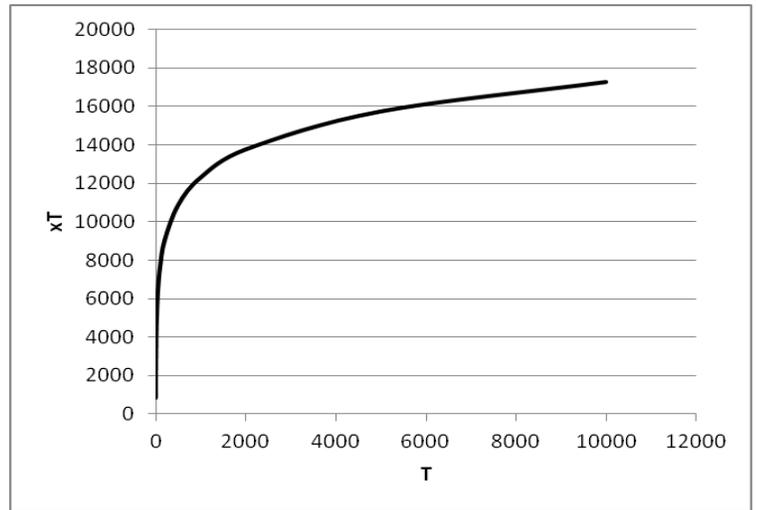


GRAFICA A.6 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )

- ESTACIÓN PALOS BLANCOS

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	972.002		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	324.259	299.424	309.572
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	1439.432		950.713
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		8301.486

TABLA A.7 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL

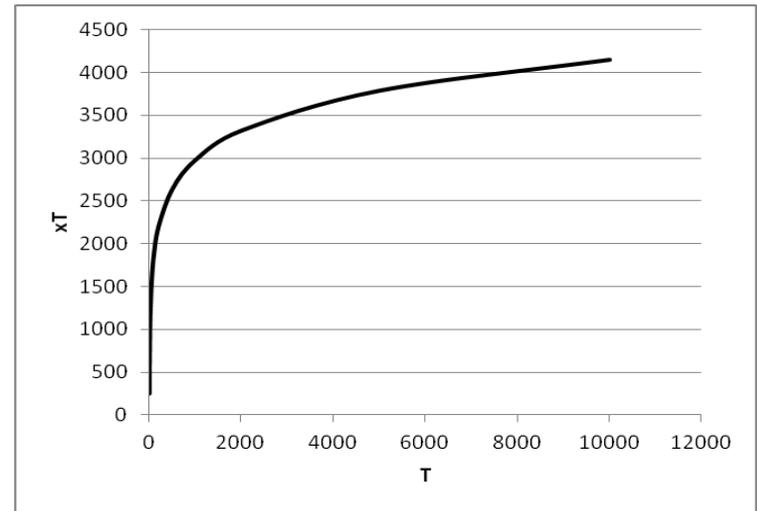


GRAFICA A.7 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )

- ESTACIÓN EL VAREJONAL

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	206.814		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	159.503	184.559	210.420
Gama 3 p	157.842		NA X neg
Log P T3	159.172		221.170
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		354.580

TABLA A.8 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL

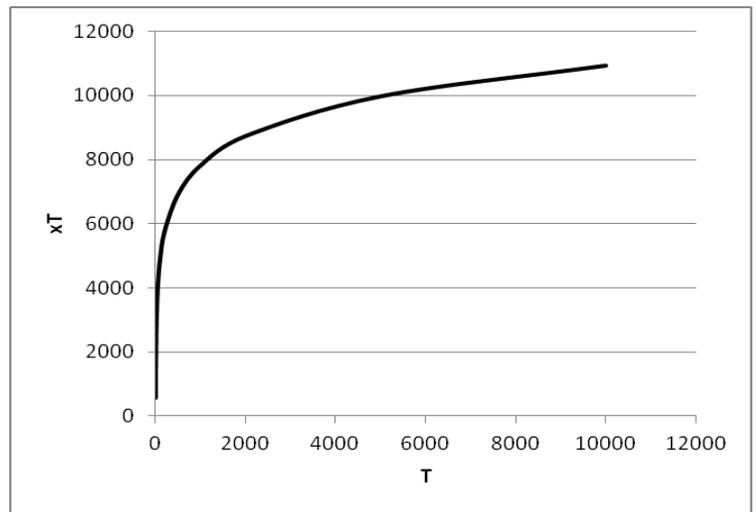


GRAFICA A.8 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )

- ESTACIÓN BADIRAGUATO

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	568.798		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	NA X neg	491.309	607.931
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	380.408		500.077
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		502.773

**TABLA A.9 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

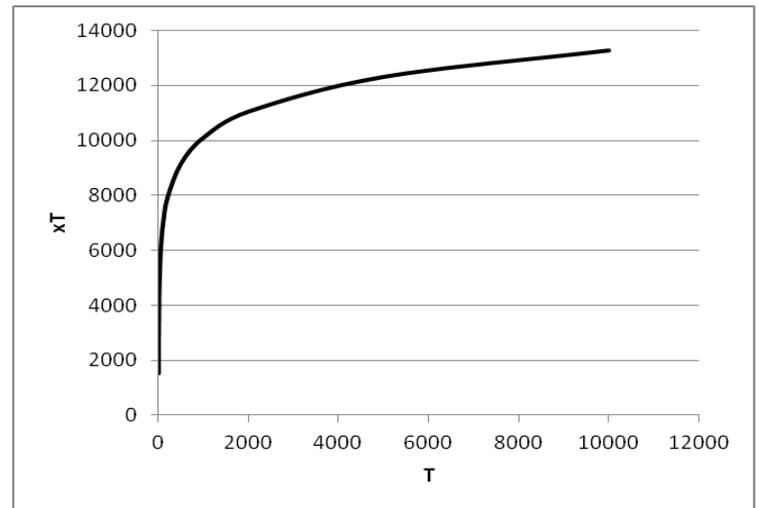


**GRAFICA A.9 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN GUATENIPA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	321.720		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	305.890	259.727	324.206
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	332.598		344.939
Gumbel	329.495		411.937
GVE	NA X neg		NA X neg

**TABLA A.10 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

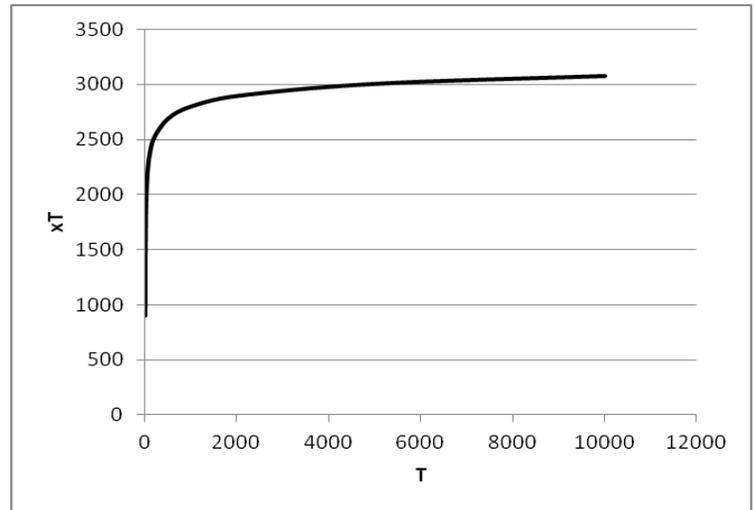


**GRAFICA A.10 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN LA HUERTA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	156.173	NA X neg	
Log N 2p	210.582		
Log N 3p	154.713		235.564
Gama 2p	166.406	157.785	159.880
Gama 3 p	154.274		167.520
Log P T3	291.808		211.866
Gumbel	166.365		161.481
GVE	149.018		164.941

**TABLA A.11 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

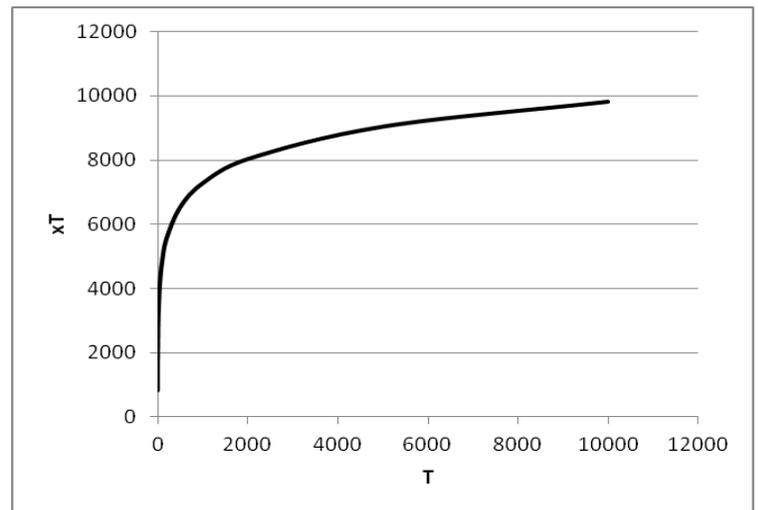


**GRAFICA A.11 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN PUENTE CAÑEDO

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	621.889		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	205.547	175.965	175.420
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	1271.162		586.063
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		212.324

**TABLA A.12 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

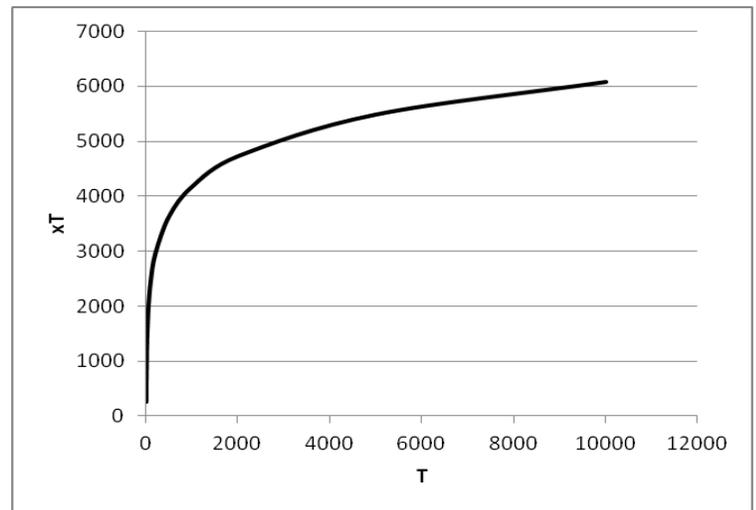


**GRAFICA A.12 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN SANALONA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	198.485		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	186.057	222.607	249.541
Gama 3 p	170.055		NA X neg
Log P T3	177.852		195.468
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		189.590

**TABLA A.13 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

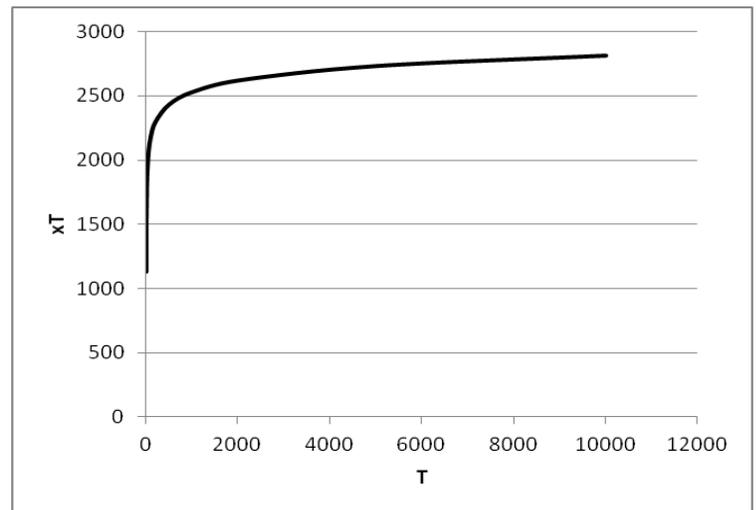


**GRAFICA A.13 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN PICACHO

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	113.223	91.789	
Log N 2p	113.121		
Log N 3p	126.652		126.768
Gama 2p	127.605	107.019	132.969
Gama 3 p	126.638		151.945
Log P T3	185.585		146.990
Gumbel	147.603		123.671
GVE	118.826		169.676

**TABLA A.14 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

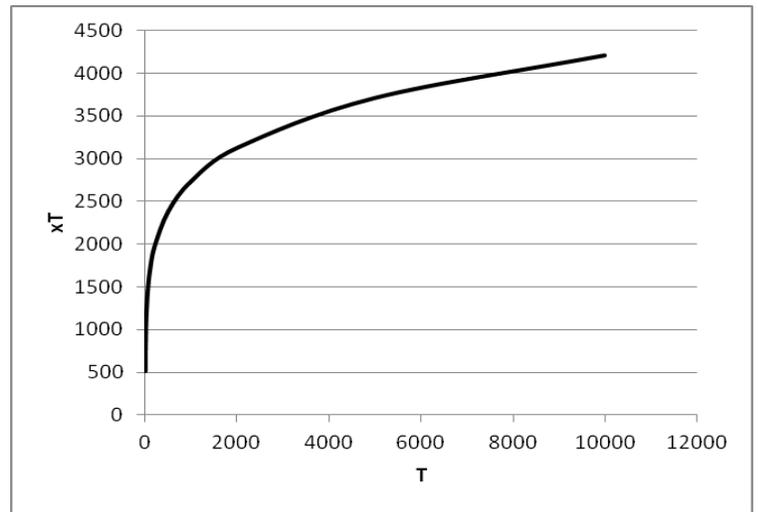


**GRAFICA A.14 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN TAMAZULA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	108.421	110.407	
Log N 2p	80.059		
Log N 3p	78.002		106.863
Gama 2p	79.675	83.112	91.724
Gama 3 p	74.919		111.443
Log P T3	70.520		86.122
Gumbel	78.270		96.800
GVE	79.028		76.830

**TABLA A.15 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

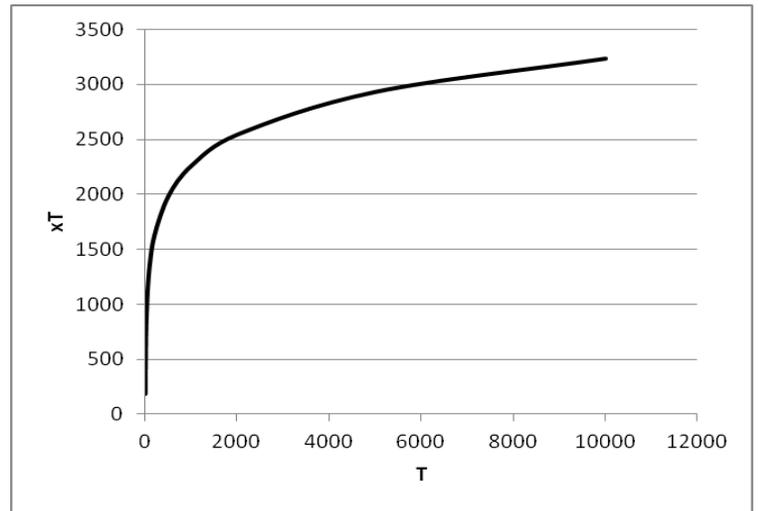


**GRAFICA A.15 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN EL BLEDAL

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	75.947		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	85.687	99.500	112.785
Gama 3 p	75.756		NA X neg
Log P T3	76.343		77.939
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		64.545

**TABLA A.16 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

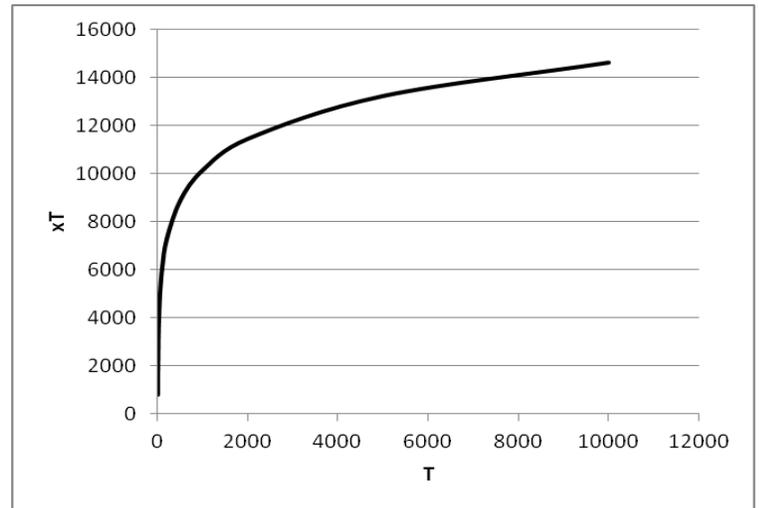


**GRAFICA A.16 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN SANTA CRUZ

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	282.058		
Log N 3p	419.689		455.624
Gama 2p	435.090	500.035	505.716
Gama 3 p	393.932		503.095
Log P T3	956.123		280.418
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		461.362

**TABLA A.17 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

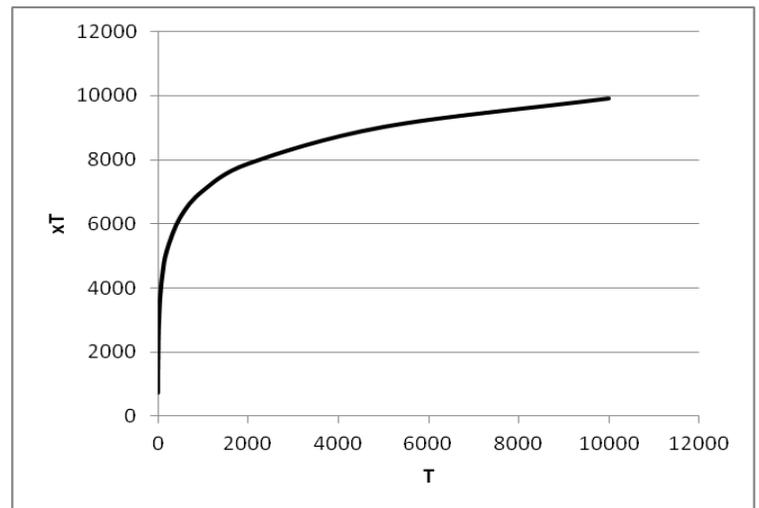


**GRAFICA A.17 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN ACATITAN

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	358.153		
Log N 3p	302.611		NA X neg
Gama 2p	309.728	348.454	394.013
Gama 3 p	277.240		NA X neg
Log P T3	238.604		375.972
Gumbel	NA X neg		455.781
GVE	321.118		143.537

**TABLA A.18 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

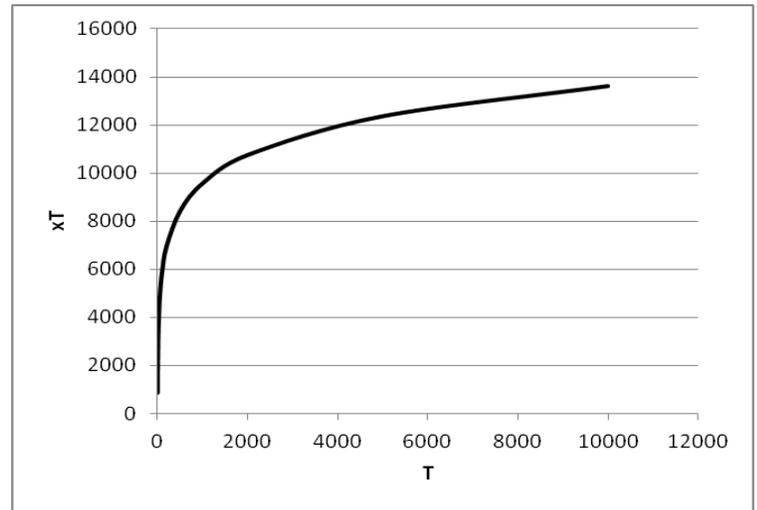


**GRAFICA A.18 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN IXPALINO

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	688.679	
Log N 2p	478.734		
Log N 3p	400.817		NA X neg
Gama 2p	417.265	488.470	545.450
Gama 3 p	356.082		NA X neg
Log P T3	324.103		499.217
Gumbel	NA X neg		640.872
GVE	NA X neg		400.124

**TABLA A.19 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

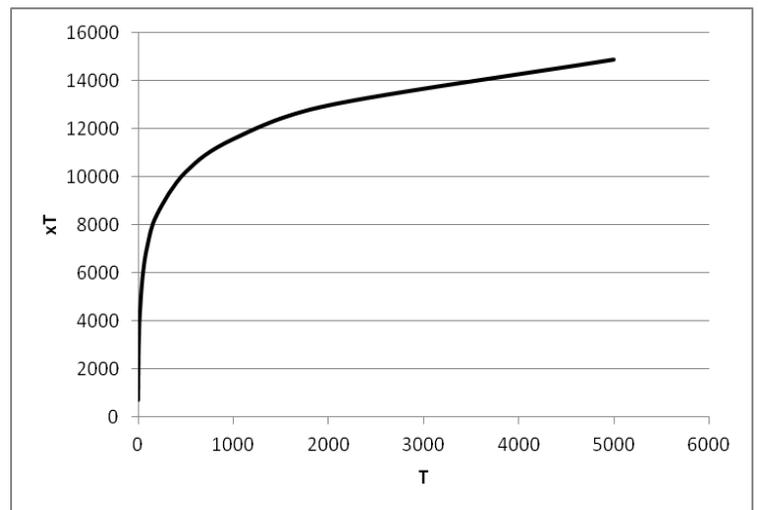


**GRAFICA A.19 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN PIAXTLA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	767.542		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	578.820	722.032	829.028
Gama 3 p	514.781		NA X neg
Log P T3	415.202		790.787
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		441.782

**TABLA A.20 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

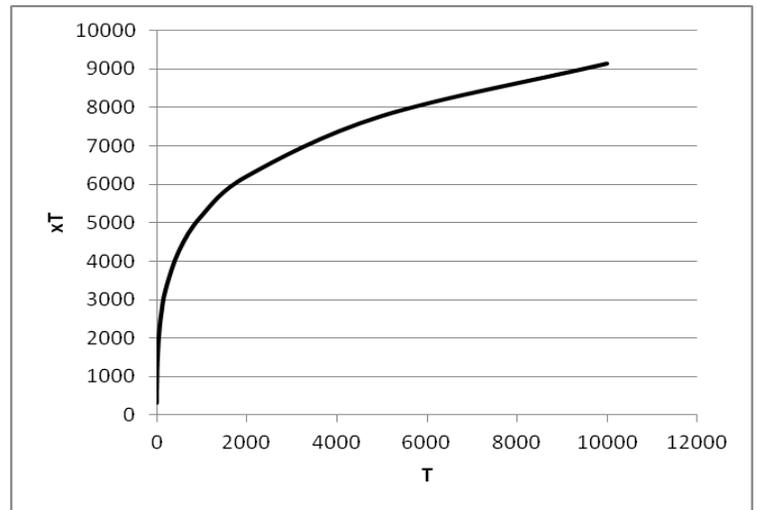


**GRAFICA A.20 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN EL QUELITE

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	107.591		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	115.109	113.491	148.079
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	100.055		119.468
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		110.984

**TABLA A.21 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

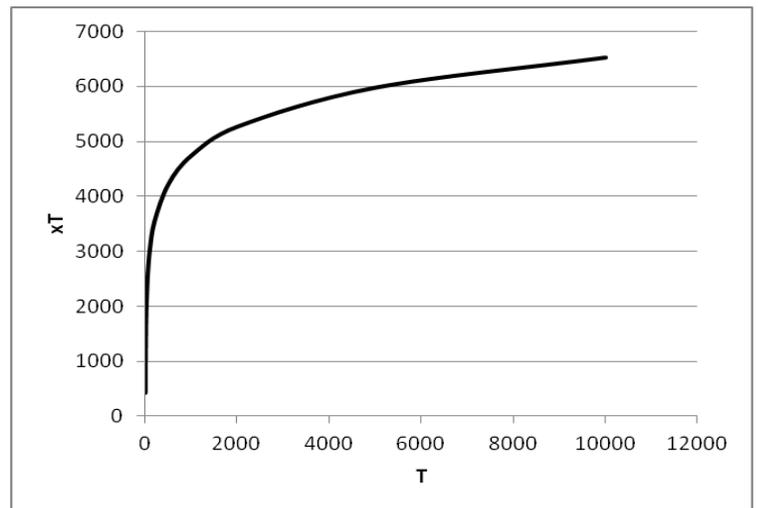


**GRAFICA A.21 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO (X<sub>T</sub>)**

- ESTACIÓN MIGUEL ZAPOTITLAN

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	325.436	329.699	
Log N 2p	118.732		
Log N 3p	225.146		320.346
Gama 2p	203.718	196.624	222.239
Gama 3 p	209.781		333.609
Log P T3	176.488		126.285
Gumbel	241.796		306.550
GVE	233.669		157.486

**TABLA A.22 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

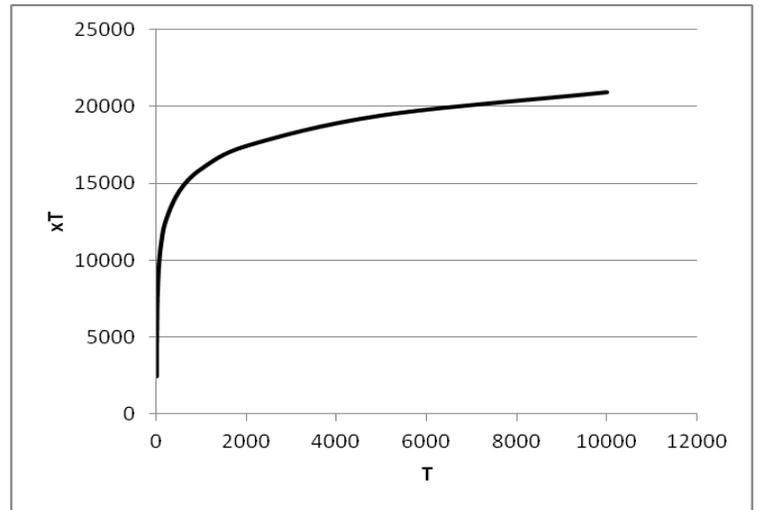


**GRAFICA A.22 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO (X<sub>T</sub>)**

- ESTACIÓN SAN BLAS

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	1395.199	
Log N 2p	1242.275		
Log N 3p	1219.789		1419.572
Gama 2p	1104.887	1153.433	1303.798
Gama 3 p	1179.530		1466.252
Log P T3	1225.384		1415.358
Gumbel	1167.493		1457.219
GVE	1246.151		1079.568

**TABLA A.23 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

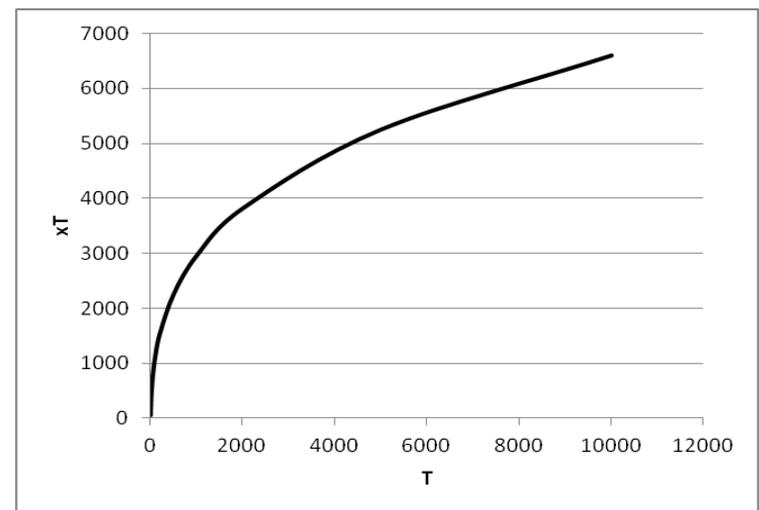


**GRAFICA A.23 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN LA TINA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	67.249		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	NA X neg	92.819	95.888
Gama 3 p	84.911		NA X neg
Log P T3	56.581		70.380
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		95.870

**TABLA A.24 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

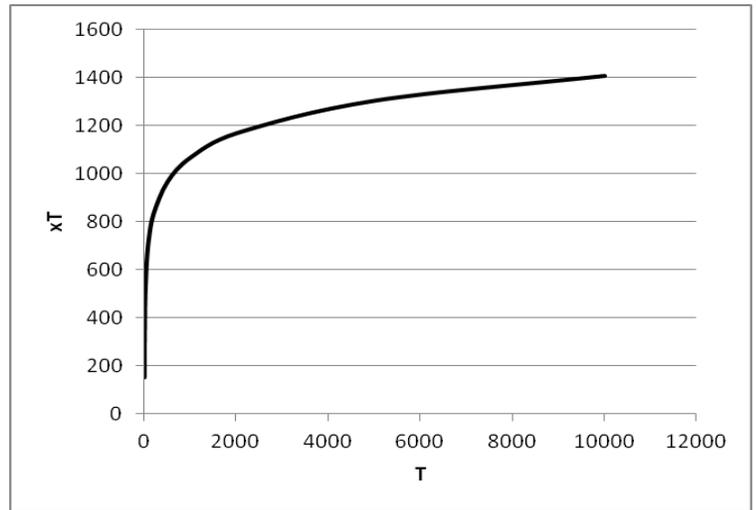


**GRAFICA A.24 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN BAMICORI

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	47.442		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	45.133	43.971	54.859
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	49.363		50.789
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		64.801

**TABLA A.25 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

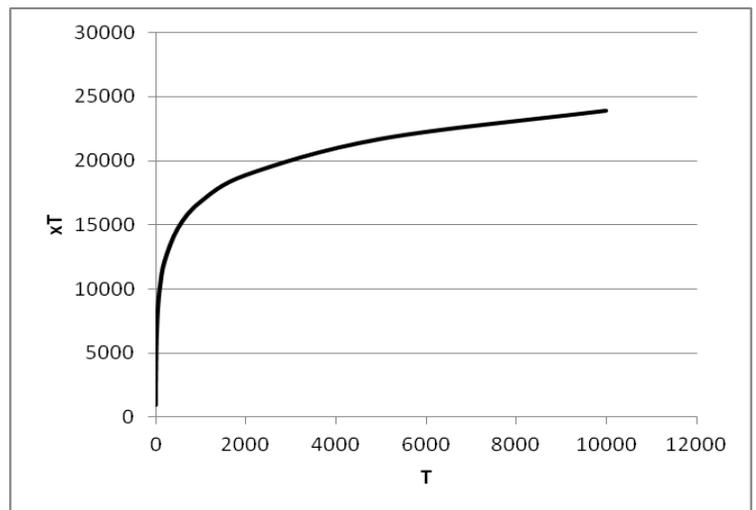


**GRAFICA A.25 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN LAS CAÑAS

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	834.096		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	760.642	804.029	1015.804
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	740.172		817.369
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		759.276

**TABLA A.26 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

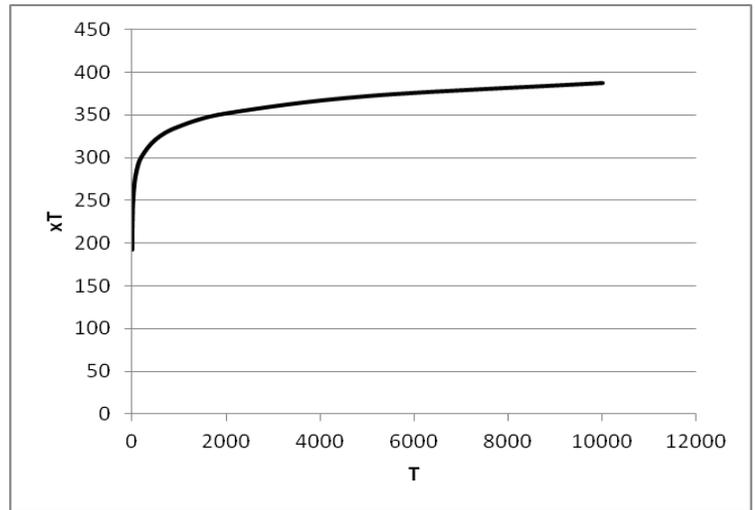


**GRAFICA A.26 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN EL MAHONE

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	7.910	8.057	
Log N 2p	7.517		
Log N 3p	7.370		7.010
Gama 2p	7.482	7.638	7.876
Gama 3 p	7.397		7.705
Log P T3	7.271		7.989
Gumbel	7.250		6.607
GVE	7.456		7.515

**TABLA A.27 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

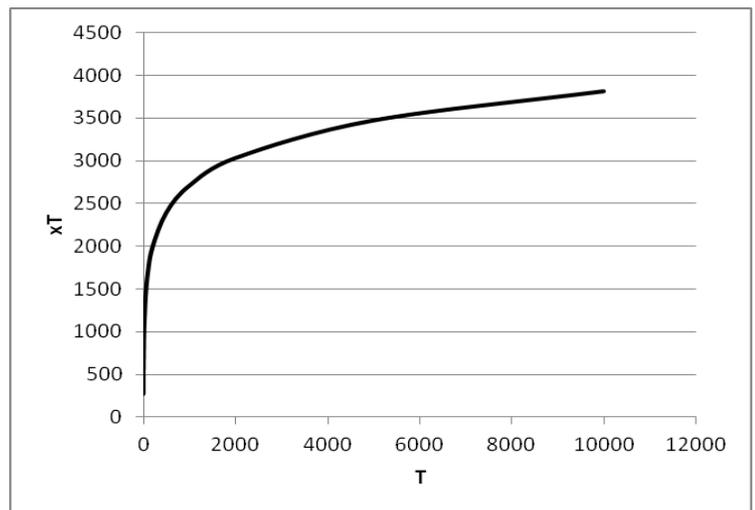


**GRAFICA A.27 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN CHOIX

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	124.525		
Log N 3p	120.485		NA X neg
Gama 2p	122.754	138.298	151.759
Gama 3 p	112.480		NA X neg
Log P T3	114.978		125.796
Gumbel	NA X neg		176.355
GVE	126.811		124.711

**TABLA A.28 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

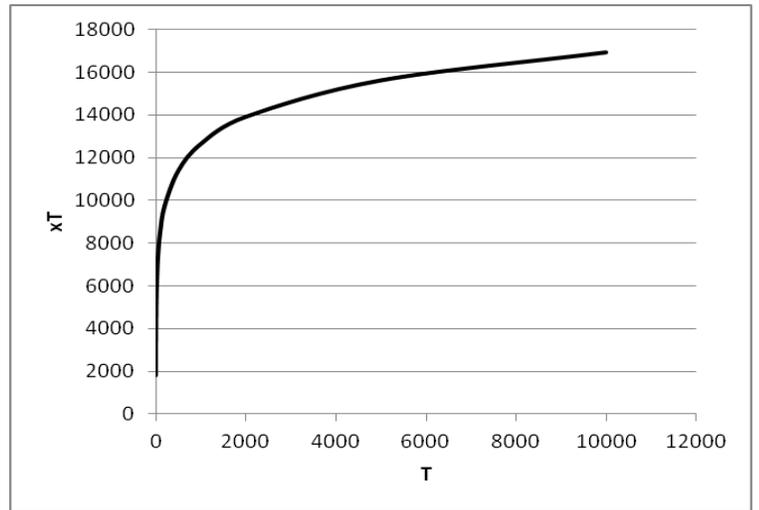


**GRAFICA A.28 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN EL HUITES

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	474.314		
Log N 3p	450.349		NA X neg
Gama 2p	452.505	510.319	595.624
Gama 3 p	395.496		NA X neg
Log P T3	338.366		372.926
Gumbel	NA X neg		730.452
GVE	477.940		363.394

**TABLA A.29 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

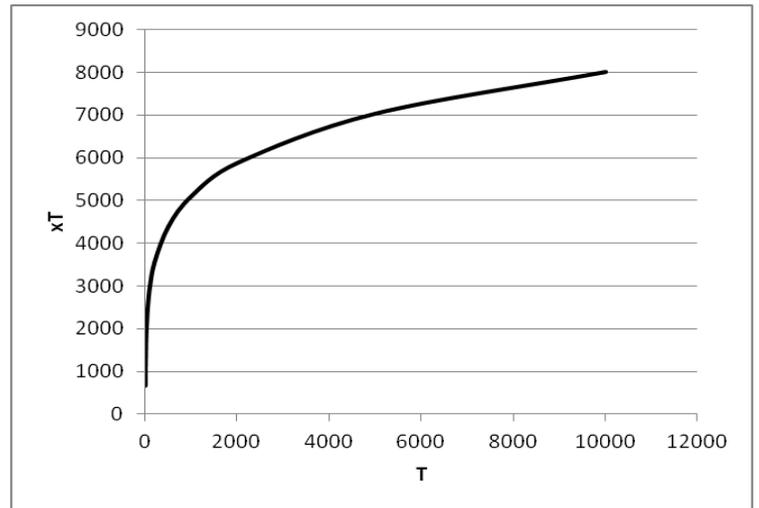


**GRAFICA A.29 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN PALO DULCE

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	95.109		
Log N 3p	115.717		NA X neg
Gama 2p	107.390	107.929	136.074
Gama 3 p	106.240		NA X neg
Log P T3	86.129		95.004
Gumbel	120.444		166.186
GVE	118.721		89.061

**TABLA A.30 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

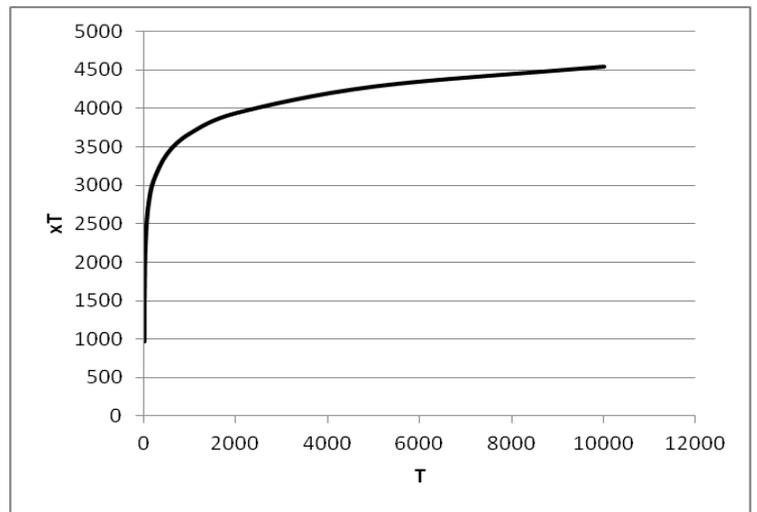


**GRAFICA A.30 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN CHINIPAS

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	114.242	108.761	
Log N 2p	130.924		
Log N 3p	107.965		111.578
Gama 2p	111.863	101.284	106.111
Gama 3 p	107.460		122.250
Log P T3	189.589		132.870
Gumbel	121.847		108.033
GVE	102.608		115.079

**TABLA A.31 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

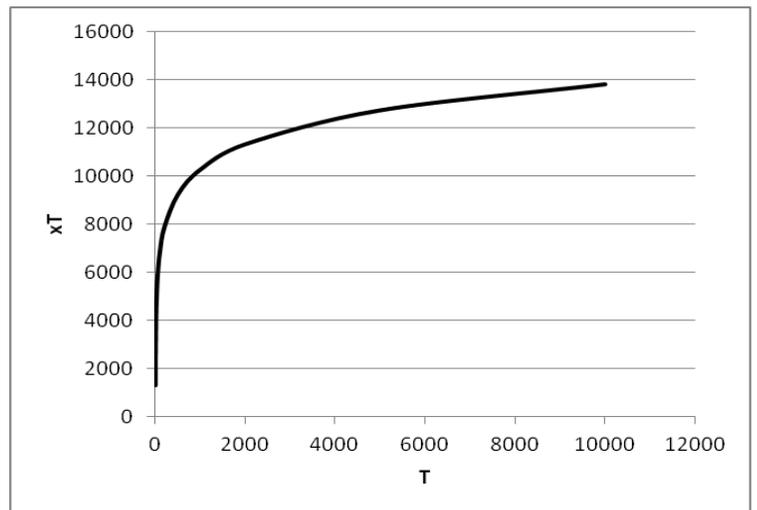


**GRAFICA A.31 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN SAN FRANCISCO

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	433.835		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	369.162	407.806	517.899
Gama 3 p	350.845		NA X neg
Log P T3	280.261		465.107
Gumbel	NA X neg		654.801
GVE	NA X neg		305.911

**TABLA A.32 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

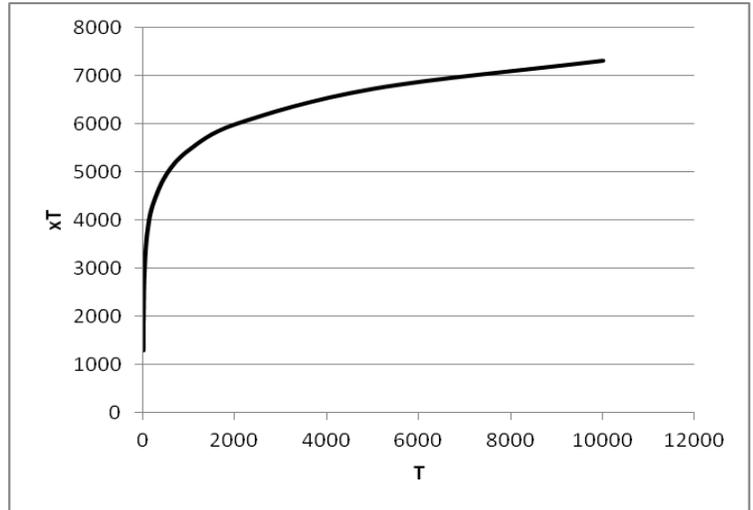


**GRAFICA A.32 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN SAN IGNACIO

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	187.314	188.893	
Log N 2p	142.049		
Log N 3p	166.800		187.774
Gama 2p	160.536	157.520	164.176
Gama 3 p	165.587		172.005
Log P T3	172.173		151.108
Gumbel	163.802		155.326
GVE	166.997		173.017

**TABLA A.33 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

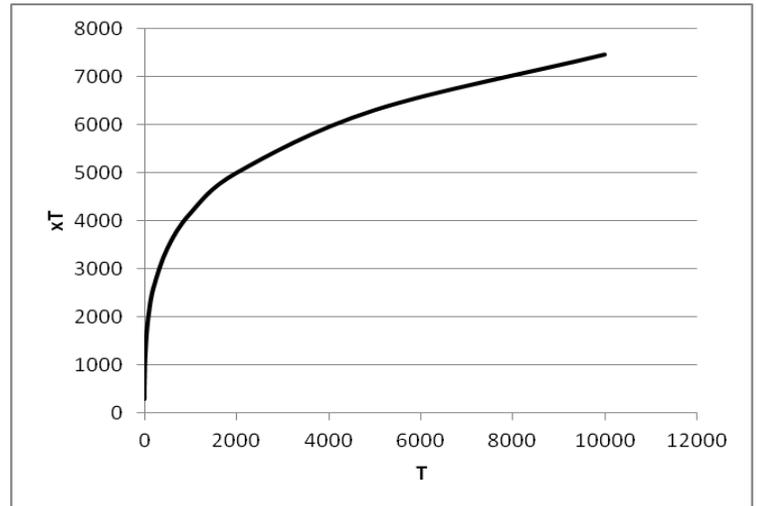


**GRAFICA A.33 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN SAN LA VERANERA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	107.488		
Log N 3p	122.802		NA X neg
Gama 2p	111.107	109.953	135.124
Gama 3 p	115.487		NA X neg
Log P T3	105.295		125.130
Gumbel	NA X neg		161.333
GVE	126.417		102.945

**TABLA A.34 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

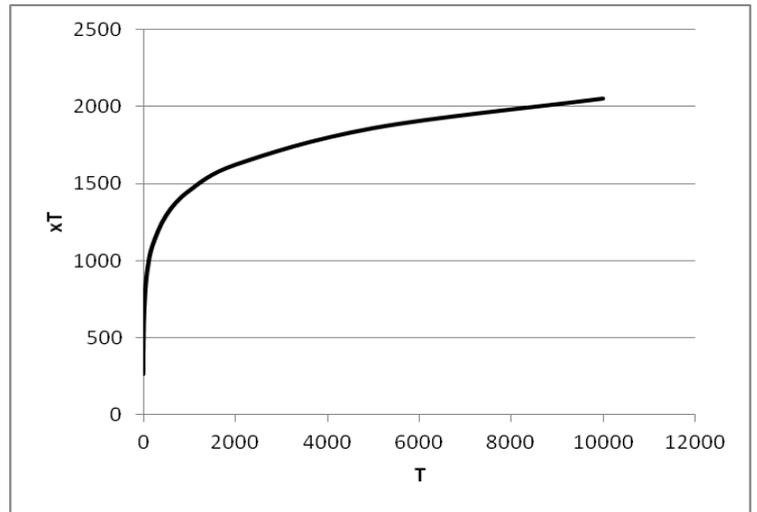


**GRAFICA A.34 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN URIQUE

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	61.956	63.755	
Log N 2p	51.261		
Log N 3p	56.824		55.549
Gama 2p	55.705	57.794	55.677
Gama 3 p	57.207		59.326
Log P T3	57.744		52.641
Gumbel	54.781		53.579
GVE	56.478		58.248

**TABLA A.35 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

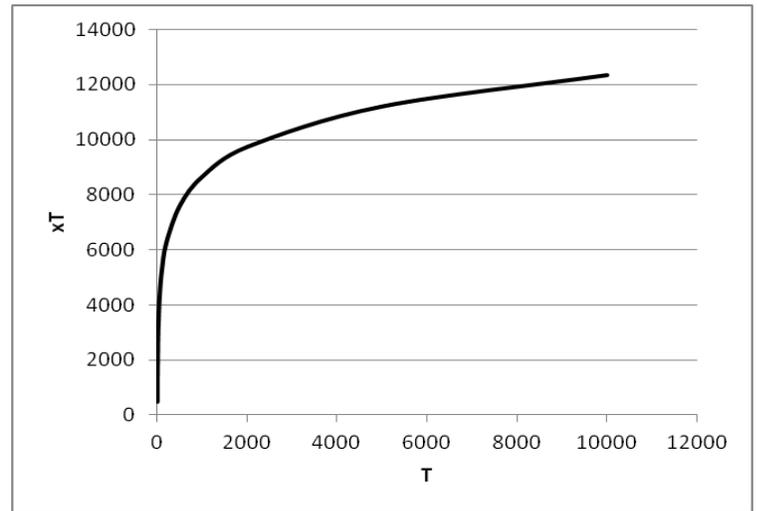


**GRAFICA A.35 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN GUERACHIC

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	1034.495		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	NA X neg	852.793	969.751
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	1007.545		1118.310
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		1025.986

**TABLA A.36 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

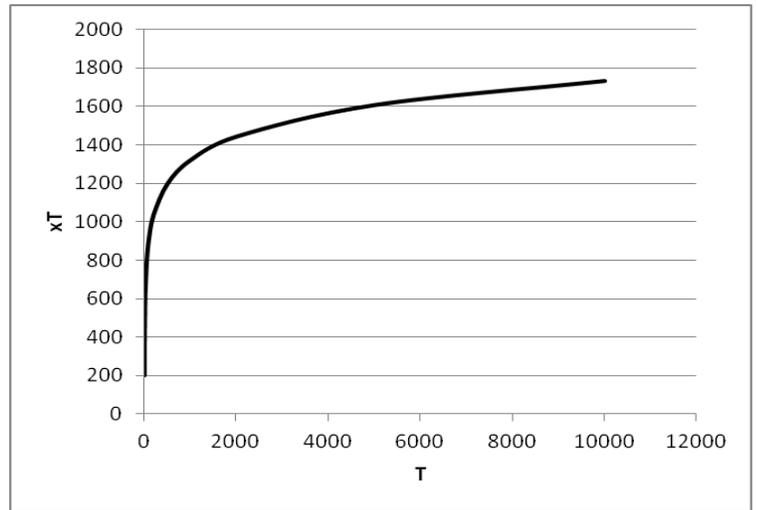


**GRAFICA A.36 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN ÁLAMOS

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	86.990		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	33.100	26.086	25.332
Gama 3 p	NA X neg		NA X neg
Log P T3	212.802		81.468
Gumbel	33.796		40.779
GVE	34.181		34.079

**TABLA A.37 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

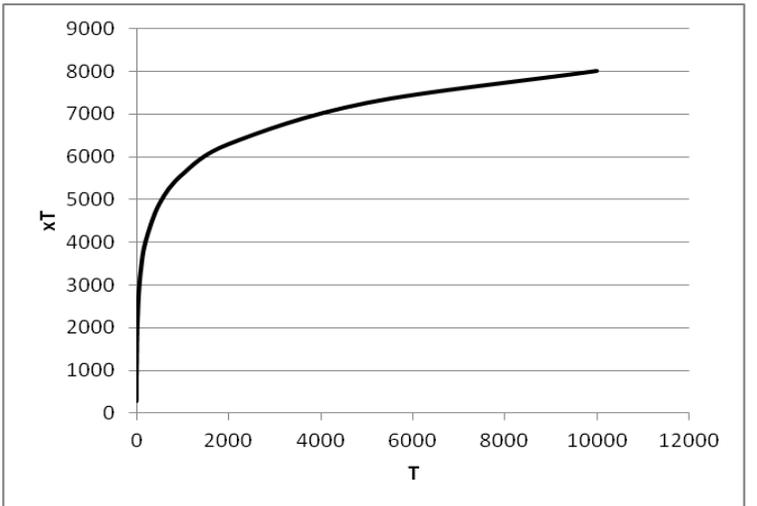


**GRAFICA A.37 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN CAZANATE

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	310.167		
Log N 3p	NA X neg		NA X neg
Gama 2p	314.835	347.335	400.778
Gama 3 p	323.600		NA X neg
Log P T3	255.921		338.586
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		376.392

**TABLA A.38 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

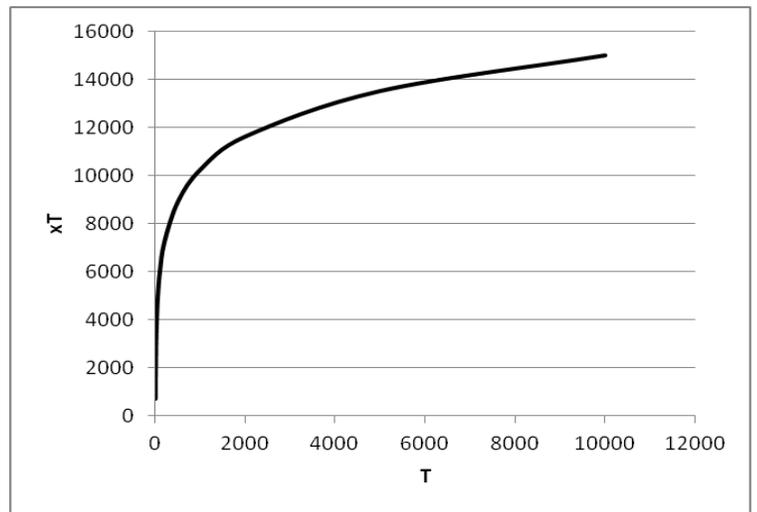


**GRAFICA A.38 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN JAINA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	410.028		
Log N 3p	414.050		491.193
Gama 2p	432.592	514.856	563.823
Gama 3 p	371.732		NA X neg
Log P T3	277.052		423.805
Gumbel	NA X neg		NA X neg
GVE	NA X neg		456.035

**TABLA A.39 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

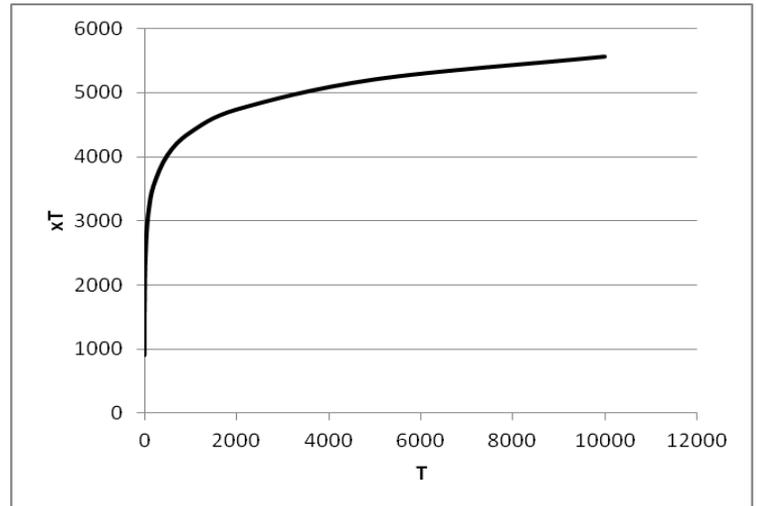


**GRAFICA A.39 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN TOHAYANA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	134.584		
Log N 3p	123.709		NA X neg
Gama 2p	112.568	98.524	109.282
Gama 3 p	120.626		NA X neg
Log P T3	187.897		135.782
Gumbel	119.745		125.664
GVE	118.712		119.568

**TABLA A.40 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

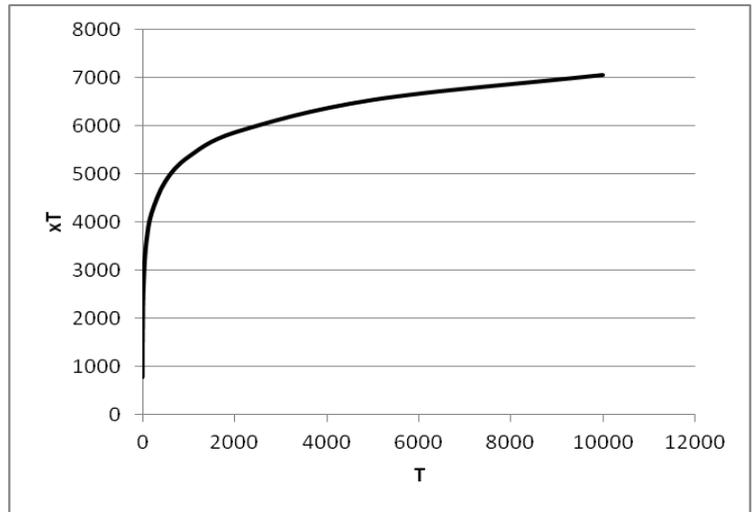


**GRAFICA A.40 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $x_T$ )**

- ESTACIÓN TECUSIAPA

DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	NA X neg	NA X neg	
Log N 2p	242.773		
Log N 3p	265.862		NA X neg
Gama 2p	240.398	241.690	298.575
Gama 3 p	247.844		NA X neg
Log P T3	225.527		275.161
Gumbel	NA X neg		363.551
GVE	273.892		229.071

**TABLA A.41 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

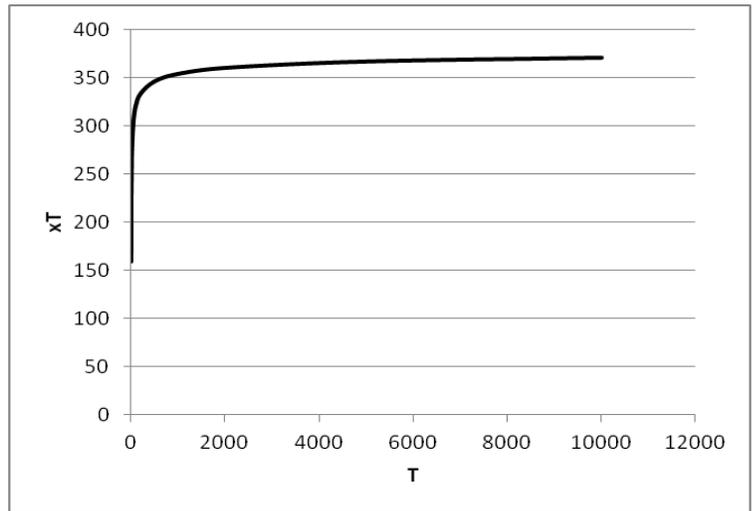


**GRAFICA A.41 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

- ESTACIÓN LOS MOLINOS

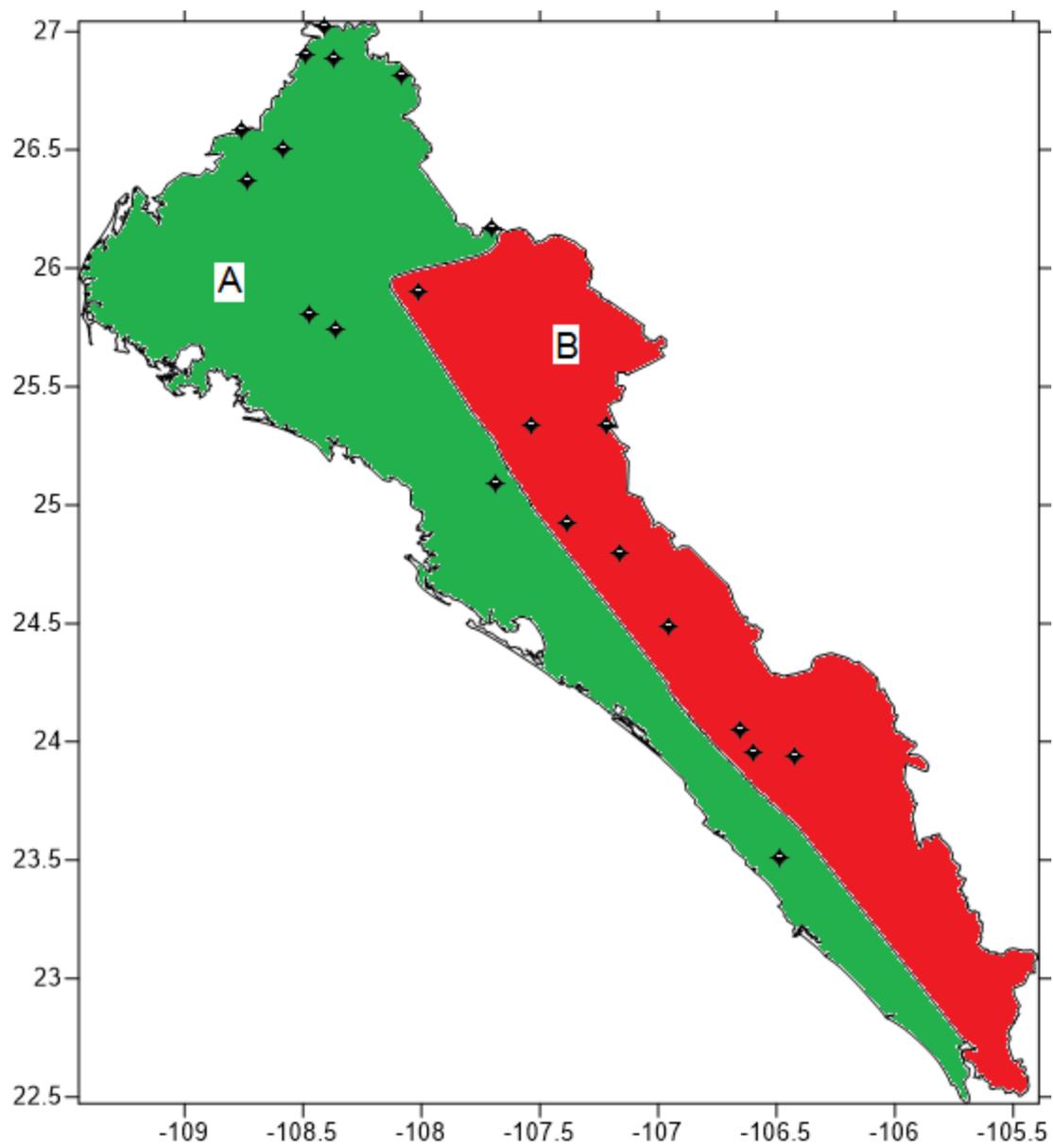
DIST.	EEA		
	MOM.	MOM. L	MAX. V.
Normal	14.761	12.705	
Log N 2p	24.713		
Log N 3p	45.245		15.483
Gama 2p	19.326	17.628	17.531
Gama 3 p	15.499		17.464
Log P T3	45.887		24.424
Gumbel	21.288		17.014
GVE	14.365		17.523

**TABLA A.42 EEA DE LAS DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PUNTUAL**

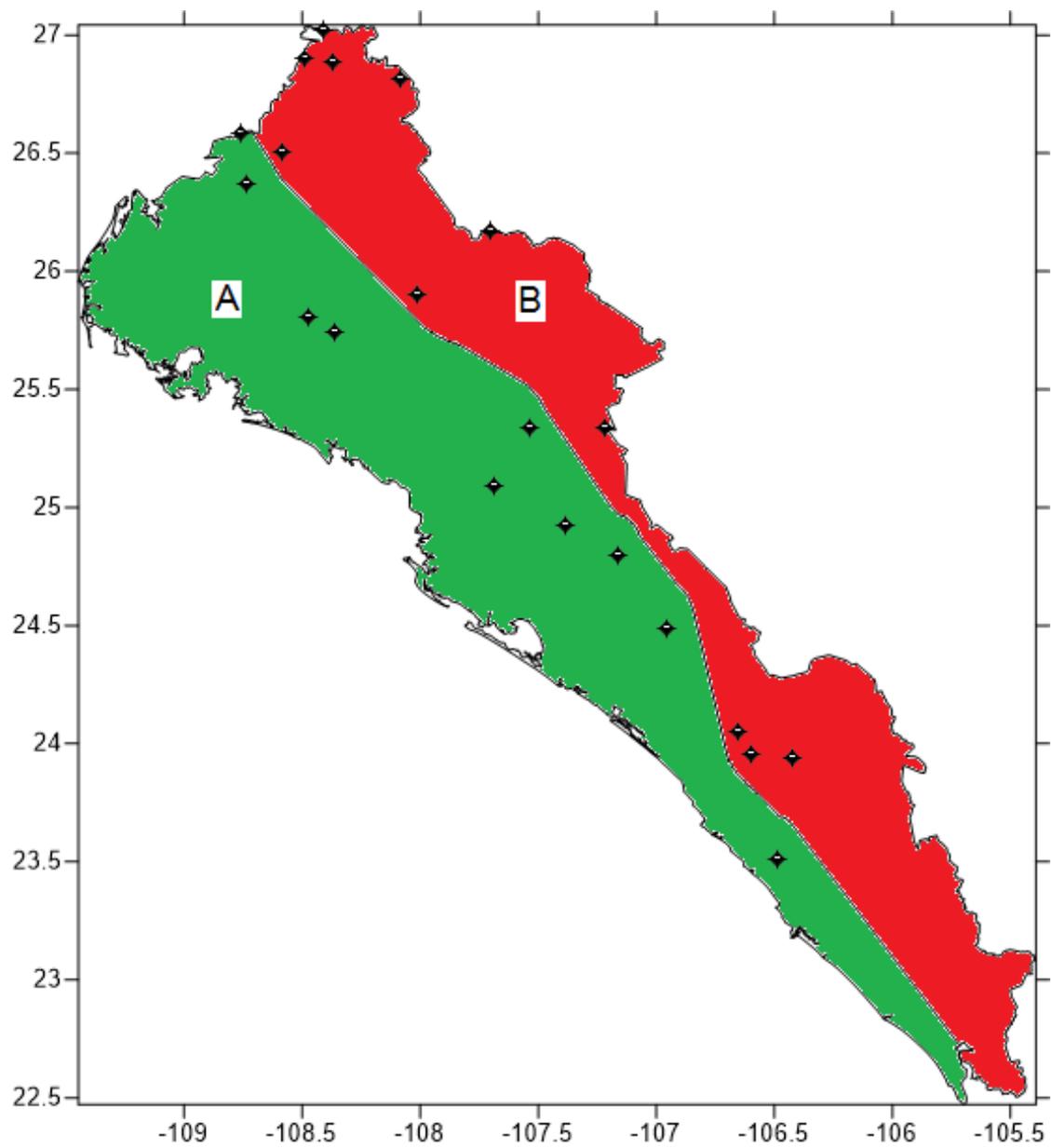


**GRAFICA A.42 COMPORTAMIENTO DE T VS GASTO DE DISEÑO ( $X_T$ )**

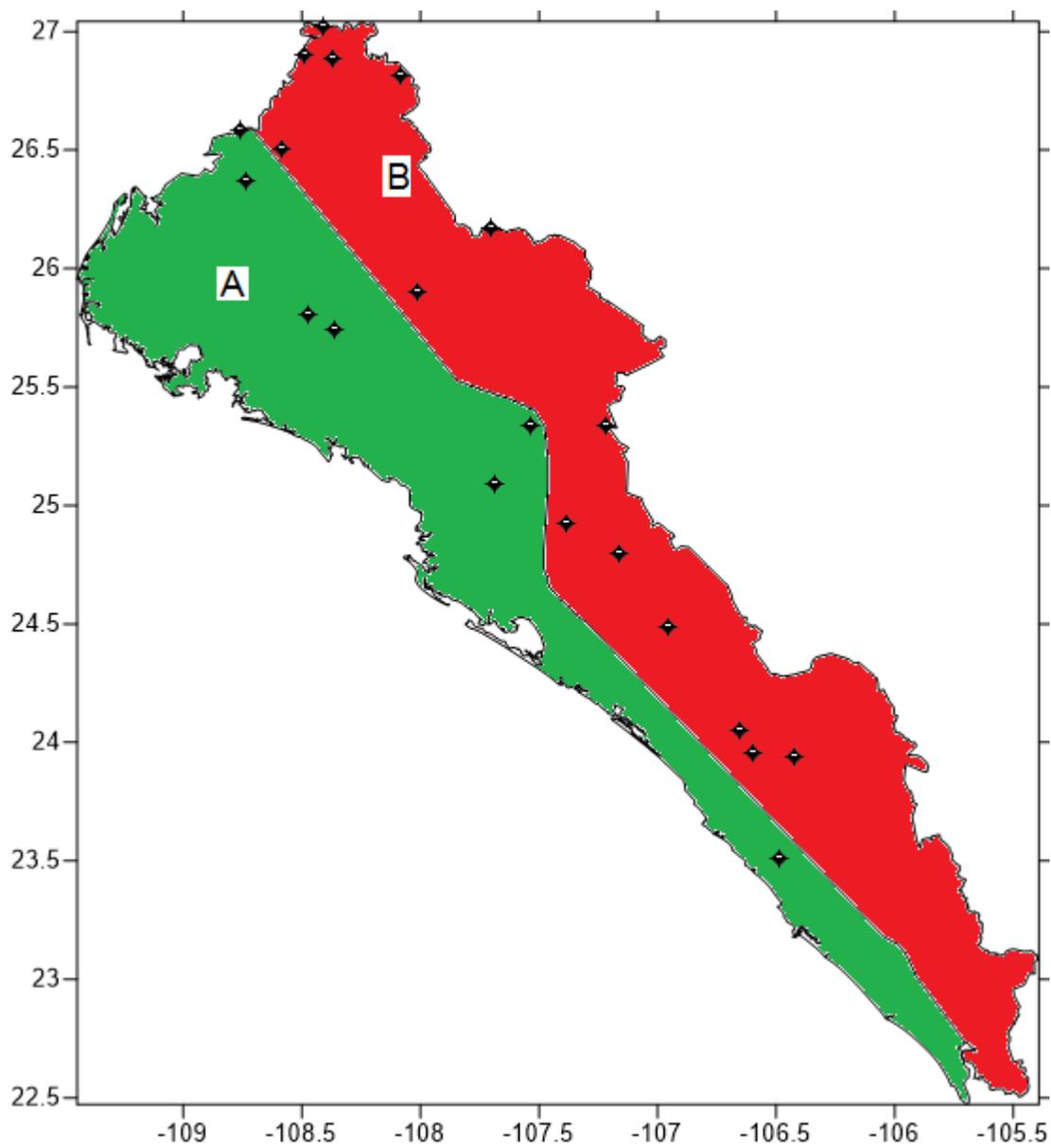
# **ANEXO B**



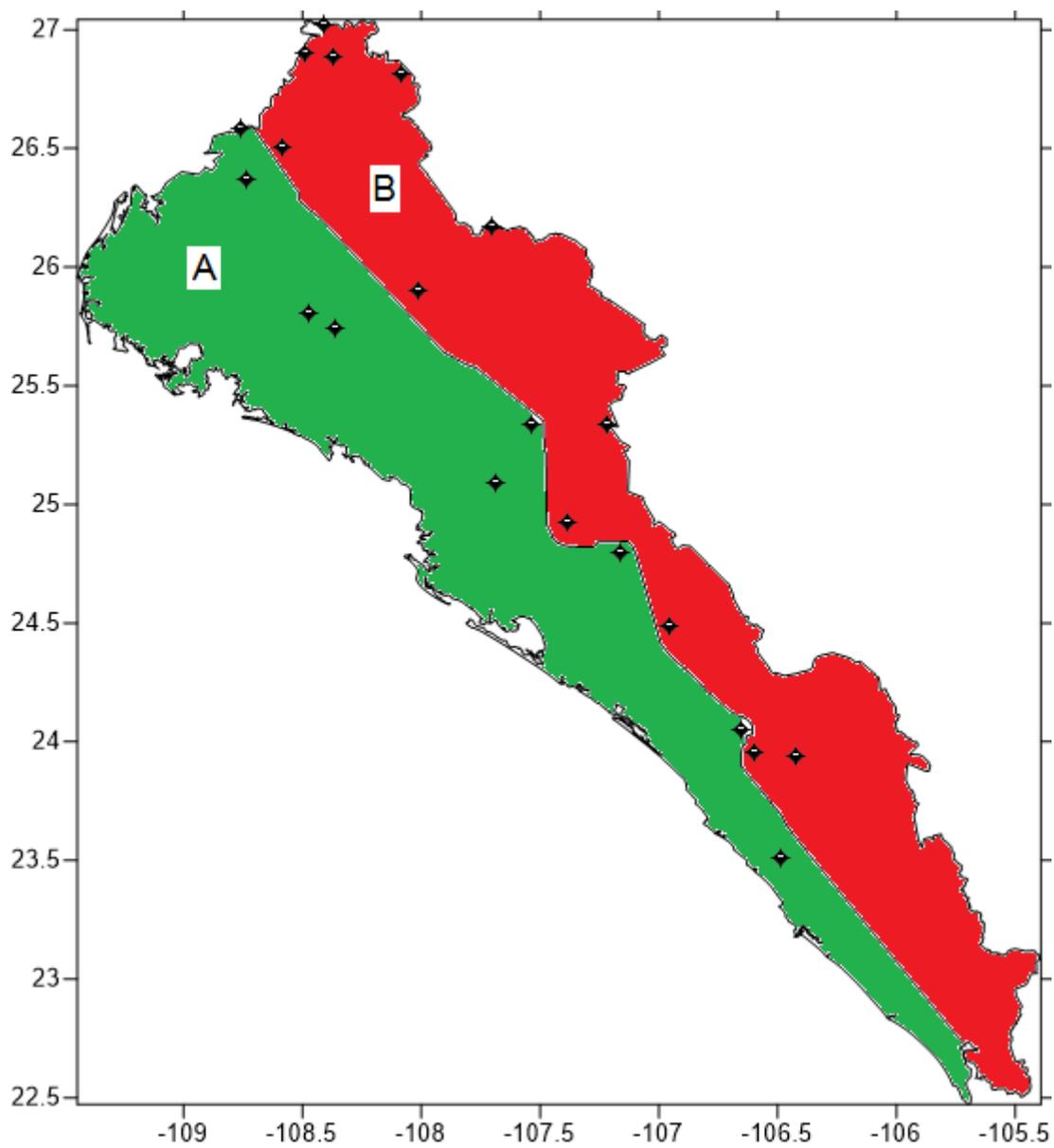
**FIGURA B.1 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA DE GVE**



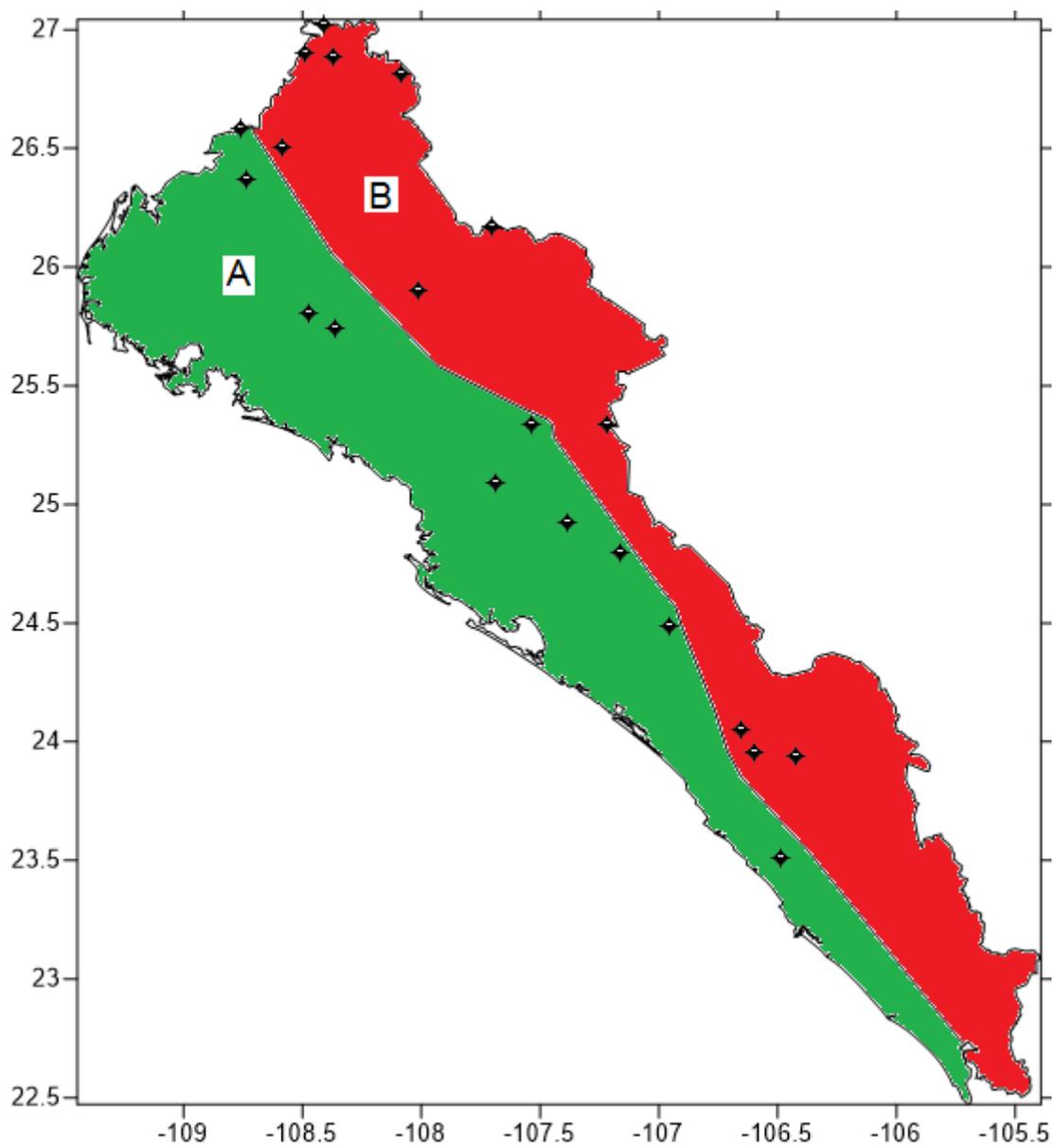
**FIGURA B.2 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA DE CV**



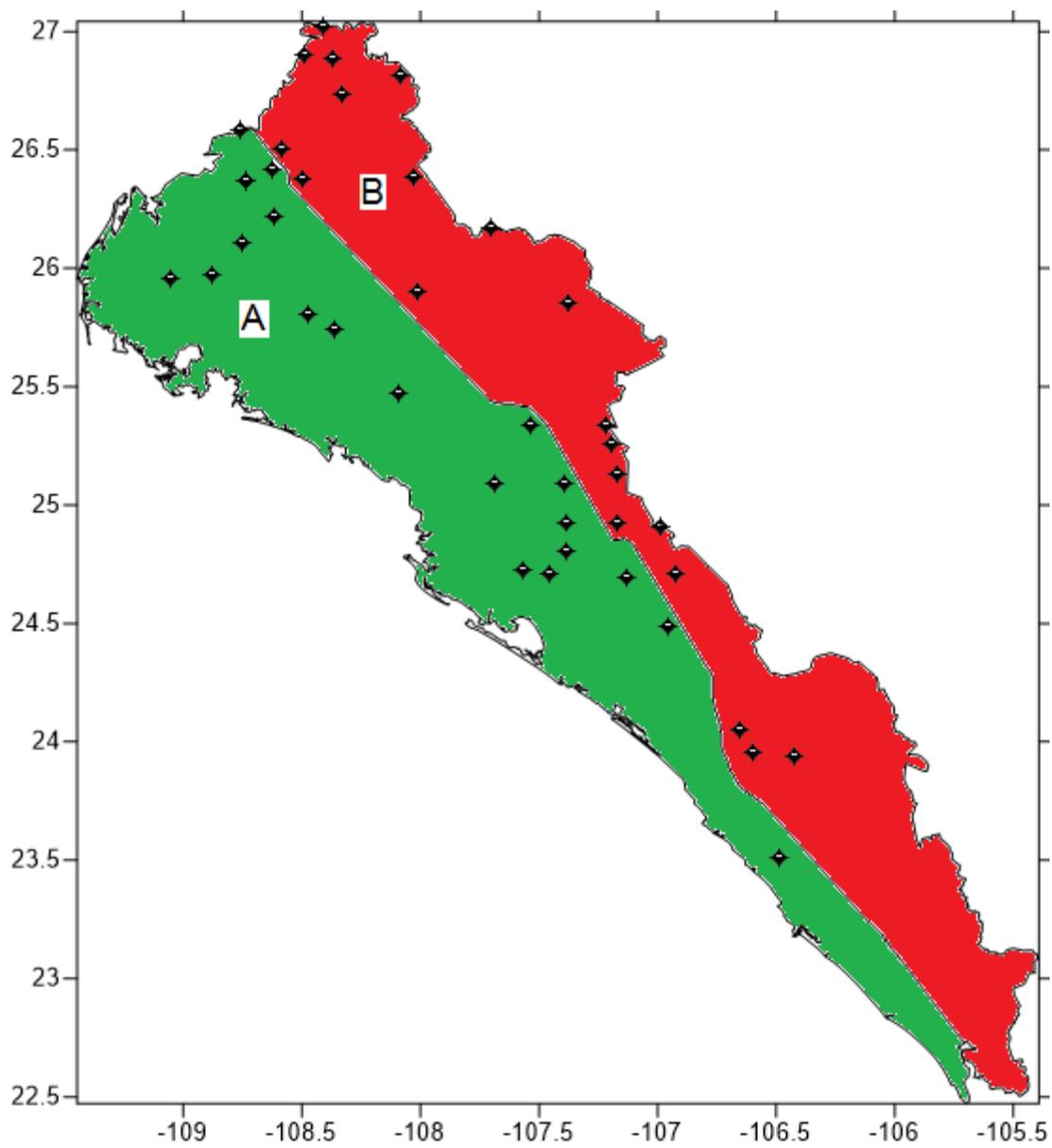
**FIGURA B.3 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA DE LA REGION DE INFLUENCIA**



**FIGURA B.4 REGIONES HOMOGÉNEAS POR LA TÉCNICA DE TRAZOS MULTIDIMENSIONALES**



**FIGURA B.5 REGIONES HOMOGÉNEAS PARA 21 ESTACIONES**



**FIGURA B.6 REGIONES HOMOGÉNEAS PARA 42 ESTACIONES**