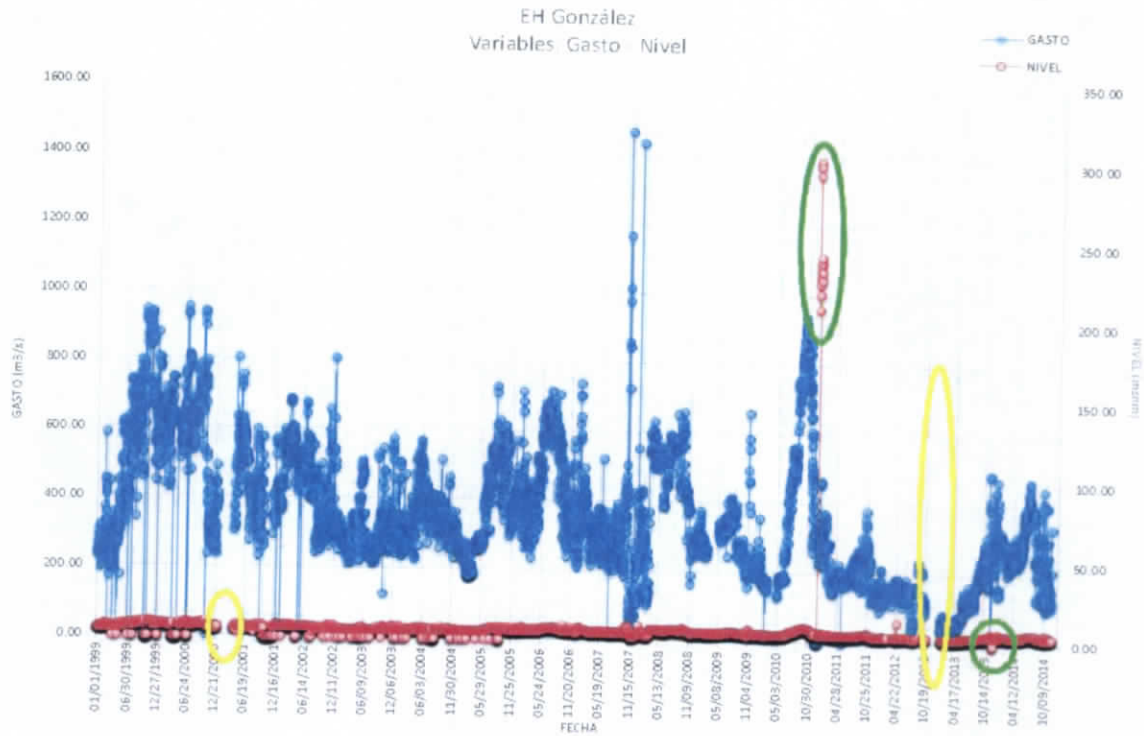


**Figura 4.30.- Estación hidrométrica Samaria – registro 1999-2014**

En la estación hidrométrica Samaria se cuenta con 3 periodos de datos faltantes y 6 periodos con datos fuera de orden. La estación Samaria se ubica en el sitio Puente Vía Corta a Cunduacán, y es la única estación hidrométrica en ubicada en el río Samaria.



**Figura 4.31.- Estación hidrométrica González – registro 1999-2014**

En la estación hidrométrica Samaria se cuenta con 2 periodos de datos faltantes y 2 periodos con datos fuera de orden. La estación González mide las variables de gasto y nivel sobre el río Carrizal aguas debajo de la estructura de control “El Macayo”, esta estación presenta cambios derivados de la construcción de la estructura de control, la cual tiene por objetivo regular el gasto proveniente del río Mezcalapa al río Carrizal. Dicha estructura en un evento extraordinario solo derivará 850 m<sup>3</sup>/s como gasto máximo por el río Carrizal.

En la Figura 4.32 a la Figura 4.35 se muestran los registros de las estaciones del sistema Usumacinta. Dichas estaciones se encuentran en la parte alta del río Usumacinta (EH Boca del Cerro) en el límite estatal entre Tabasco y Chiapas, la EH San Pedro se ubica sobre el río san Pedro cercana al límite estatal con Campeche, mientras que las estaciones Macuspana y salto del Agua se ubican en la denominada Zona de los ríos, comprendida por los ríos Puxcatán y Tulijá. Estas estaciones mantienen un registro consistente y no se ven afectadas por la construcción de infraestructura.

UH

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

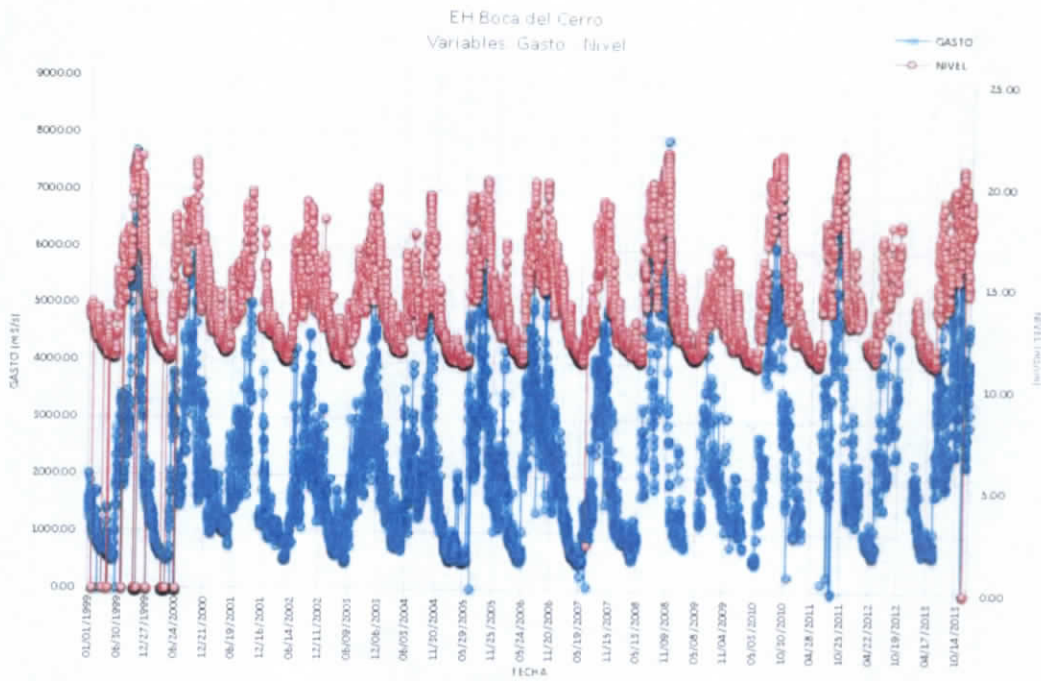


Figura 4.32.- Estación hidrométrica Boca del Cerro – registro 1999-2014

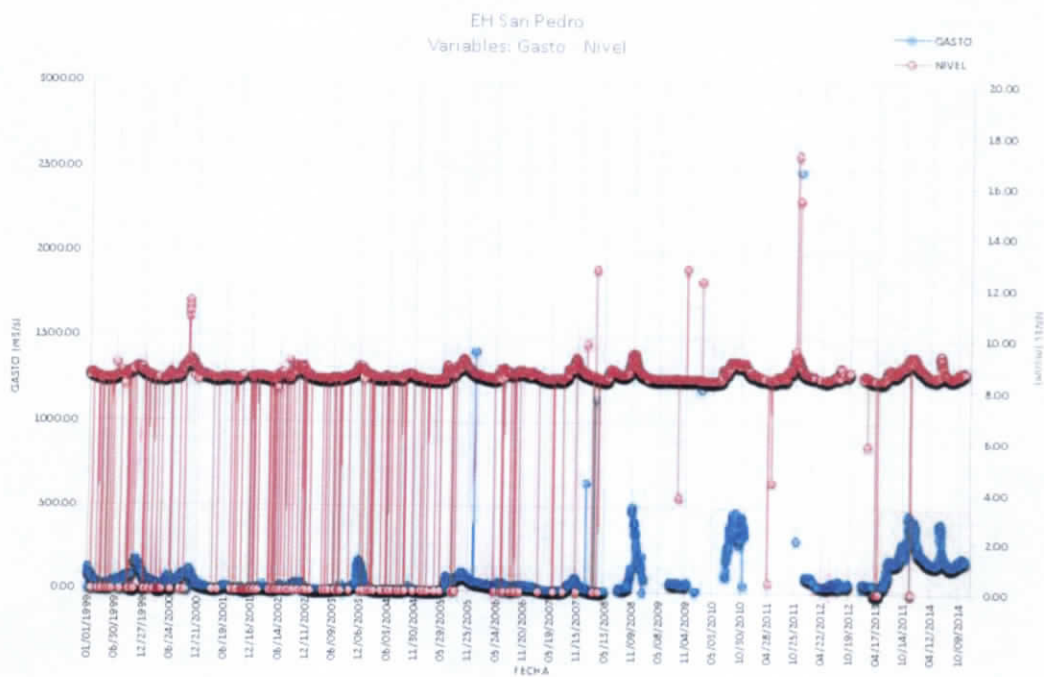


Figura 4.33.- Estación hidrométrica San Pedro – registro 1999-2014

*Handwritten signature*



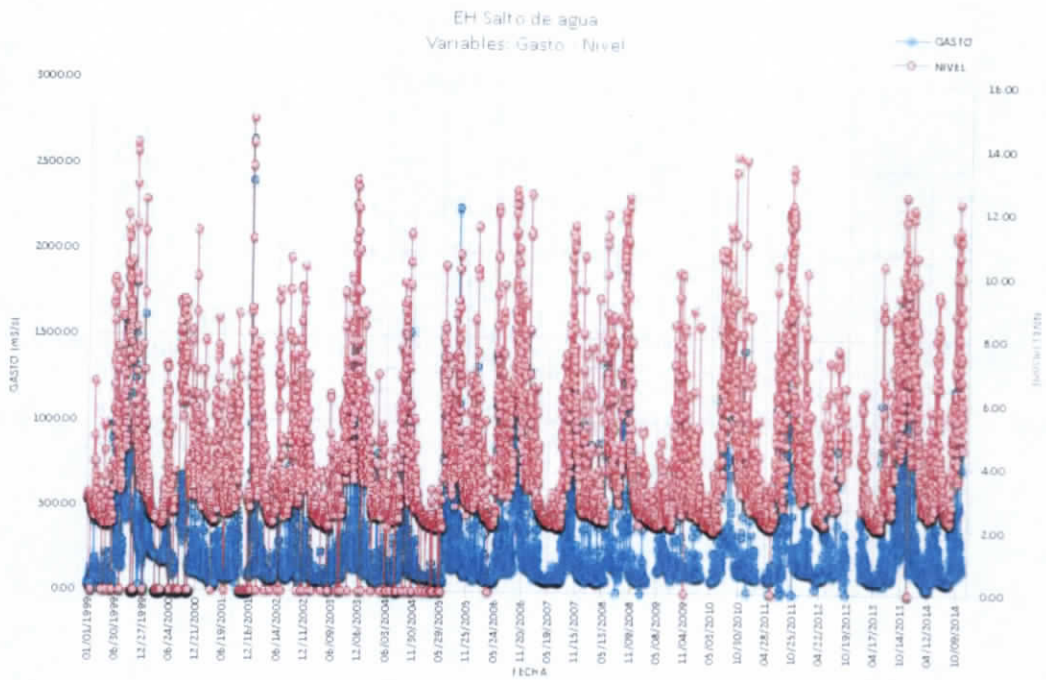


Figura 4.34.- Estación hidrométrica Salto del Agua – registro 1999-2014

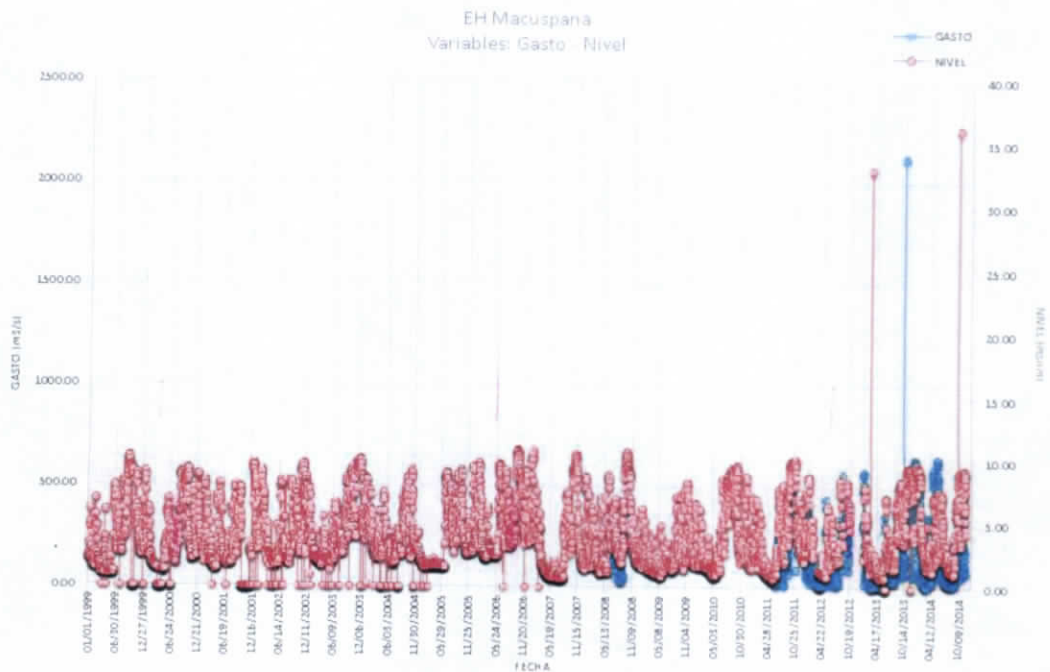


Figura 4.35.- Estación hidrométrica Macuspana – registro 1999-2014

*VJ*



#### **4.5 Análisis de consistencia de los datos**

El análisis de consistencia, se realiza para determinar si la información es confiable. Este análisis, implica la aplicación de criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir, sea por causas naturales u ocasionadas por la intervención de la mano del hombre.

La inconsistencia, en una serie de tiempo hidrológica, es sinónimo de error sistemático (déficit en la toma de datos, cambio de estación de registro, etc.) y se presenta como saltos y tendencias. La no homogeneidad, es definido como los cambios de los datos originales con el tiempo debido a la acción del hombre o causadas naturales como: movimiento de las estaciones (horizontal o vertical), cambios en el medio ambiente de una estación, etc.

Una serie de tiempo de datos hidrológicos es relativamente constante si los datos son periódicamente proporcionales a una serie de tiempo apropiado simultáneamente (Chang y Lee, 1994). La consistencia relativa significa que los datos hidrológicos observados en una estación de medición son generados por el mismo mecanismo que genera datos similares en otras estaciones. Para lo anterior es común aplicar diferentes tipos de análisis, tales como:

- a) Análisis Visual Gráfico
- b) Análisis Doble Masa
- c) Análisis Estadístico

Las memorias de cálculo del análisis de consistencia pueden ser consultadas en el anexo electrónico Anexo A.4.5 Análisis de Consistencia.

##### **4.5.1 Análisis Visual Gráfico**

En un plano cartesiano se grafica las mediciones de precipitación, ubicando en el eje de las ordenadas los valores de la serie de tiempo (precipitación, mm) y en el eje de las abscisas el tiempo (años, meses, días, horas, etc). El objetivo es ubicar visualmente faltantes de datos.

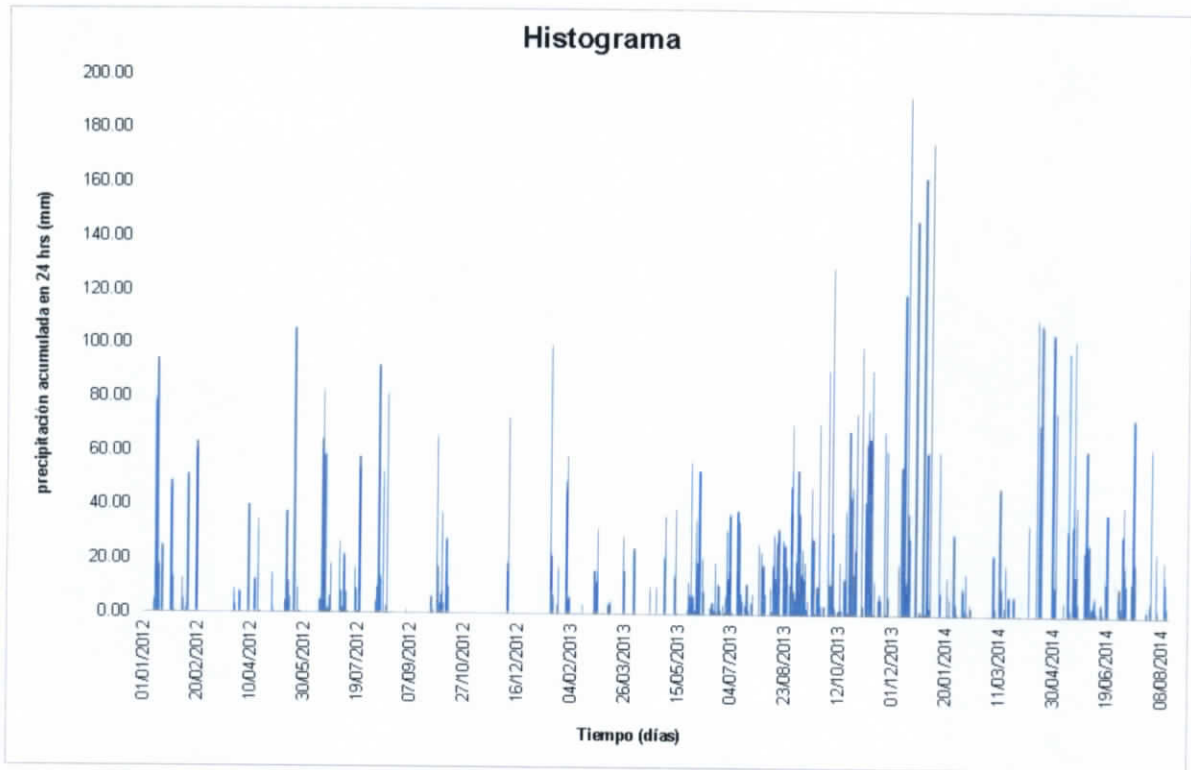


Figura 4.36.- Ejemplo para el análisis visual gráfico

#### 4.5.2 Análisis de la Curva Doble Masa

La evaluación espacial de la precipitación consiste en verificar que las observaciones son consistentes, o sea, que la estación haya permanecido durante el periodo de observaciones en las mismas condiciones sin cambiar el instrumental o las condiciones del predio no se alteraran significativamente.

Para esta verificación se emplea el método de doble masa o doble acumulada (CDA) o Método de Doble Masa (MDM). Este método se debe aplicar para detectar errores sistemáticos en regiones homogéneas definidas en este caso por el mismo régimen pluviométrico.

El método de la doble masa considera que en una zona climatológicamente homogénea, los valores de precipitación que ocurren en diferentes puntos de esa zona en periodos anuales o estacionales, guardan una relación de proporcionalidad que puede

UF

representarse gráficamente, es por ello que se requiere de al menos una estación cercana a la analizada que guarde esta relación de proporcionalidad.

El diagrama de doble masa se obtiene graficando en el eje de las abscisas los acumulados de los promedios de los datos y en el eje de las ordenadas el acumulado de cada estación. (Ver Tabla 4.11 y Figura 4.37)

VF



**Tabla 4.11.- Ejemplo de tratamiento de datos para generar la curva doble masa**

AÑO	ESTACIONES				PROMEDIO DE LAS ESTACIONES		
	Estación 1		Estación 2				
	TOTAL ANUAL	ACUMULADO	TOTAL ANUAL	ACUMULADO			
1	1970	196 00	196 00	266 10	266 10	241 05	241 05
2	1971	122 00	318 00	478 90	765 00	300 45	541 60
3	1972	197 40	515 40	136 10	901 10	166 75	708 25
4	1973	515 40	1,030 80	229 00	1,130 10	372 20	1,060 45
5	1974	209 20	1,240 00	170 50	1,300 60	189 85	1,270 30
6	1975	182 30	1,422 30	242 90	1,543 50	212 60	1,482 90
7	1976	413 60	1,835 90	131 60	1,675 10	272 60	1,755 50
8	1977	178 70	2,014 60	408 70	2,083 80	293 70	2,049 20
9	1978	45 10	2,059 70	710 80	2,794 60	377 95	2,427 15
10	1979	164 00	2,223 70	371 80	3,166 40	267 90	2,695 05
11	1980	266 90	2,489 60	118 30	3,284 70	192 10	2,887 15
12	1981	366 20	2,855 80	103 40	3,388 10	234 80	3,121 95
13	1982	428 90	3,284 70	306 50	3,594 60	317 70	3,439 65
14	1983	375 50	3,660 20	109 70	3,704 30	242 60	3,682 25
15	1984	176 70	3,836 90	261 80	3,966 10	219 25	3,901 50
16	1985	341 70	4,178 60	491 70	4,457 80	416 70	4,318 20
17	1986	193 20	4,371 80	112 50	4,570 30	152 85	4,471 05
18	1987	351 30	4,723 10	270 50	4,840 80	310 90	4,781 95
19	1988	406 40	5,129 50	236 00	5,076 80	321 20	5,103 15
20	1989	500 20	5,629 70	263 80	5,340 60	382 00	5,485 15
21	1990	172 90	5,802 60	188 30	5,528 90	180 60	5,665 75
22	1991	466 90	6,269 50	362 50	5,891 40	414 70	6,090 45
23	1992	313 30	6,582 80	274 80	6,166 20	294 05	6,374 50
24	1993	225 40	6,808 20	102 20	6,268 40	163 80	6,538 30
25	1994	291 00	7,099 20	369 60	6,638 00	330 30	6,868 60
26	1995	103 00	7,202 20	40 60	6,678 60	71 80	6,940 40
27	1996	88 80	7,291 00	350 90	7,029 50	219 85	7,160 25
28	1997	223 00	7,514 00	907 30	7,936 80	565 15	7,725 40
29	1998	547 60	8,061 60	309 80	8,246 60	428 70	8,154 10
30	1999	743 90	8,805 50	241 90	8,488 50	492 90	8,647 00
31	2000	313 50	9,119 00	522 30	9,010 80	417 90	9,064 90
32	2001	234 80	9,353 80	361 50	9,372 30	298 15	9,363 05
33	2002	148 30	9,502 10	462 90	9,835 20	305 60	9,668 65
34	2003	248 20	9,750 30	470 80	10,306 00	359 50	10,028 15
35	2004	453 70	10,204 00	421 40	10,727 40	437 55	10,465 70
36	2005	618 40	10,822 40	630 80	11,358 20	624 60	11,090 30
37	2006	868 90	11,492 30	323 40	11,681 60	496 65	11,586 95
38	2007	788 10	12,281 40	374 90	12,056 50	582 00	12,168 95
39	2008	376 90	12,658 30	324 10	12,380 60	350 50	12,519 45
40	2009	488 40	13,126 70	325 10	12,705 70	396 75	12,916 20
41	2010	541 60	13,668 30	383 70	13,089 40	462 65	13,378 85
42	2011	380 20	14,018 50	425 80	13,515 20	388 00	13,766 85
43	2012	595 20	14,613 70	630 40	14,145 60	612 80	14,379 65
44	2013	808 60	15,417 30	154 30	14,299 90	478 95	14,858 60
45	2014	365 40	15,782 70	180 20	14,480 10	272 80	15,131 40

El análisis de doble masa propiamente dicho, consiste en conocer mediante la identificación de "quebres" que se presentan en los diagramas, las causas de los fenómenos naturales, o si estos han sido ocasionados por errores sistemáticos. En este último caso, permite determinar el rango de los períodos dudosos y confiables para cada estación de estudio.

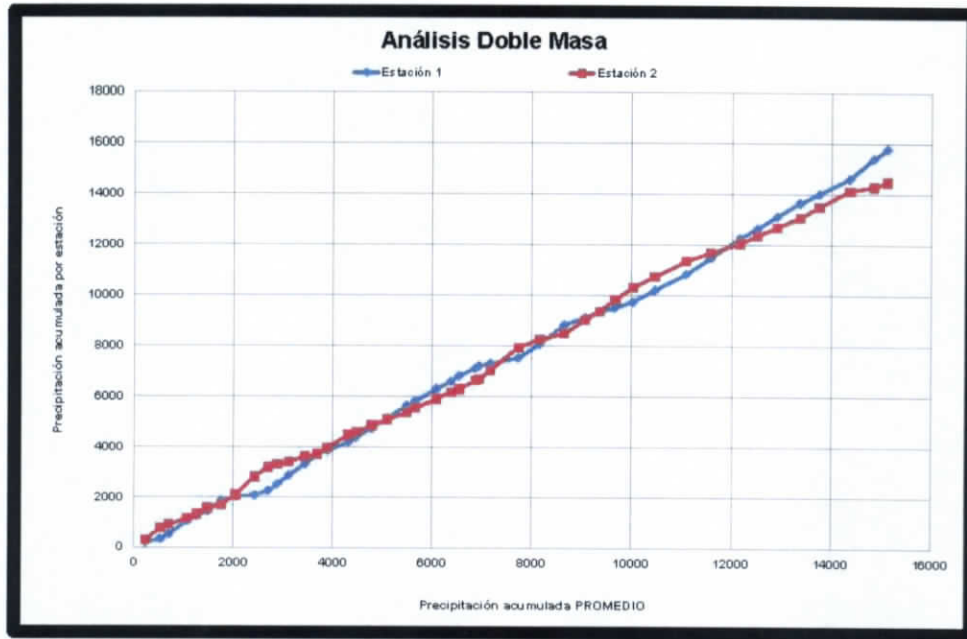


Figura 4.37.- Ejemplo para el análisis doble masa –estaciones CONFIABLES

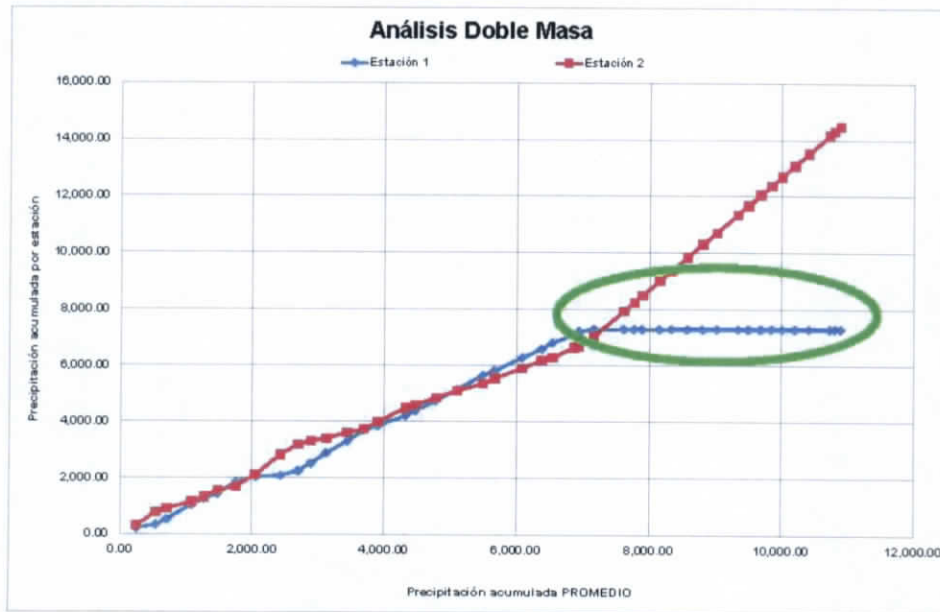


Figura 4.38.- Ejemplo para el análisis doble masa –estación 1 CON QUIEBRE

### 4.5.3 Análisis estadístico

Después de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual y el análisis de doble masa, se tiene una idea de la posible inconsistencia de los datos, sin embargo en esta etapa aun no podemos concluir que los datos generados por la estación de medición son inconsistentes.

Para ello, se necesita efectuar los análisis estadísticos que nos determinen si finalmente la serie histórica de la estación de medición es inconsistente empleando *Pruebas de Homogeneidad*.

#### 4.5.3.1 Pruebas de Homogeneidad

Las características estadísticas de las series hidrológicas, como la media, 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 por lo tanto, se presenta inconsistencia.

En general, la falta de homogeneidad de los datos es inducida por las actividades humanas como la deforestación, apertura de nuevas áreas al cultivo, rectificación de cauces, construcción de embalses y reforestación. También es producto de los procesos naturales súbitos, como incendios forestales, terremotos, deslizamientos 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.

##### 4.5.3.1.1 Generación de datos de precipitación

Para realizar el análisis de homogeneidad se requieren series de datos continuos y completos de precipitación, por lo tanto fue necesaria la recopilación de los datos de precipitación registrados durante 30 años (1983-2012) para 187 estaciones climatológicas de los estados de Tabasco y Chiapas. Esta información se obtuvo de la base de datos del CLICOM.

VF



Sin embargo se observó que ninguna de las estaciones cumplía con un registro continuo de 30 años uniforme, por lo que se generaron datos de precipitación por el método de interpolación Inverse Distance Weighted (IDW); el cual, utiliza el inverso al cuadrado de la distancia de las estaciones para crear un promedio ponderado de acuerdo a sus distancia con la estación a completar

El IDW es un método matemático de interpolación que usa una función inversa de la distancia, parte del supuesto que las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar. Matemáticamente se expresa como:

$$Z_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} \cdot z_i$$

En el cual  $Z(S_0)$  es el valor a predecir,  $N$  es el número de muestras alrededor del punto a predecir,  $\lambda_i$  son los pesos asignados a cada punto vecino y  $Z(S_i)$  son los valores medidos.

Los pesos de los puntos vecinos están dados por:

En el cual  $d$  es la distancia entre el lugar de predicción ( $S_0$ ) y el lugar muestral ( $S_i$ );  $P$  es un factor de reducción de peso, cuyo valor se encuentra minimizando el error cuadrático medio o error de predicción.

Una vez que se cuenta con los datos completos de las estaciones se aplicaron tres pruebas estadísticas para determinar la homogeneidad de las estaciones: (1) Prueba estadística de Helmert, (2) Prueba estadística de T Student y (3) Prueba estadística de Cramer, las cuales se describen a continuación.

#### 4.5.3.1.2 Prueba estadística de Helmert

Esta prueba es sencilla y consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento  $Q^j$  de la serie  $j$  para  $i=1, 2, \dots, n$ , con respecto a su valor medio  $Q^j$ . si una desviación de un cierto signo es seguida de otra del mismo signo, entonces se dice que se forma una secuencia  $S$ , de lo contrario se considera como un cambio  $C$ .

La serie se considera homogénea si se cumple:

$$-(n_j-1)^{1/2} \leq (S - C) \leq (n_j-1)^{1/2}$$

#### 4.5.3.1.3 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  $Q_i$  para  $i = 1, 2, \dots, n_j$ , del sitio  $j$ , la cual se divide en dos conjuntos de tamaño  $n_1 = n_2 = n_j/2$ , entonces, el estadístico de prueba se define con la expresión

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)\hat{S}_1^2 + (m-1)\hat{S}_2^2}{n+m-2} \left( \frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right)}}$$

El valor absoluto de  $t_d$  se compara con el valor de la distribución t de Student de dos colas, y con  $\nu = n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad y para un nivel  $\alpha = 0.05$

Si y solo si el valor absoluto de  $t_d$  es mayor que el de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie  $Q_i$  se considera no homogénea.

#### 4.5.3.1.4 Prueba estadística de Cramer

Esta prueba se utiliza con el propósito de verificar homogeneidad en el registro  $Q_i$  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  $Q_j$  del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos  $Q_{60}^j$  y  $Q_{30}^j$ . 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.

El valor absoluto de  $t_w$  se compara con el valor de la distribución  $t$  de Student de dos colas, y con  $\nu = n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad y para un nivel  $\alpha = 0.05$

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

#### 4.5.3.1.5 Software AFA

Para aplicar estas pruebas estadísticas a los datos de precipitación se utilizó el software AFA V.1.1 elaborado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (Ver Figura 4.39)

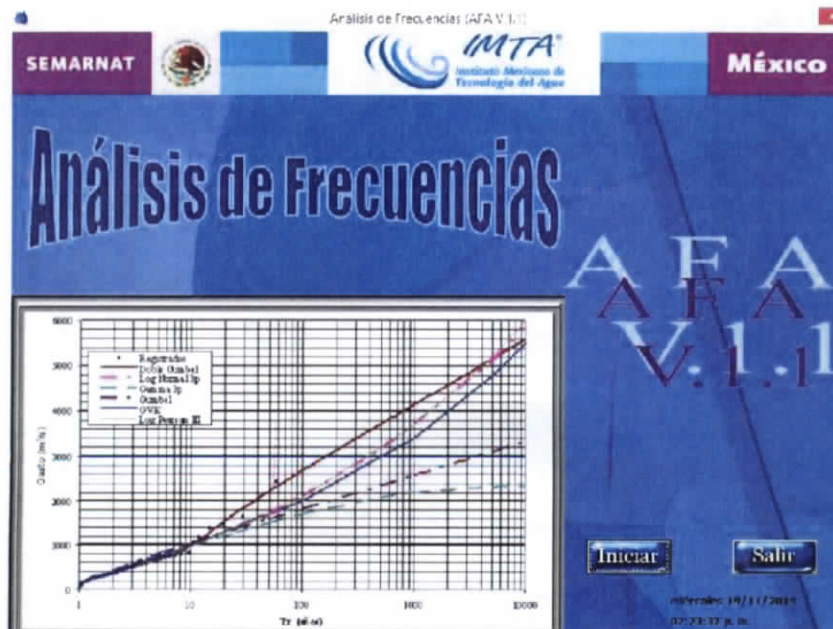


Figura 4.39.- Pantalla de inicio software AFA v.1.1 (FUENTE: IMTA, 2010)

VH



AFA es un software en plataforma Windows que permita realizar el análisis de frecuencias de datos hidrológicos, mediante el ajuste de Funciones de Distribución de Probabilidad (FDP).

Presenta una interfaz amigable y fácil de utilizar para el usuario, en cada una de las funciones de distribución se muestran los parámetros estadísticos de la muestra de datos analizada (media, variancia no sesgada, variancia sesgada, desviación estándar, coeficiente de sesgo de asimetría, coeficiente no sesgado de asimetría, coeficiente sesgado de Curtosis, coeficiente no sesgado de Curtosis, coeficiente de variación).

Para estimar los parámetros de las funciones de distribución de probabilidad se utilizan los métodos de Momentos, Máxima Verosimilitud y Error Cuadrático Mínimo en el caso de la FDP Gumbel Doble.

Una vez que se han estimado los parámetros de la FDP, se calcula la variable analizada para diferentes períodos de retorno ( $T_r$ ) establecidos en el programa, los cuales el usuario puede modificar. El programa muestra los resultados de manera gráfica los ajustes obtenidos con los valores registrados de la variable.

El sistema genera un archivo de resultados en cada una de las funciones de distribución, estos archivos se guardan en el directorio de trabajo seleccionado.

#### 4.5.3.1.6 Procedimiento por medio del software AFA v. 1.1

- 1) Se genera un archivo en formato \*.txt, el cual contiene los registros completos y continuos de lluvia por cada una de las estaciones climatológicas registradas.



Figura 4.40.- Archivo de texto (\*.txt) conteniendo los datos de precipitación

2) El archivo se ingresa al software AFA v.1.1 como se muestra en la Figura 4.41

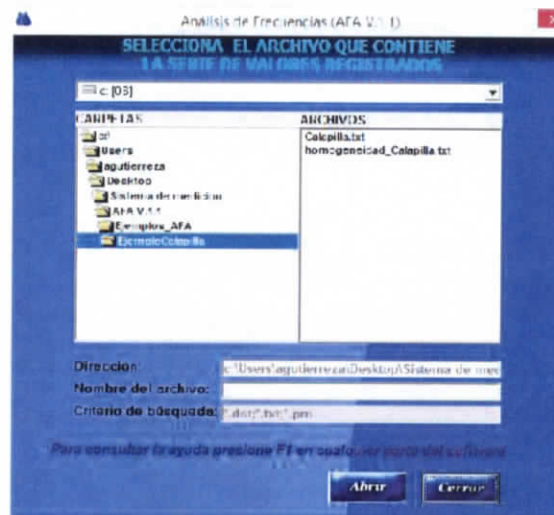


Figura 4.41.- Pantalla del software AFA v.1.1 para ingresar el archivo de \*.txt

3) Se selecciona la opción de Homogeneidad e Independencia de la barra de tareas, y después Homogeneidad. Al instante el software presenta los resultados obtenidos de las tres pruebas estadísticas mencionadas anteriormente (ver Figura 4.42)

VF

Prueba de Homogeneidad

**Método de Helmert**

Resumen de los resultados de la prueba de homogeneidad

Número de datos de la muestra: 16      Media: 140,131

Número de variables S: 7      Número de variables C: 8

Cuanto S/C: -1      Total: 3,9      La muestra es homogénea.

---

**Método de T de Student**

Cuanto 1

Número de valores: 8      Media: 91,755      Desviación estándar: 61,906

Cuanto 2

Número de valores: 8      Media: 168,488      Desviación estándar: 156,823

Valor de estadístico de prueba Td: 1,204

Grados de libertad: 14      Valor de la T de Student: 3,15

Como el T de Student cae fuera la muestra es homogénea.

---

**Método de Cramer**

Grupo 1 (50% de la muestra)

Número de valores: 10      Media: 139,780      Desviación estándar: 0,0722      Estadístico de prueba Td: 1,80800

Grupo 2 (50% de la muestra)

Número de valores: 6      Media: 158,140      Desviación estándar: 0,55538      Estadístico de prueba Td: 4,14003

Grados de libertad: 11      Valor de la T de Student: 0,160

Como Td < T, el bloque es homogéneo.

Como Td < T, el bloque es homogéneo.

Figura 4.42.- Pantalla de resultados obtenidos por estación con el software AFA v.1.1

Con los resultados obtenidos en el ejemplo se puede concluir que: la estación es Homogénea, ya que presenta homogéneas sus tres pruebas estadísticas. Lo que se muestra en la Tabla 4.12 indica que en al menos 2 de las 3 pruebas estadísticas el resultado debe ser homogéneo para que la estación analizada resulte homogénea.

Tabla 4.12.- Combinaciones para generar resultados

Prueba estadística de Helmert	Prueba estadística de T de Student	Prueba estadística de Cramer	RESULTADO FINAL
HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA
HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA
HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA
HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA
NO HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA
NO HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA	HOMOGÉNEA
NO HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA	NO HOMOGÉNEA

*JF*

#### 4.5.4 Análisis de Homogeneidad -Estaciones climatológicas Tabasco.



##### 4.5.4.1 Estación 27002 - Benito Juárez

Estado: Tabasco

Municipio: Centla

Coordenadas:

Longitud: -92.703

Latitud: 18.417

##### 4.5.4.1.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.43 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27002 - Benito Juárez.

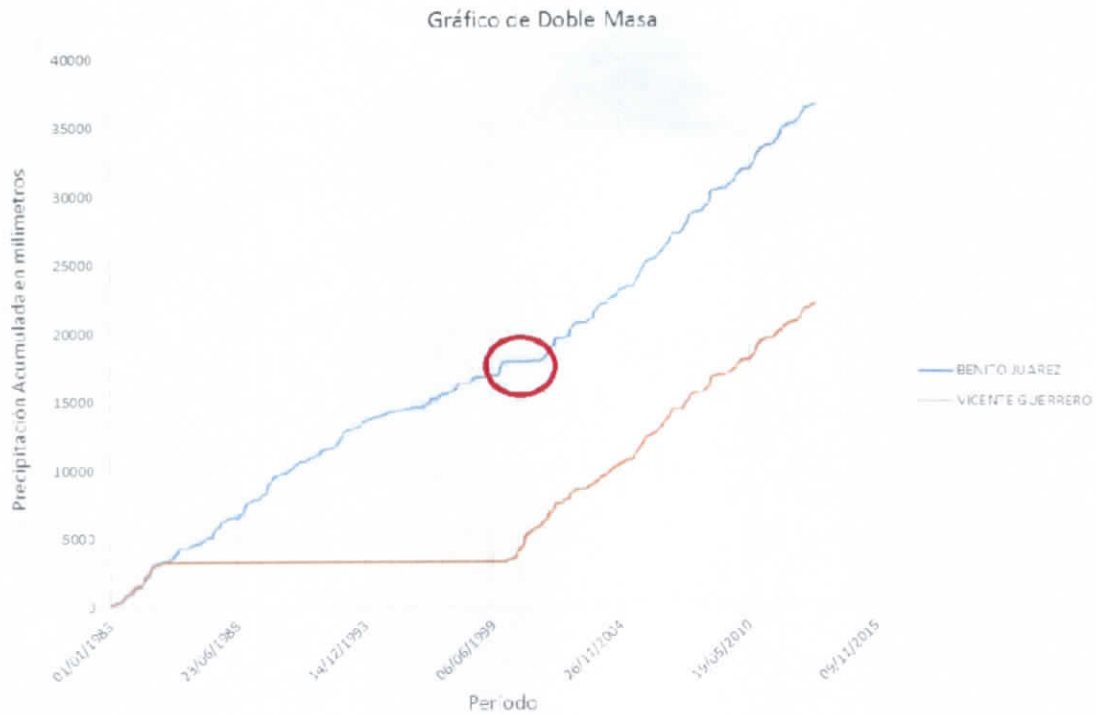
Años con datos: 30

Años sin datos: 1

A handwritten signature or set of initials in black ink, located in the bottom right corner of the page.







**Figura 4.45 Gráfico de doble masa de la estación "Benito Juárez"**

**Conclusión:** Se observa que la estación 27005 (línea azul) conserva una pendiente hasta el año 2000 en donde presenta una ausencia de datos por todo el año (círculo rojo), después de este año la estación vuelve a recibir datos y conserva su pendiente.

#### 4.5.4.1.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de t Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.72816

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**



### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población.

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.85202

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.44873

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 14

Numero de cambios  $C$ : 16

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: -2

Valor de tolerancia  $\pm$ : 5.4772

Resultado:

ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

### **RESUMEN**

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3

### **CONCLUSIÓN**

Estación Homogénea

#### 4.5.4.2 Estación 27003 - Blasillo

Estado: Tabasco

Municipio: Huimanguillo

Coordenadas:

Longitud: -93.933

Latitud: 18.100

##### 4.5.4.2.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.46 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27003 - Blasillo.

Años con datos: 31

Años sin datos: 0



Figura 4.46 Hietograma de la estación 27003

##### 4.5.4.2.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27060 - GONZÁLEZ

Distancia a la estación de comparación: 22.43 km (Figura 4.47)



Figura 4.47 Estación más cercana a la estación "Blasillo"

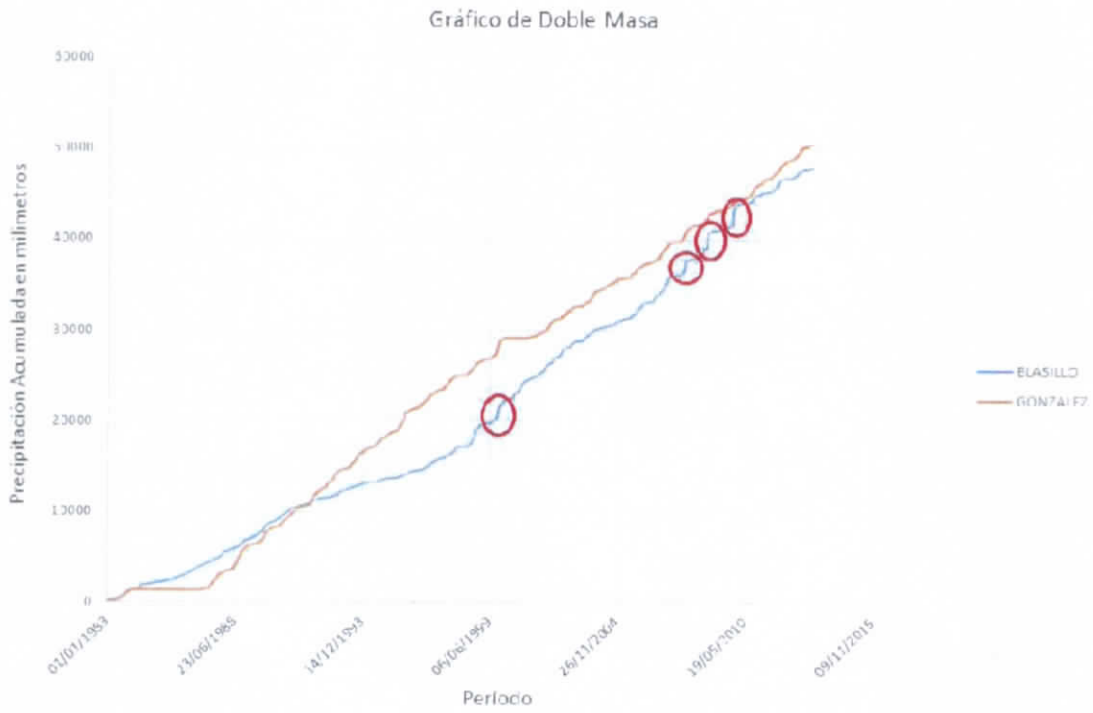


Figura 4.48 Gráfico de doble masa de la estación "Blasillo"

VF

**Conclusión:** Se observa que a pesar de tener incrementos constantes la estación (línea azul) presenta pequeños saltos escalonados (círculos rojos) que indican un aumento súbito en la vertical de la precipitación acumulada producto de diversos eventos extraordinarios.

#### 4.5.4.2.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de t Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.9553

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 2.1688

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 2.7353

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

Serie no homogénea

Bloque del 30%

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

Bloque no Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie no Homogénea**

##### **Prueba de Helmert**

Numero de secuencias  $S$ : 20

VF

Numero de cambios C: 10

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmert: 10

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no Homogénea**

### **RESUMEN**

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 1

### **CONCLUSIÓN**

Estación NO Homogénea

#### **4.5.4.3 Estación 27004 – Boca del cerro**

Estado: Tabasco

Municipio: Tenosique

Coordenadas:

Longitud: -91.492

Latitud: 17.442

##### **4.5.4.3.1 Análisis Visual Gráfico**

En la Figura 4.49 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27004 – Boca del cerro.

Años con datos: 31

Años sin datos: 0

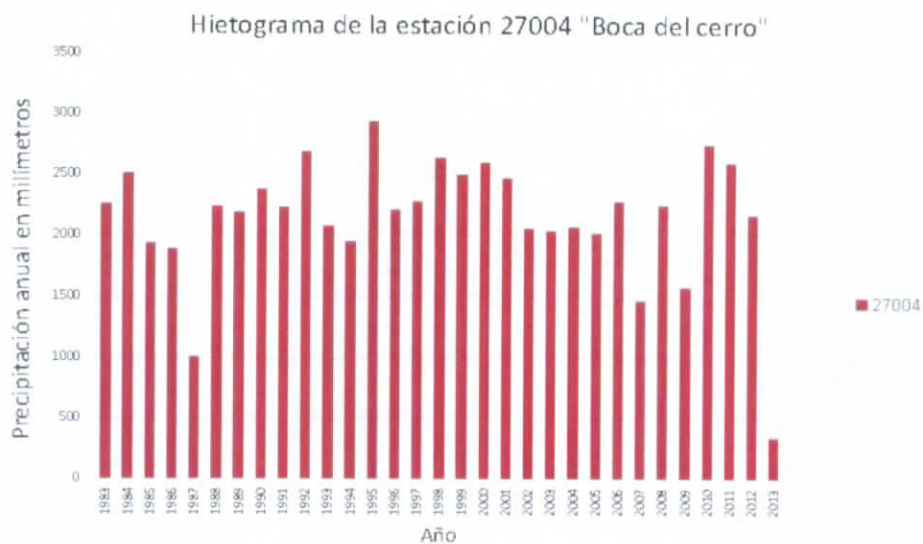


Figura 4.49 Hietograma de la estación 27004

#### 4.5.4.3.2 Análisis de la Curva Doble Masa

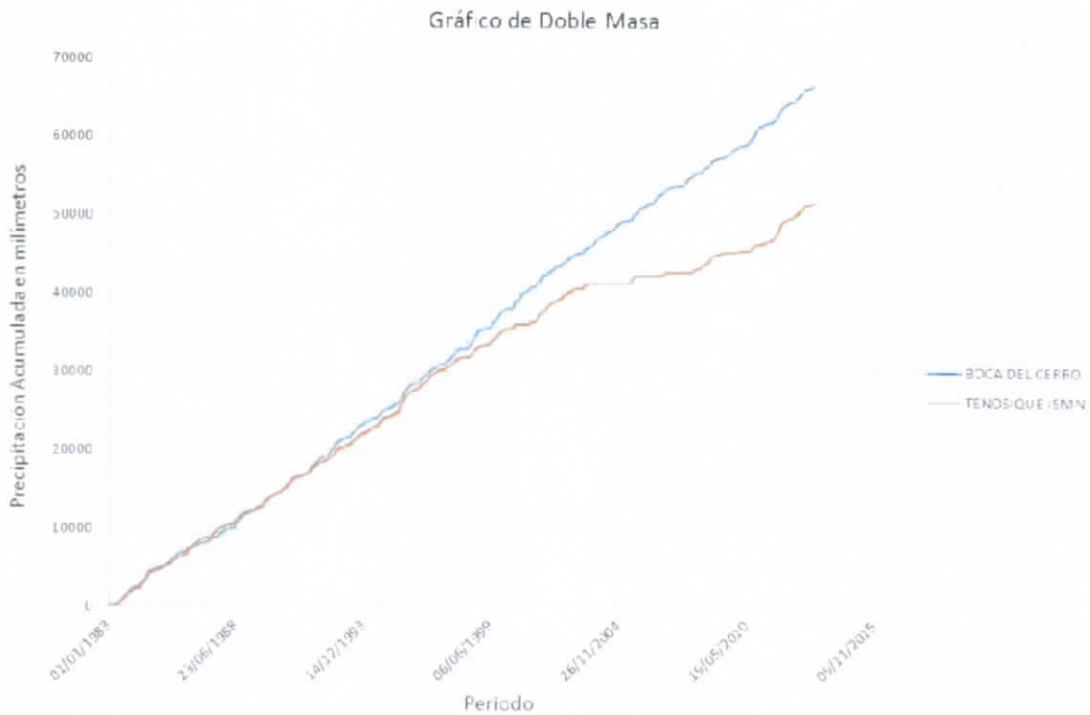
Estación de comparación: 27047 - TENOSIQUE

Distancia a la estación de comparación: 7.48 km (Figura 4.50)



Figura 4.50 Estación más cercana a la estación "Boca del cerro"





**Figura 4.51 Gráfico de doble masa de la estación "Boca del cerro"**

**Conclusión:** Se observa que la estación 27004 (línea azul) tiene un incremento constante conservando la pendiente.

#### 4.5.4.3.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de t Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.33503

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea

##### Prueba de Cramer

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.18915

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.077805

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

#### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia  $\pm$ : 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

#### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3**

#### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

##### **4.5.4.4 Estación 27006 – Buena Vista**

Estado: Tabasco

Municipio: Balancán

Coordenadas:

Longitud: -91.317

Latitud: 18.012

#### 4.5.4.4.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.52 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27006 – Buena Vista.

Años con datos: 30

Años sin datos: 1

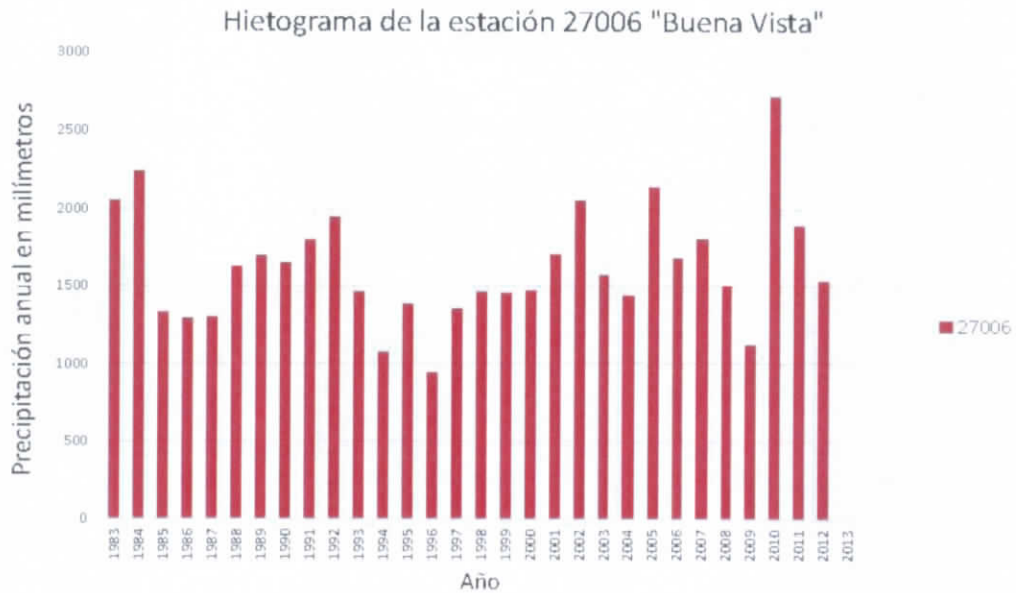


Figura 4.52 Hietograma de la estación 27006

#### 4.5.4.4.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27021 - MACTUN

Distancia a la estación de comparación: 13.30 km (Figura 4.53)

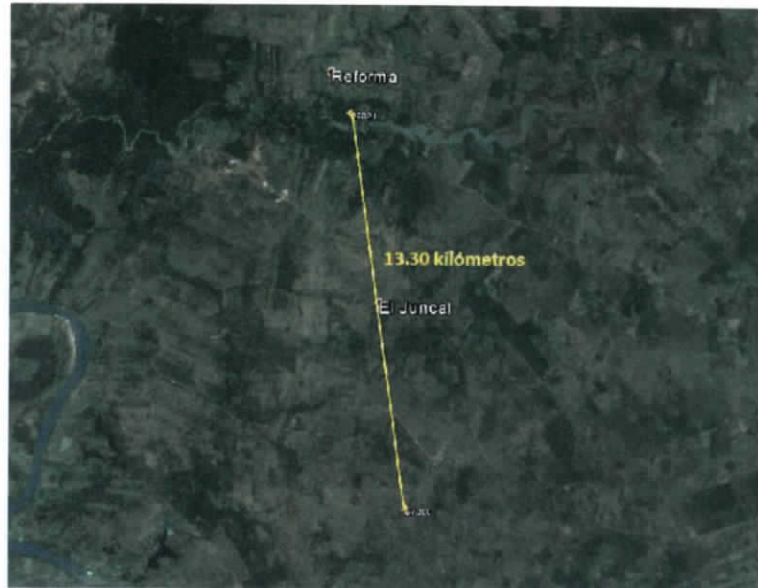


Figura 4.53 Estación más cercana a la estación "Buena Vista"

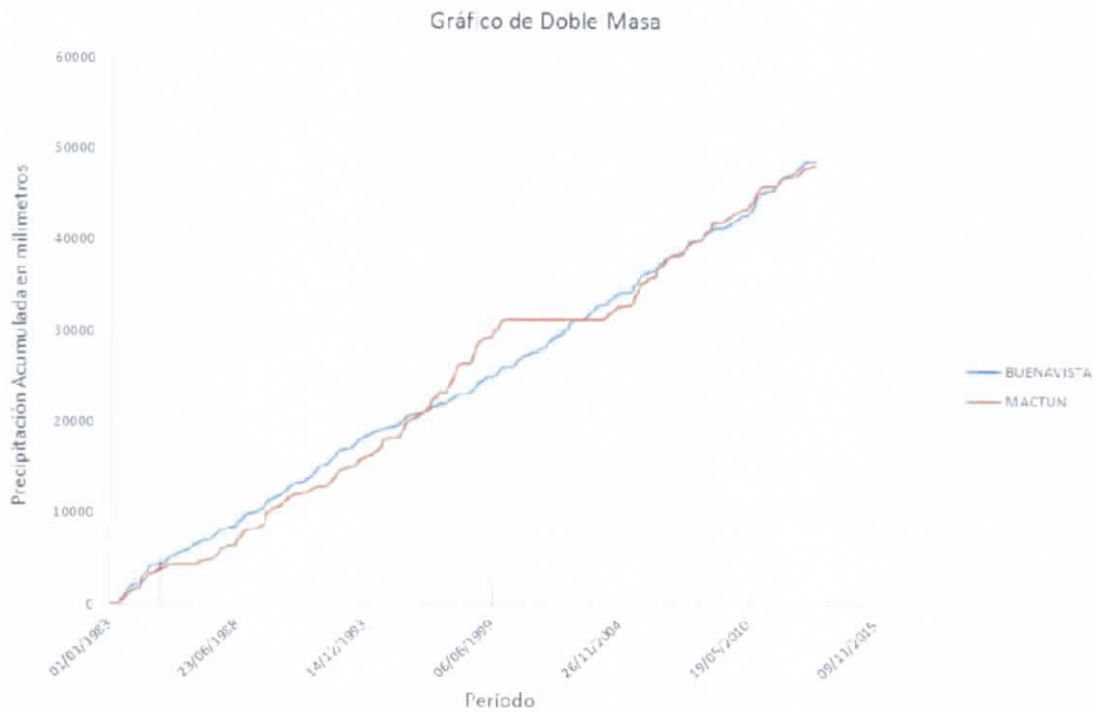


Figura 4.54 Gráfico de doble masa de la estación "Buena Vista"

**Conclusión:** Se observa que la estación 27006 (línea azul) conserva su pendiente durante todo el periodo de análisis.

#### 4.5.4.4.3 *Análisis Estadístico (Homogeneidad)*

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.7972

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer,**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.0081145

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 1.2123

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmert**

Numero de secuencias  $S$ : 15

Numero de cambios  $C$ : 15

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmert: 0

Valor de tolerancia  $\pm$ : 5.4772

Resultado:

Ans: 1

Se acepta la hipótesis nula H0

**Serie Homogénea**

**RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3**

**CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

**4.5.4.5 Estación 27007 - Campo E. W. 75**

Estado: Tabasco

Municipio: Cárdenas

Coordenadas:

Longitud: -93.607

Latitud: 17.968

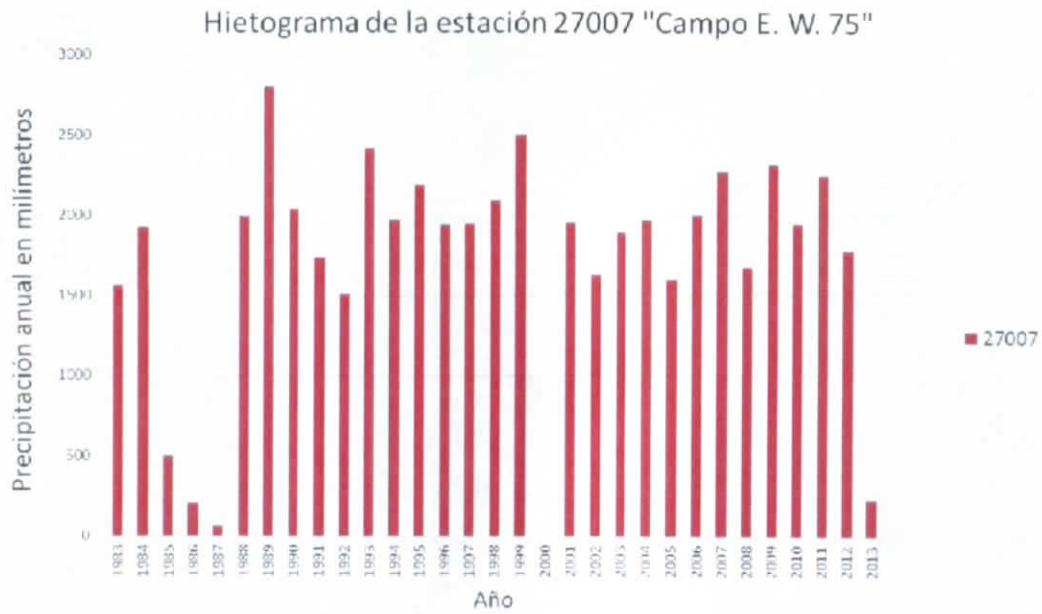
**4.5.4.5.1 Análisis Visual Gráfico**

En la Figura 4.55 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27007 - Campo E. W. 75.

Años con datos: 30

Años sin datos: 1





**Figura 4.55 Hietograma de la estación 27007**

#### 4.5.4.5.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27077 - POBLADO C-22

Distancia a la estación de comparación: 7.09 km (Figura 4.56)



Figura 4.56 Estación más cercana a la estación " Campo E. W. 75"

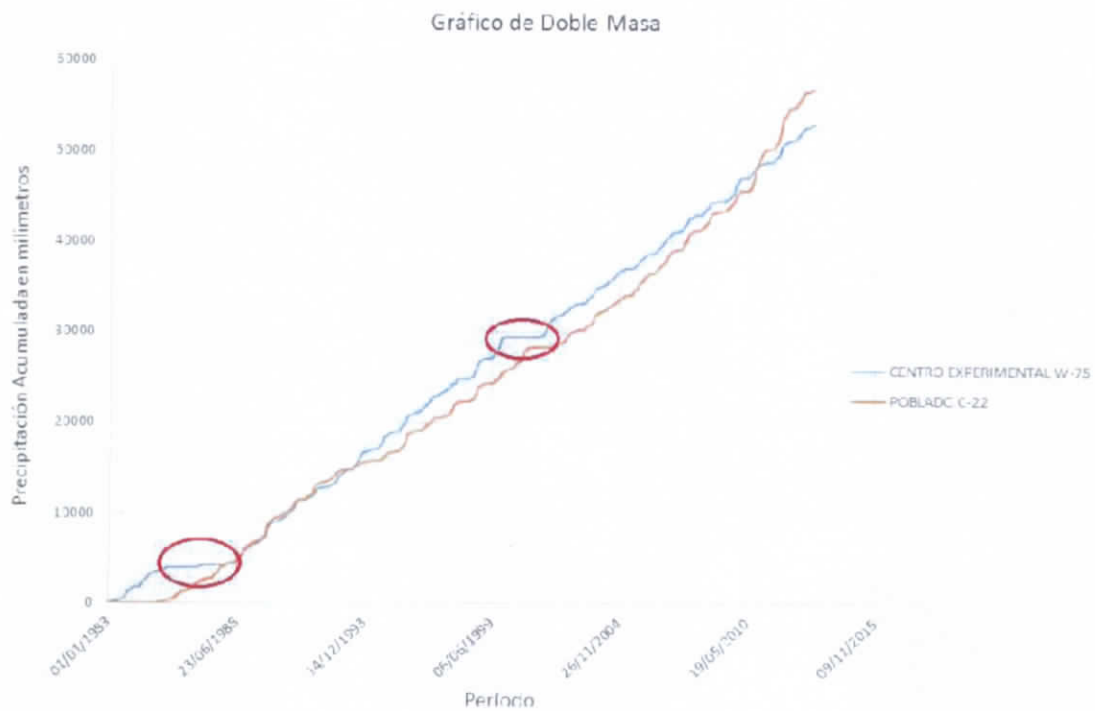


Figura 4.57 Gráfico de doble masa de la estación "C.E. W. 75"

**Conclusión:** Se puede observar en la gráfica (línea azul) que en dos periodos (85-88 y 00-01) la estación presento ausencia de datos (círculos rojos). Sin embargo, esta presenta una pendiente constante en el resto del periodo de análisis.

#### 4.5.4.5.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.1668

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.33802

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.40862

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmert**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14



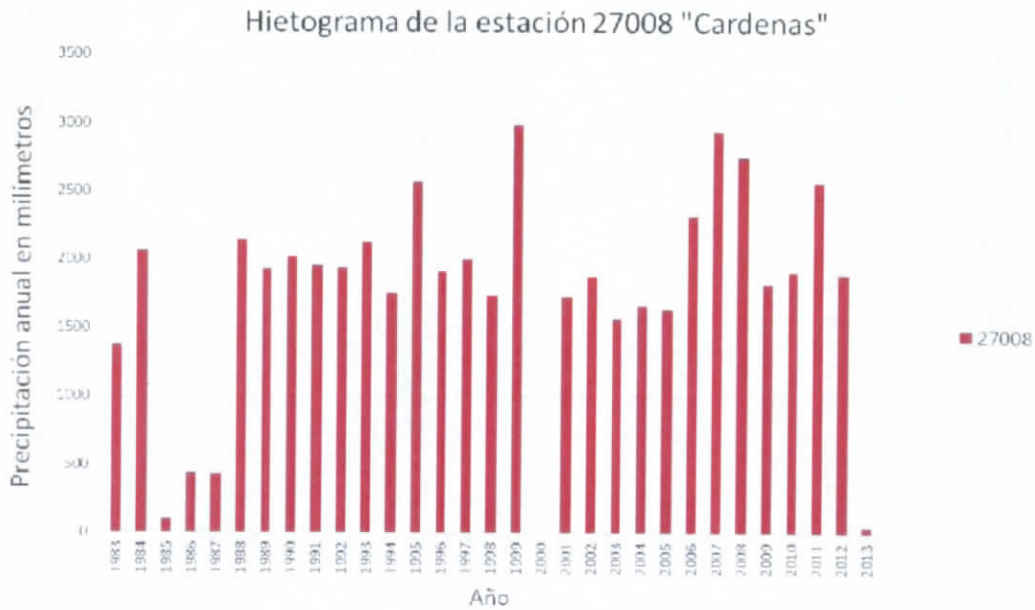


Figura 4.58 Hietograma de la estación 27008

#### 4.5.4.6.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27039 - SAMARIA

Distancia a la estación de comparación: 10.38 km (Figura 4.59)

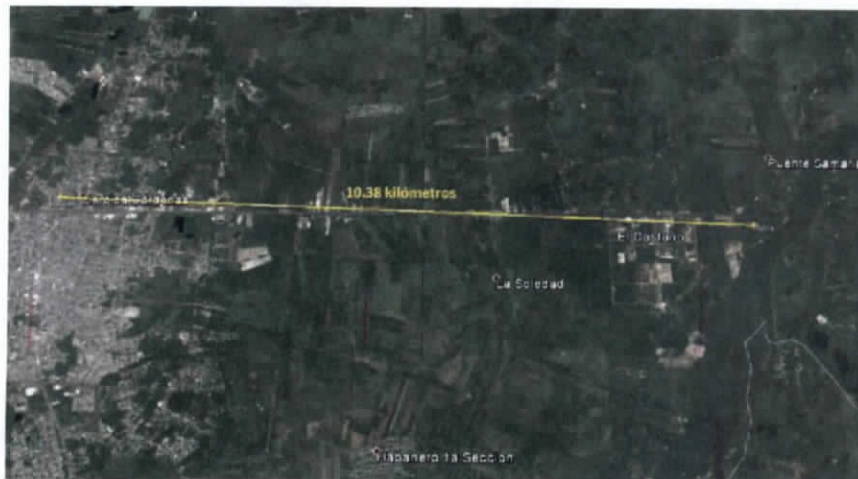
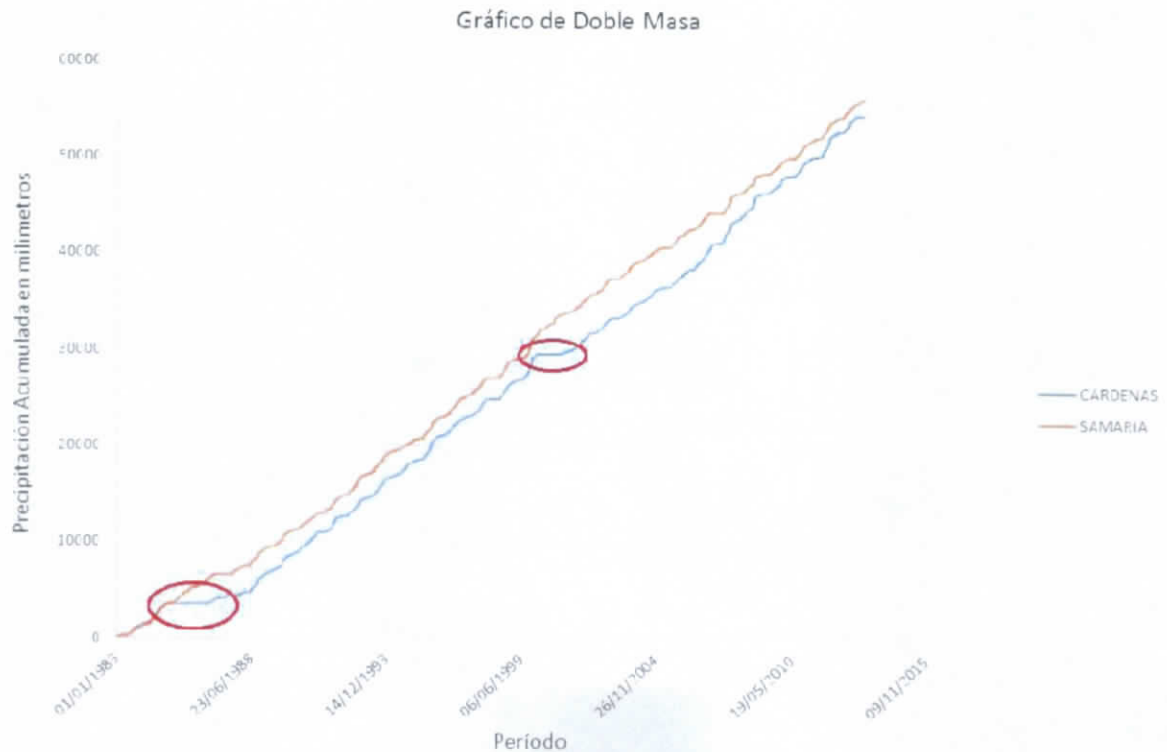


Figura 4.59 Estación más cercana a la estación "Cárdenas"



**Figura 4.60 Gráfico de doble masa de la estación "Cárdenas"**

**Conclusión:** Se observa que la estación (línea azul) al ser comparada con su asociada más cercana conserva una pendiente similar en casi todo el periodo y solo en dos periodos se observa una ausencia de datos (85-86 y 2000).

#### 4.5.4.6.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de T Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.162

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea



### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 1.3816

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 2.0912

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

Bloque no Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no Homogénea**

### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia  $\pm$ : 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 2**

### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

#### 4.5.4.7 Estación 27009 - Comalcalco

Estado: Tabasco

Municipio: Comalcalco

Coordenadas:

Longitud: -93.22

Latitud: 18.242

##### 4.5.4.7.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.61 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27002 - Benito Juárez.

Años con datos: 28

Años sin datos: 3

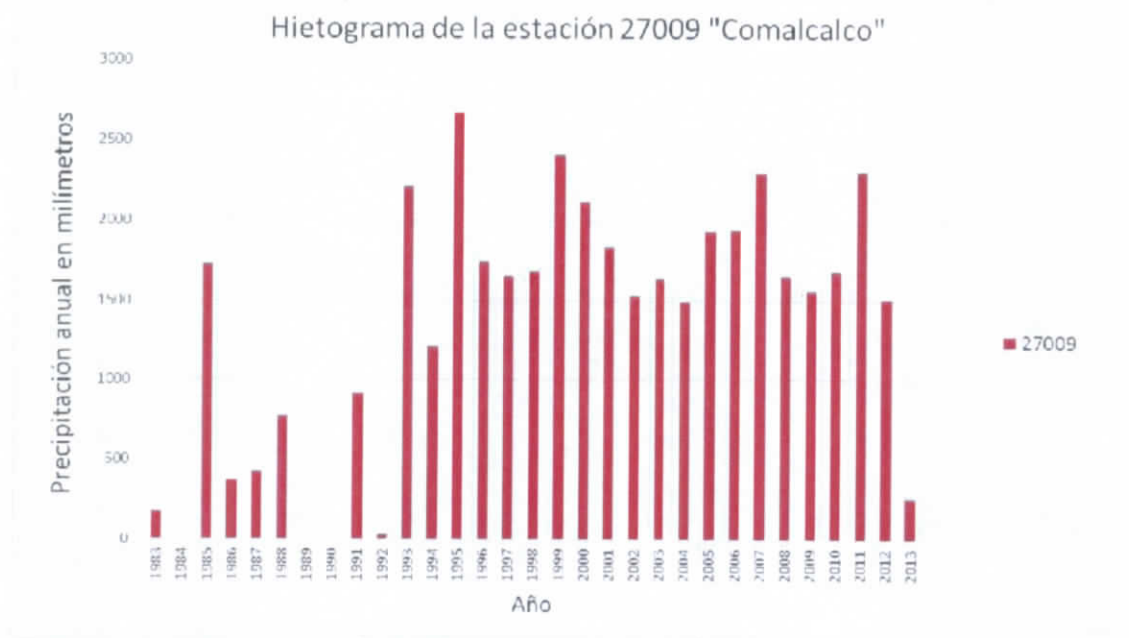


Figura 4.61 Hietograma de la estación 27009

##### 4.5.4.7.2 Análisis de la Curva Doble Masa

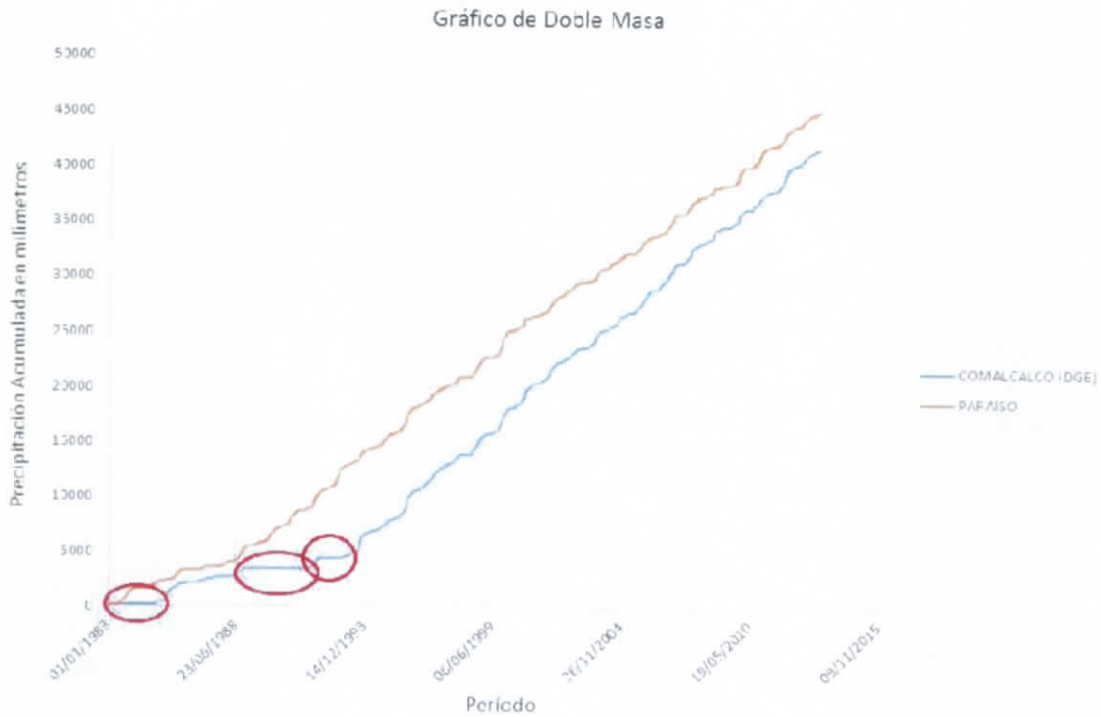
Estación de comparación: 27034 - PARAISO

Distancia a la estación de comparación: 16.38 km (Figura 4.62)



Figura 4.62 Estación más cercana a la estación "Comalcalco"

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials.



**Figura 4.63 Gráfico de doble masa de la estación "Comalcalco"**

**Conclusión:** Se observa que aunque la gráfica (línea azul) es similar en pendiente y comportamiento a su asociada, se encuentran periodos (círculos rojos) con ausencia de datos (83-84, 89-90 y 1992).

#### 4.5.4.7.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de T Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.8027

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea

### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 2.3467

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 1.8382

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.05

Bloque del 60%

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

Serie no homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no Homogénea**

### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia  $+/-$ : 5.4772

Resultado

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 2**

### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

Fecha: \_\_\_\_\_  
Firma: 

#### 4.5.4.8 Estación 27011 – Dos patrias

Estado: Tabasco

Municipio: Tacotalpa

Coordenadas:

Longitud: -92.798

Latitud: 17.613

##### 4.5.4.8.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.64 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27011 – Dos patrias.

Años con datos: 30

Años sin datos: 1

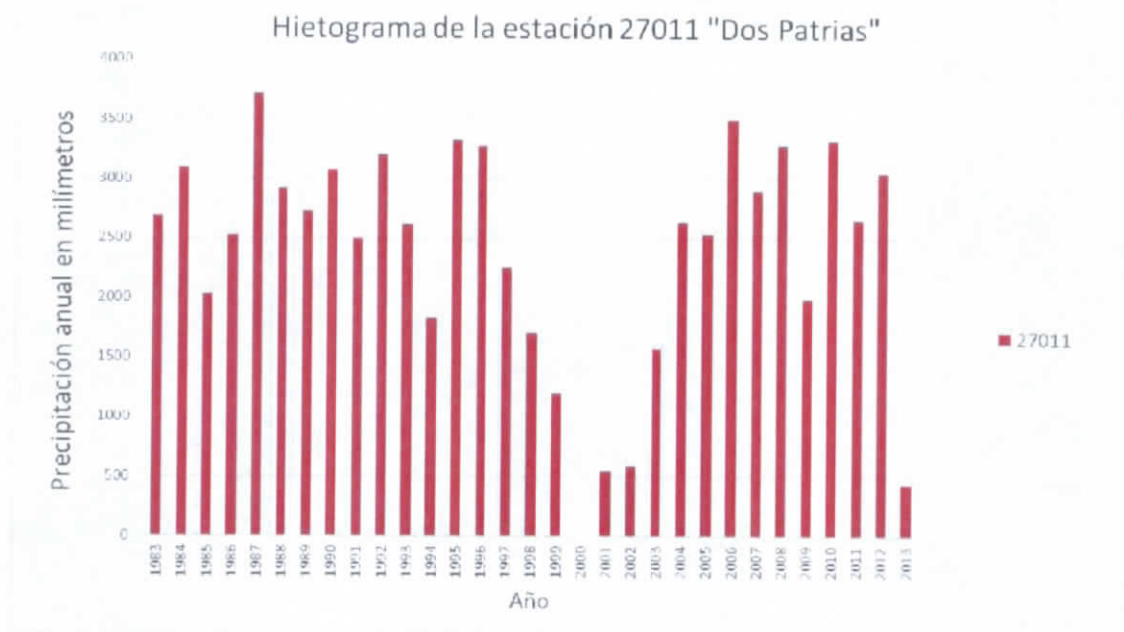


Figura 4.64 Hietograma de la estación 27011

##### 4.5.4.8.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27049 - TEQUILA

Distancia a la estación de comparación: 11.83 km (Figura 4.65).



Figura 4.65 Estación más cercana a la estación "Dos patrias"

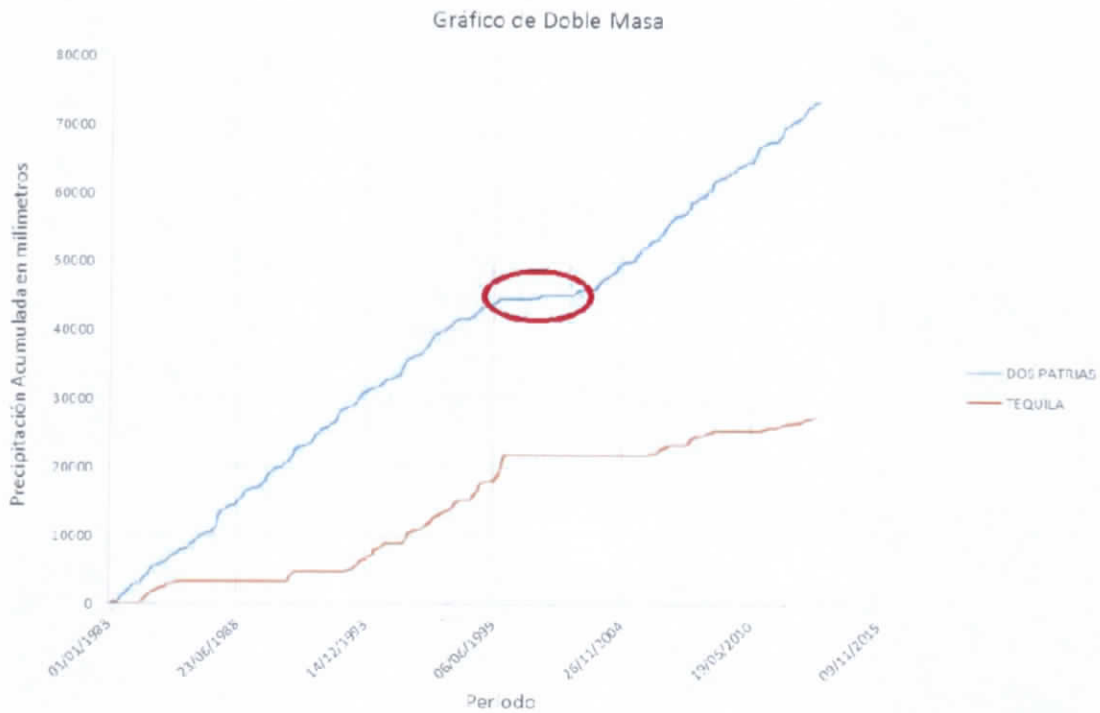


Figura 4.66 Gráfico de doble masa de la estación "Dos patrias"

**Conclusión:** Se puede observar que la estación (línea azul) presenta un periodo (00-02) de ausencia de datos (círculos rojos) lo que modifica la pendiente. Sin embargo se



observa que la pendiente posterior a este periodo conserva un valor similar al anterior al periodo de ausencia.

#### 4.5.4.8.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.98045

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 1.4574

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.14987

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula H0

**Serie Homogénea**

### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3**

### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

#### **4.5.4.9 Estación 27012 – Emiliano Zapata**

Estado: Tabasco

Municipio: Emiliano Zapata

Coordenadas:

Longitud: -91.781

Latitud: 17.742

##### **4.5.4.9.1 Análisis Visual Gráfico**

En la Figura 4.67 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27012 – Emiliano Zapata.

Años con datos: 25

Años sin datos: 6

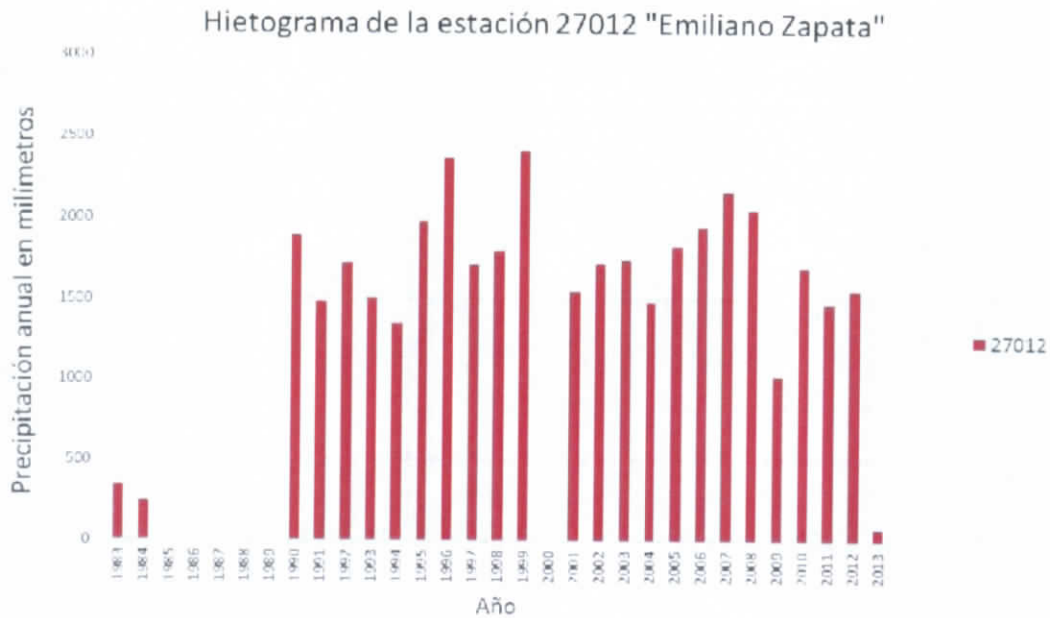


Figura 4.67 Hietograma de la estación 27012

4.5.4.9.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27091 - PLAYA LARGA

Distancia a la estación de comparación: 22.21 km (Figura 4.68).



Figura 4.68 Estación más cercana a la estación "Emiliano Zapata"

VF



**Figura 4.69 Gráfico de doble masa de la estación "Emiliano Zapata"**

**Conclusión:** Se observa tanto en la estación 27012 (línea azul) como en su asociada (línea naranja) una ausencia de datos (círculos rojos) al principio del periodo de estudio (83-89 y 2000), siguiendo con una pendiente similar el resto del estudio.

#### 4.5.4.9.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de T Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.6958

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea

##### Prueba de Cramer



Municipio: Huimanguillo

Coordenadas:

Longitud: -93.942

Latitud: 17.837

#### 4.5.4.10.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.70 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27015 – Francisco Rueda.

Años con datos: 26

Años sin datos: 5

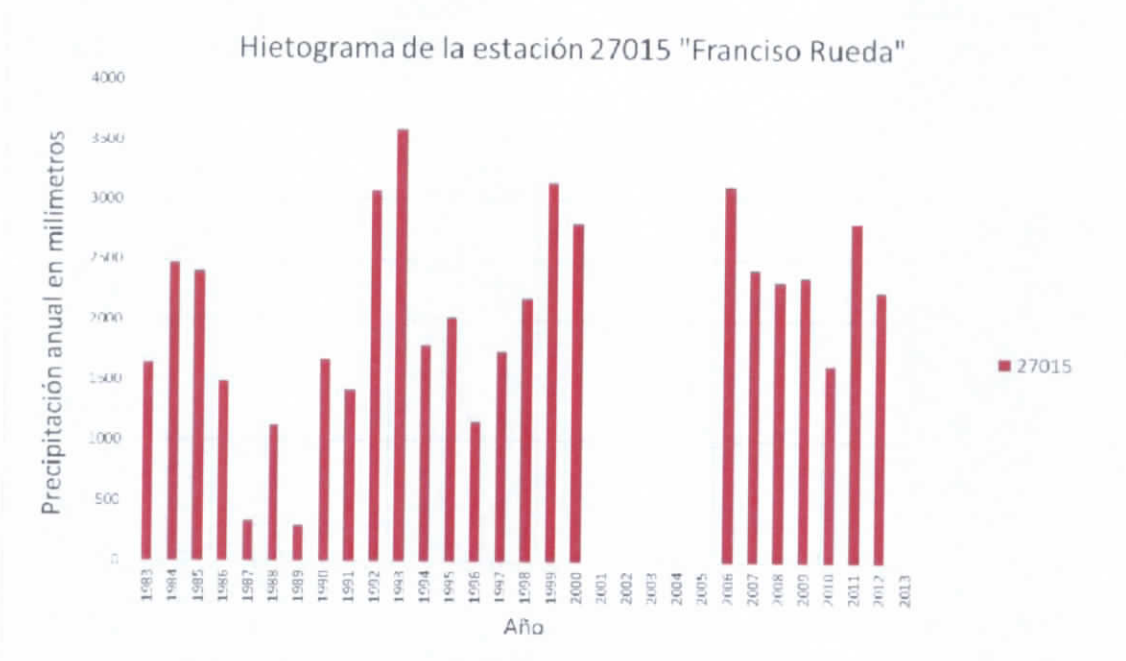


Figura 4.70 Hietograma de la estación 27015

#### 4.5.4.10.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27037 - PUEBLO NUEVO

Distancia a la estación de comparación: 6.97 km (Figura 4.71).



Figura 4.71 Estación más cercana a la estación "Francisco Rueda"

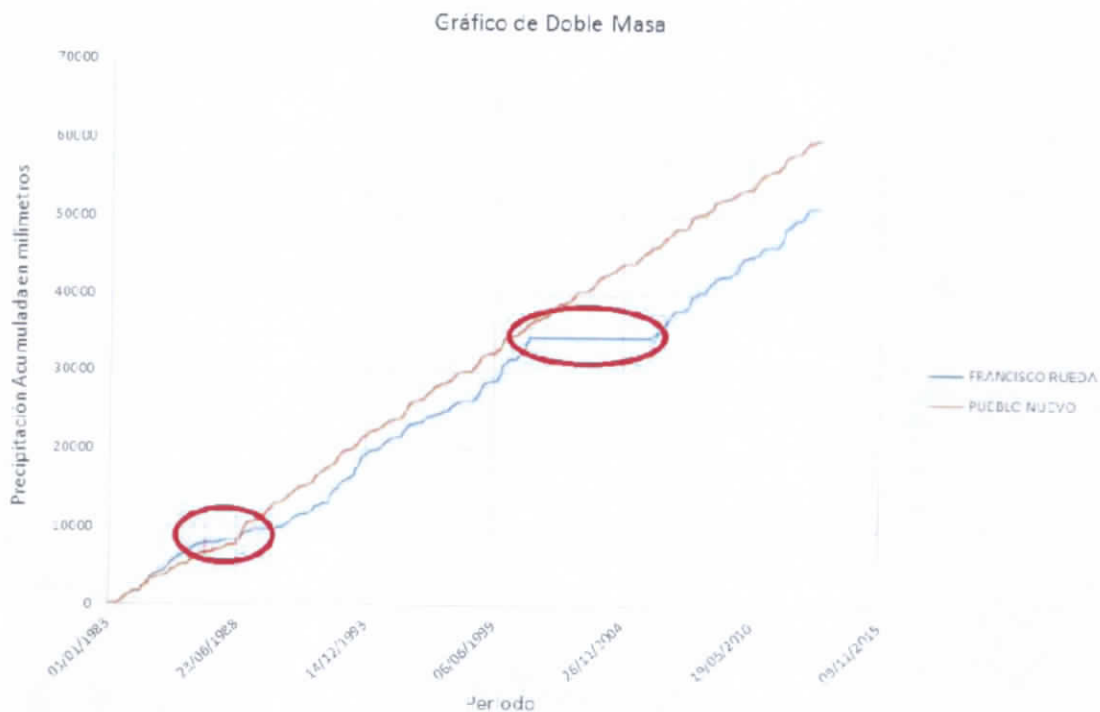


Figura 4.72 Gráfico de doble masa de la estación "Francisco Rueda"



**Conclusión:** En la imagen se observa que la pendiente de las 2 graficas es similar en los primeros años de hasta un periodo (círculos rojos) de ausencia de datos (87-89 y 01-05), continuando con una pendiente similar a lo anterior.

#### 4.5.4. 10.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.4645

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 1.2048

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 1.2191

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmert**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

## **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3**

## **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

### ***4.5.4.11 Estación 27019 - Jalapa***

Estado: Tabasco

Municipio: Jalapa

Coordenadas:

Longitud: -92.812

Latitud: 17.723

#### ***4.5.4.11.1 Análisis Visual Gráfico***

En la Figura 4.73 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27019 - Jalapa

Años con datos: 31

Años sin datos: 0

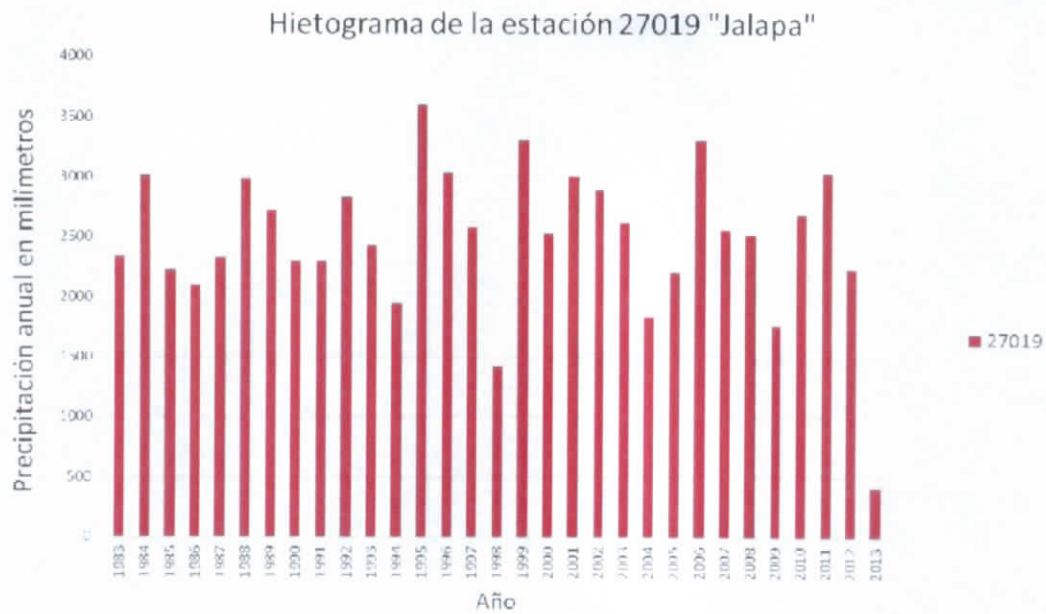


Figura 4.73 Hietograma de la estación 27019.

#### 4.5.4.11.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27049 - TEQUILA

Distancia a la estación de comparación: 0.66 km (Figura 4.74 Estación más cercana a la estación "Jalapa")



Figura 4.74 Estación más cercana a la estación "Jalapa"

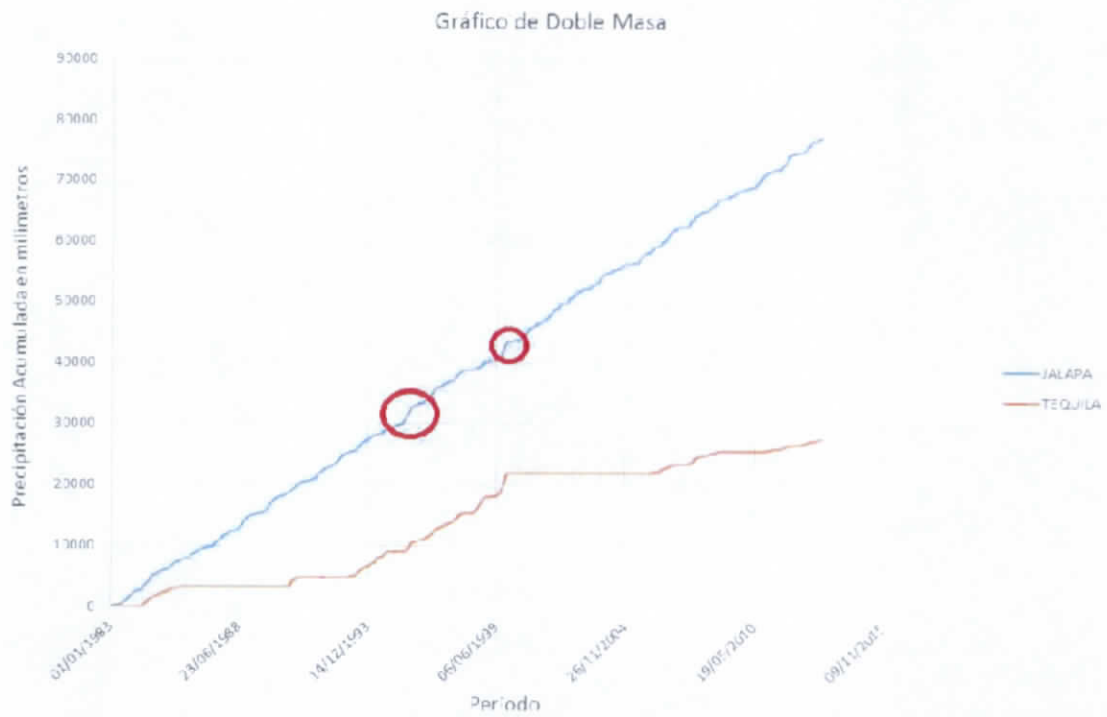


Figura 4.75 Gráfico de doble masa de la estación "Jalapa"

**Conclusión:** En la imagen se observa que la estación 27019 (línea azul) conserva su pendiente en todo el análisis, pero con algunos saltos escalonados (círculos rojos) que sugieren la presencia de eventos extraordinarios.

#### 4.5.4.11.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Prueba de t Student, dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.99767

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución t de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.15161

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.2336

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución t de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmert**

Numero de secuencias  $S$ : 14

Numero de cambios  $C$ : 16

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: -2

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3**

### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

#### **4.5.4.12 Estación 27020 – Jalpa de Méndez**

Estado: Tabasco

Municipio: Jalpa

Coordenadas:

Longitud: -93.045

Latitud: 18.172

##### **4.5.4.12.1 Análisis Visual Gráfico**

En la Figura 4.76 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27020 – Jalpa de Méndez

Años con datos: 19

Años sin datos: 12

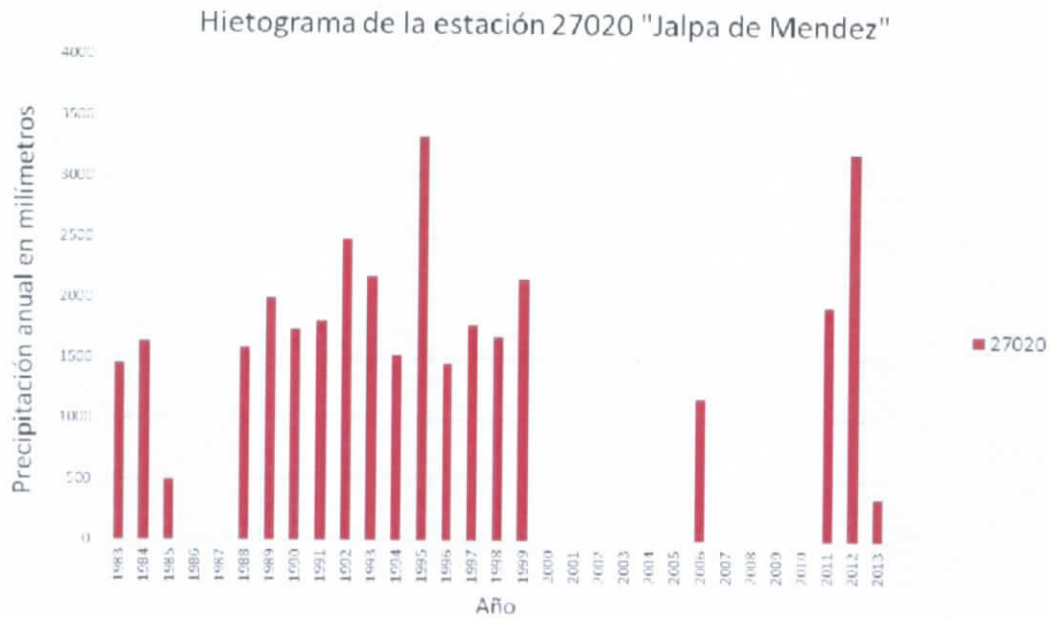


Figura 4.76 Hietograma de la estación 27020

#### 4.5.4.12.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27084 - NACAJUCA

Distancia a la estación de comparación: 2.91 km (Figura 4.77)

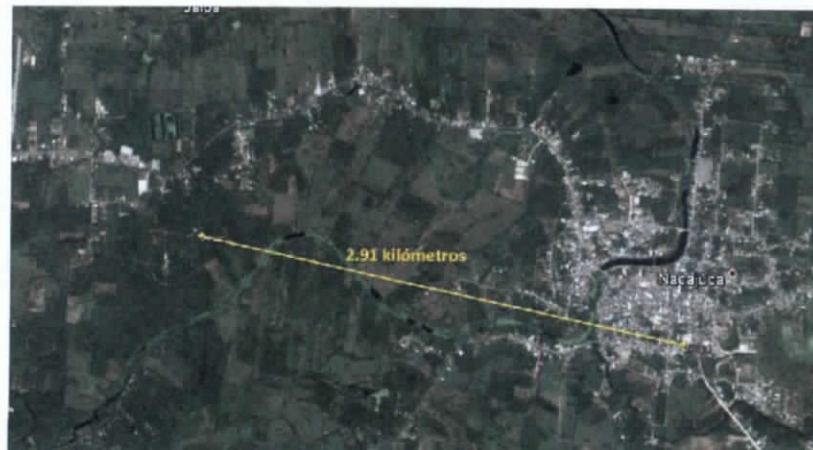
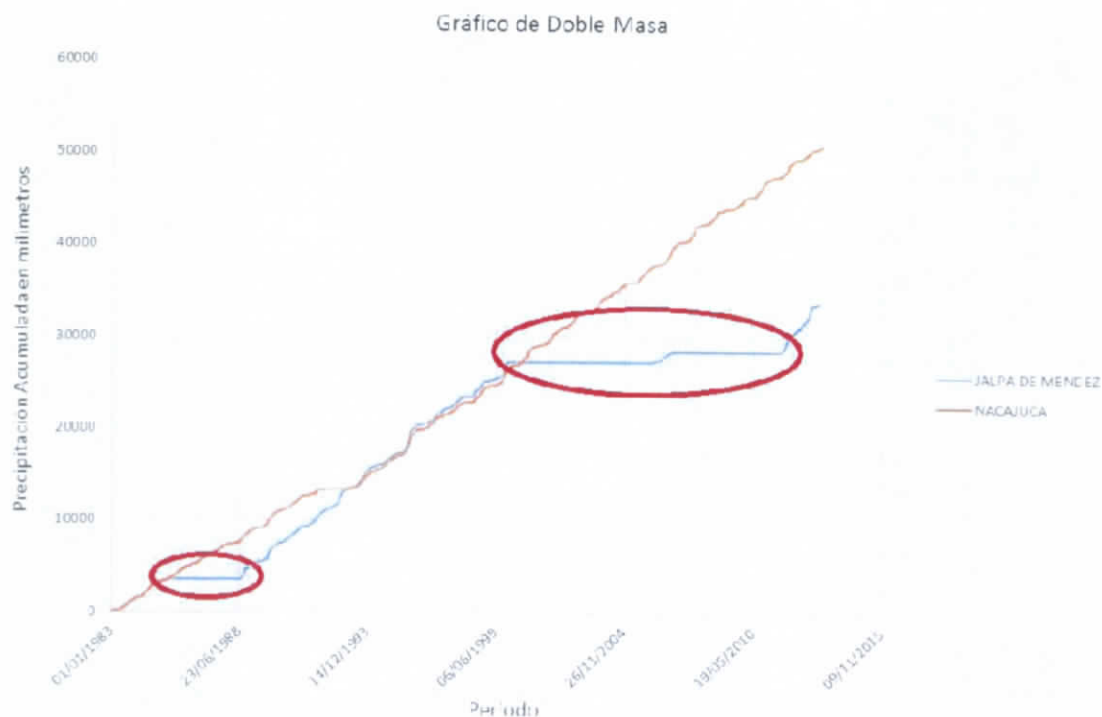


Figura 4.77 Estación más cercana a la estación "Jalpa de Méndez"





**Figura 4.78 Gráfico de doble masa de la estación "Jalpa de Méndez"**

**Conclusión:** Se puede observar que la estación (línea azul) tiene una pendiente semejante a su asociada (89-99), sin embargo, hay ausencias de datos (círculos rojos) en ciertos períodos (85-88 y 00-20)

#### 4.5.4. 12.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de T Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.75452

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea

### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.23116

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 2.2354

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

Bloque no Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no Homogénea**

### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia  $+/-$ : 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 2**

### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

#### 4.5.4.13 Estación 27021 - Macún

Estado: Tabasco

Municipio: Tenosique

Coordenadas:

Longitud: -91.293

Latitud: 17.757

##### 4.5.4.13.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.79 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27021 - Mactun.

Años con datos: 27

Años sin datos: 4

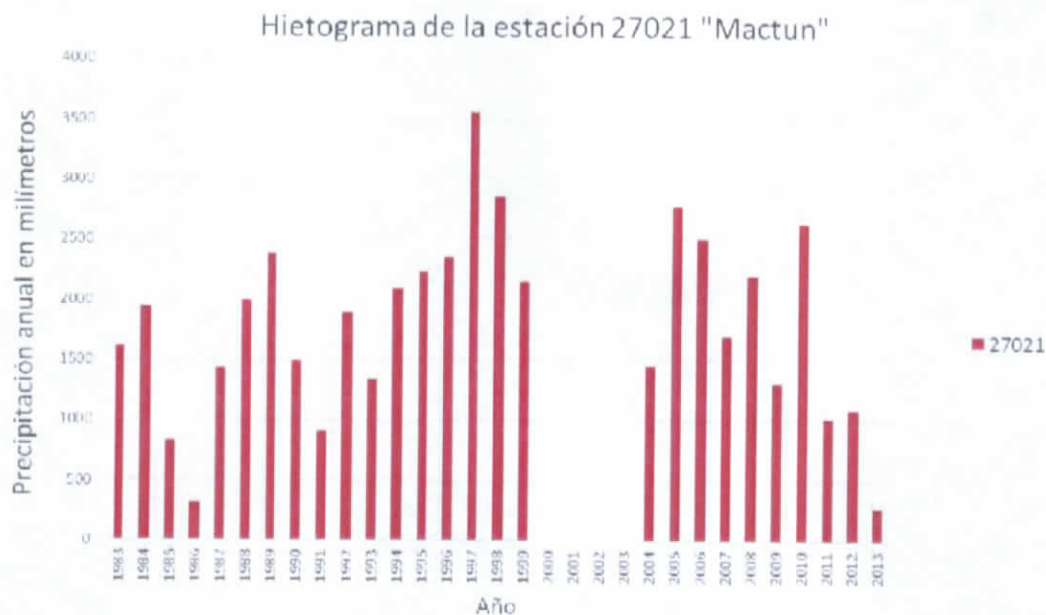


Figura 4.79 Hietograma de la estación 27021

##### 4.5.4.13.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27006 - BUENAVISTA

Distancia a la estación de comparación: 13.25 km (Figura 4.80)



Figura 4.80 Estación más cercana a la estación "Mactun"

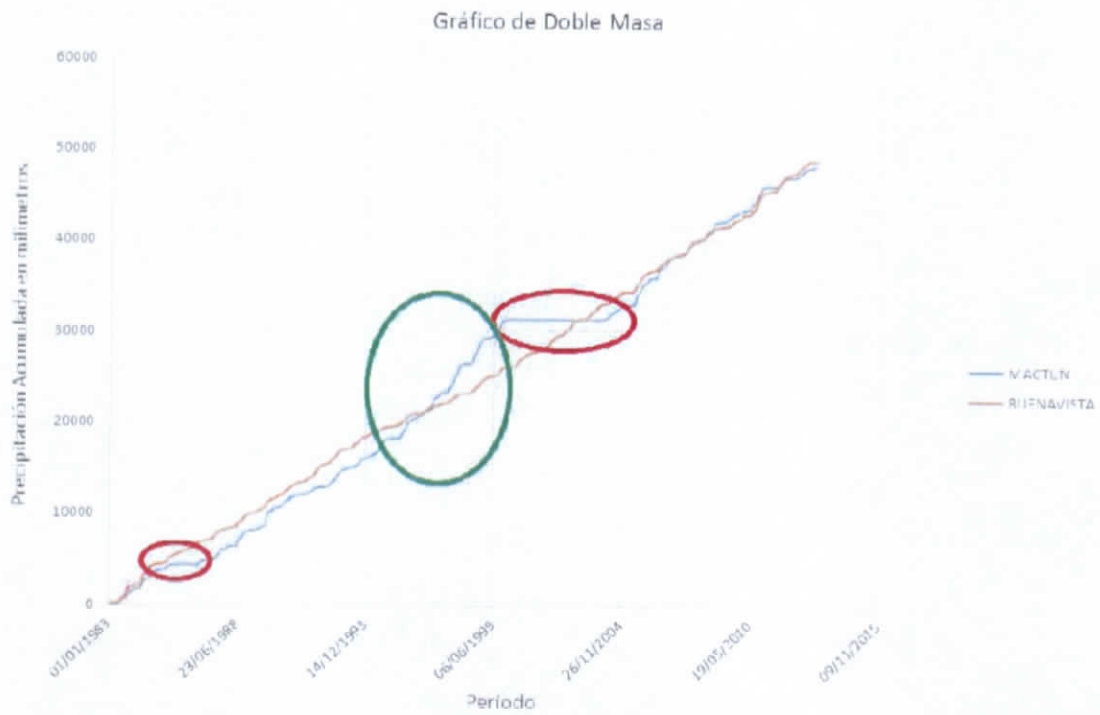


Figura 4.81 Gráfico de doble masa de la estación "Mactun"

**Conclusión:** Se puede observar que la estación 27021 (línea azul) presenta ausencia de datos (círculos rojos) en algunos períodos (85-87 y 00-04) y algunos saltos escalonados (círculo verde) que reflejan la presencia de eventos extraordinarios (95-99). El resto de los períodos muestra una pendiente similar a la estación asociada.

#### 4.5.4.13.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.1608

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.63929

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.042895

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmert**

Numero de secuencias  $S$ : 17

Numero de cambios C: 13

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmert: 4

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3**

### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

#### **4.5.4.14 Estación 27024 – La huasteca**

Estado: Tabasco

Municipio: Teapa

Coordenadas:

Longitud: -92.927

Latitud: 17.520

##### **4.5.4.14.1 Análisis Visual Gráfico**

En la Figura 4.82 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27024 – La huasteca.

Años con datos: 19

Años sin datos: 12

VF

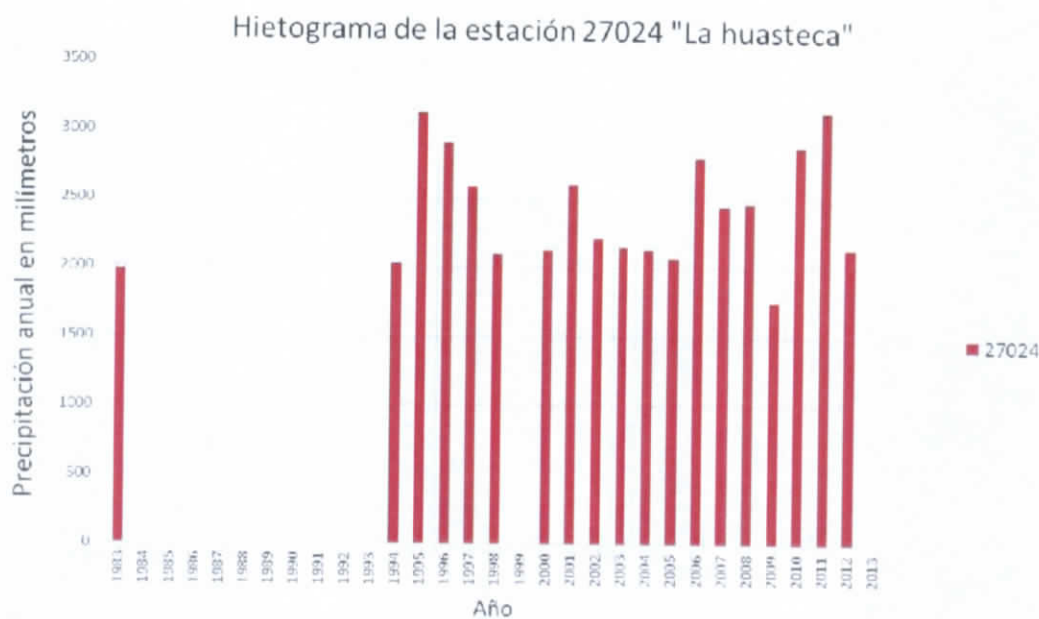


Figura 4.82 Hietograma de la estación 27024

#### 4.5.4.14.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27061 - PUYACATENGO

Distancia a la estación de comparación: 1.02 km (Figura 4.83)



Figura 4.83 Estación más cercana a la estación "La Huasteca"



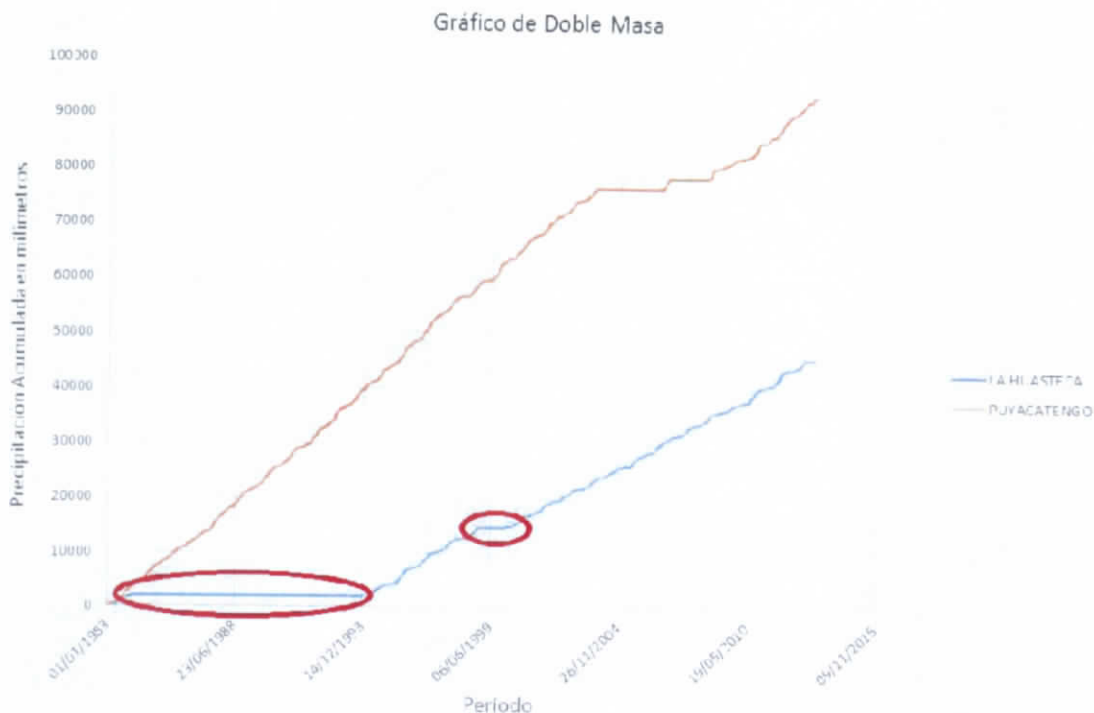


Figura 4.84 Gráfico de doble masa de la estación "La Huasteca"

**Conclusión:** La estación 27024 (línea azul) presenta ausencia de datos (círculos rojos) en algunos períodos (83-93 y 98-00), a diferencia de estos períodos, los datos representan una línea con pendiente constante.

#### 4.5.4.14.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de T Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.15802

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea

##### Prueba de Cramer

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 1.1735

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 1.0826

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

#### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia  $\pm$ : 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

#### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3**

#### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

#### 4.5.4.15 Estación 27028 - Jonuta

Estado: Tabasco

Municipio: Jonuta

Coordenadas:

Longitud: -92.139

Latitud: 18.092

##### 4.5.4.15.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.85 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27028 - Jonuta.

Años con datos: 17

Años sin datos: 14

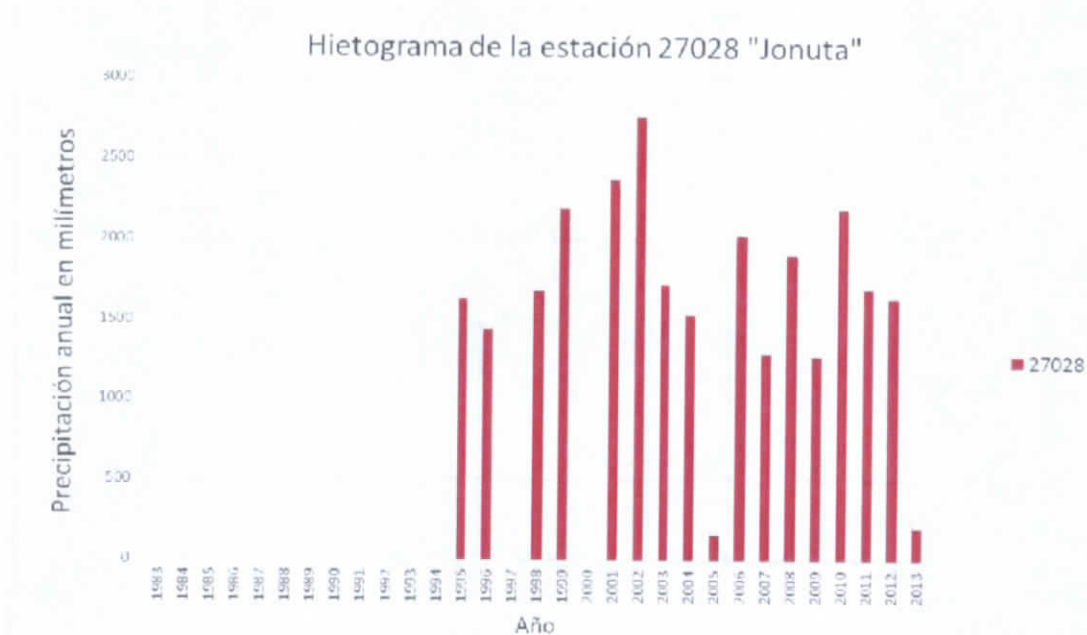


Figura 4.85 Hietograma de la estación 27028

##### 4.5.4.15.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27091 - PLAYA LARGA

Distancia a la estación de comparación: 38.61 km (Figura 4.86)



Figura 4.86 Estación más cercana a la estación "Jonuta"

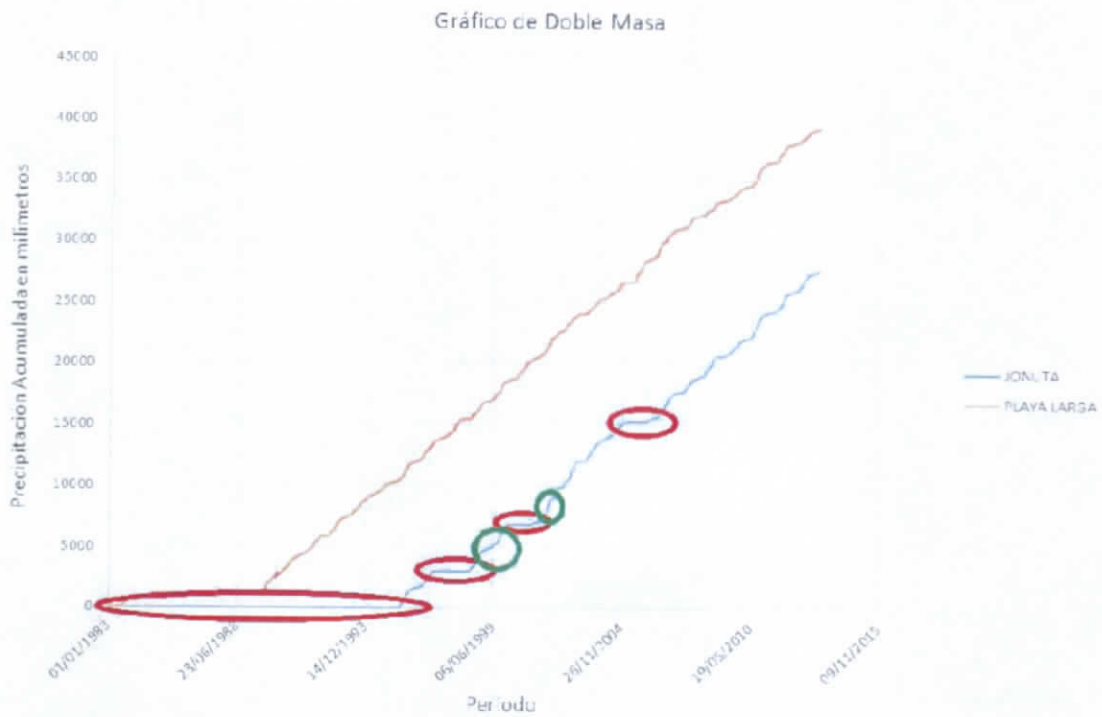


Figura 4.87 Gráfico de doble masa de la estación "Jonuta"

**Conclusión:** La estación 27028 (línea azul) presenta ausencia de datos (círculos rojos) en varios períodos, inclusive en el inicio del análisis (83-95, 95-97, 00-02 y 04-06), además de unos saltos escalonados (círculos verdes) en algunos períodos (99-00 y 02). Se aprecia una pendiente constante a partir del 2007 y similar a la asociada

#### 4.5.4.15.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 3.1633

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 3.0329

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 1.3085

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

Serie no homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no Homogénea**

##### **Prueba de Helmert**

Numero de secuencias  $S$ : 20

Numero de cambios C: 10

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 10

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no Homogénea**

### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 0**

### **CONCLUSIÓN**

**Estación NO Homogénea**

#### **4.5.4.16 Estación 27030 - Macuspana**

Estado: Tabasco

Municipio: Macuspana

Coordenadas:

Longitud: -92.583

Latitud: 17.767

##### **4.5.4.16.1 Análisis Visual Gráfico**

En la Figura 4.88 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27030 - Macuspana.

Años con datos: 31

Años sin datos: 0

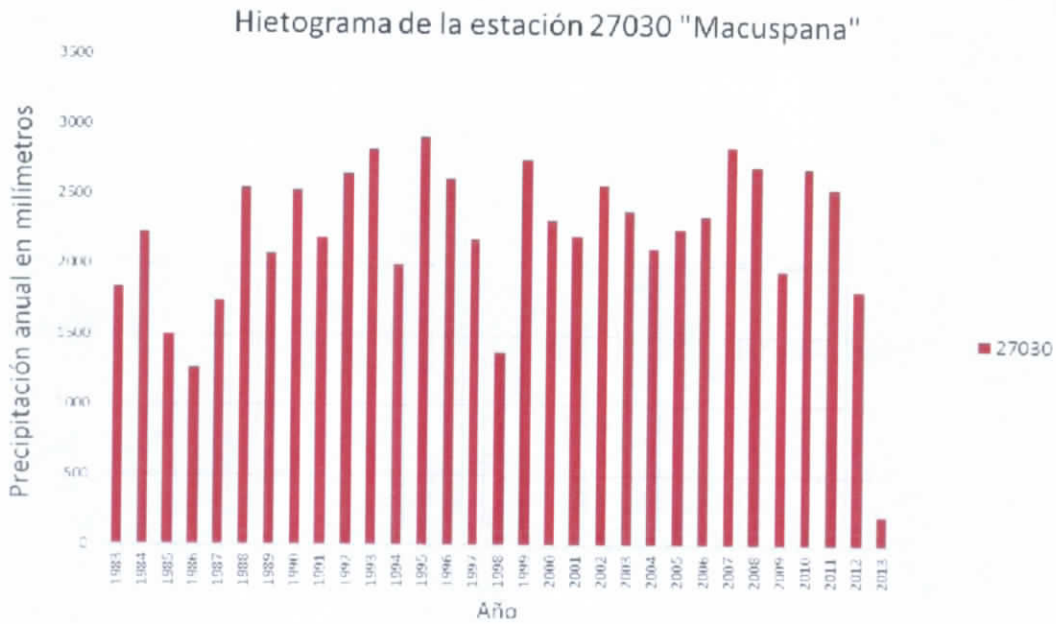


Figura 4.88 Hietograma de la estación 27030

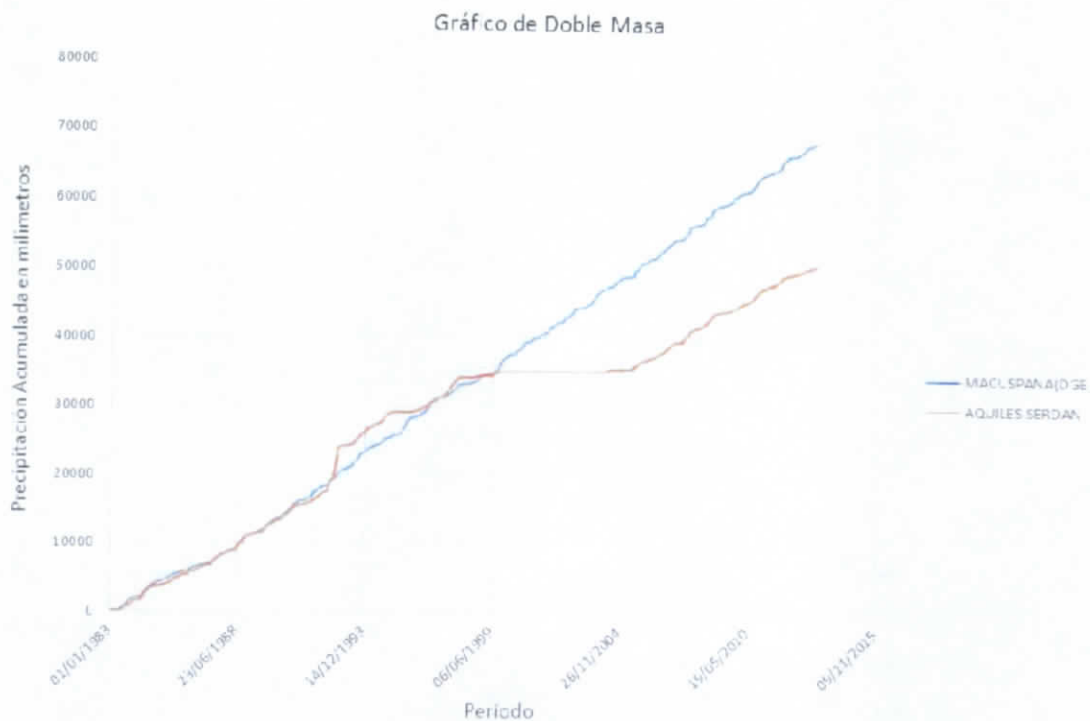
4.5.4.16.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27071 - AQUILES SERDAN

Distancia a la estación de comparación: 13.92 km (Figura 4.89)



Figura 4.89 Estación más cercana a la estación "Macuspana".



**Figura 4.90 Gráfico de doble masa de la estación "Macuspana".**

**Conclusión:** Se observa que la estación (línea azul) presenta una pendiente constante con incrementos similares en todo el periodo de estudio.

#### 4.5.4. 16.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de T Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.1345

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea

##### Prueba de Cramer

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población



Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.26991

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.31114

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

#### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 15

Numero de cambios  $C$ : 15

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 0

Valor de tolerancia  $\pm$ : 5.4772

Resultado:

Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

#### **RESUMEN**

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3

#### **CONCLUSIÓN**

Estación Homogénea

#### **4.5.4.17 Estación 27034 - Paraiso**

Estado: Tabasco



Municipio: Paraíso

Coordenadas:

Longitud: -93.215

Latitud: 17.970

#### 4.5.4.17.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.91 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27034 - Paraíso.

Años con datos: 31

Años sin datos: 0

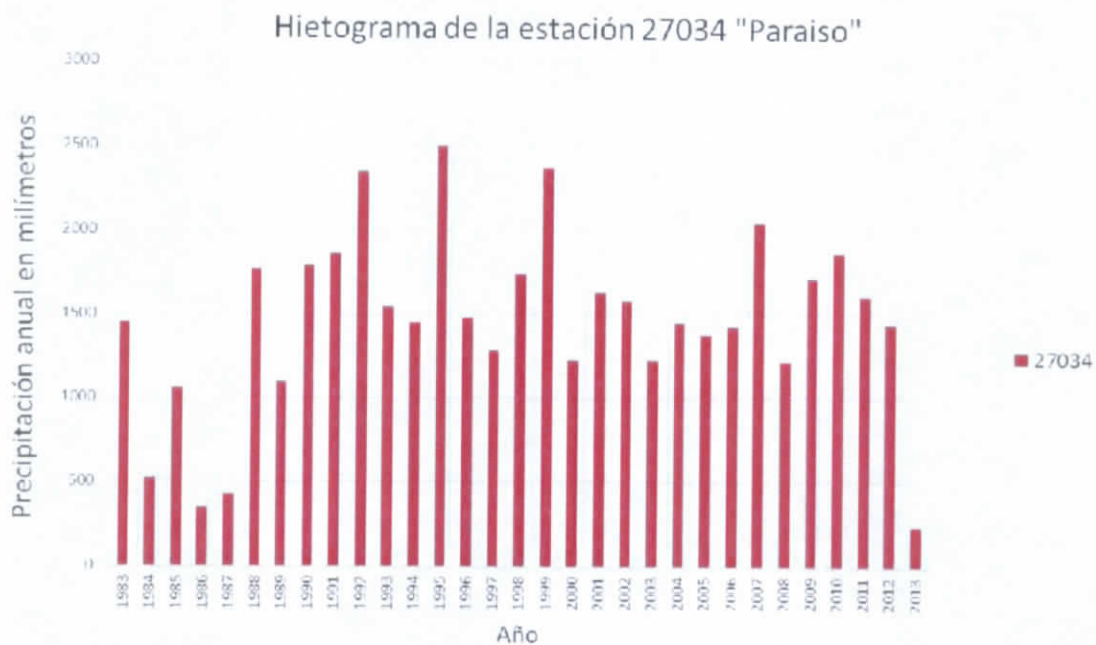


Figura 4.91 Hietograma de la estación 27034

#### 4.5.4.17.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27009 - COMALCALCO

Distancia a la estación de comparación 16.44 km (Figura 4.92)



Figura 4.92 Estación más cercana a la estación "Paraiso"

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized letters, located in the bottom right corner of the page.

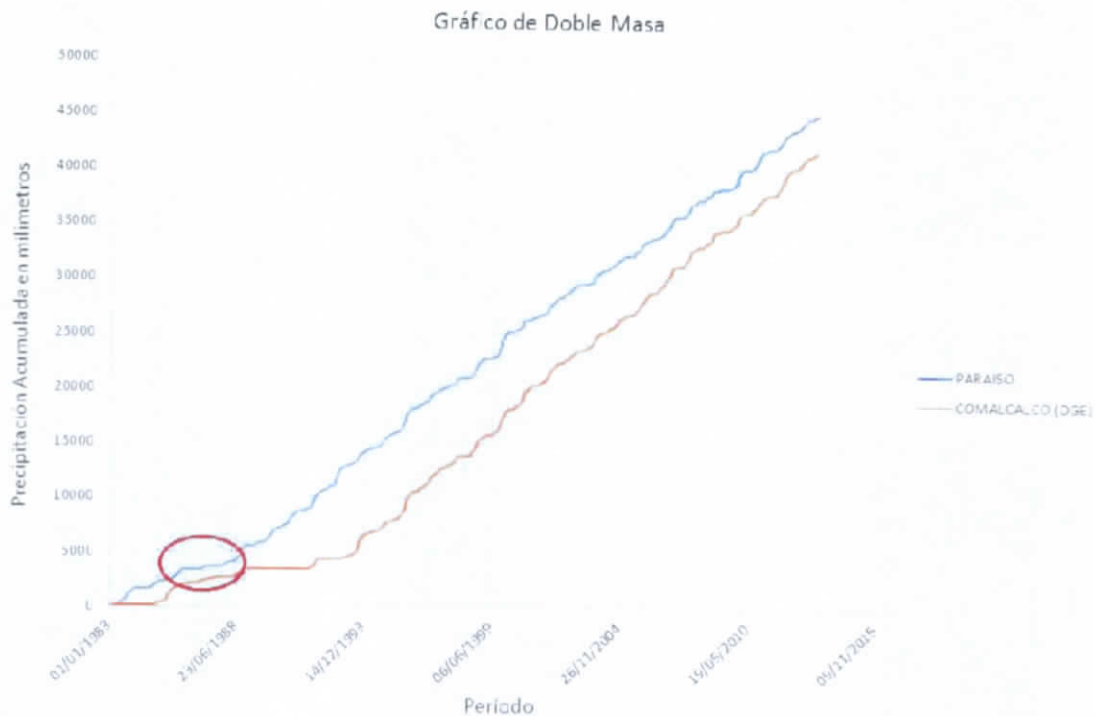


Figura 4.93 Gráfico de doble masa de la estación "Paraíso".

**Conclusión:** Se puede observar en el acumulado de la estación (línea azul) que aunque no existe ausencia completa de datos en algún año de estudio, los años 84,86 y 87 presentan un acumulado menor (círculo rojo) a la media del estudio lo que genera una pendiente menos pronunciada.

#### 4.5.4.17.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### Prueba de T Student

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 1.0015

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### Serie Homogénea

VF

### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.75347

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.79073

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

### **Serie Homogénea**

### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 20

Numero de cambios  $C$ : 10

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 10

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

### **Serie no Homogénea**

### **RESUMEN**

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 2

### **CONCLUSIÓN**

Estación Homogénea

VF

#### 4.5.4.18 Estación 27036 – Paso de Cunduacán

Estado: Tabasco

Municipio: Cunduacán

Coordenadas:

Longitud: -93.145

Latitud: 17.970

##### 4.5.4.18.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.94 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27036 – Paso de Cunduacán

Años con datos: 31

Años sin datos: 0

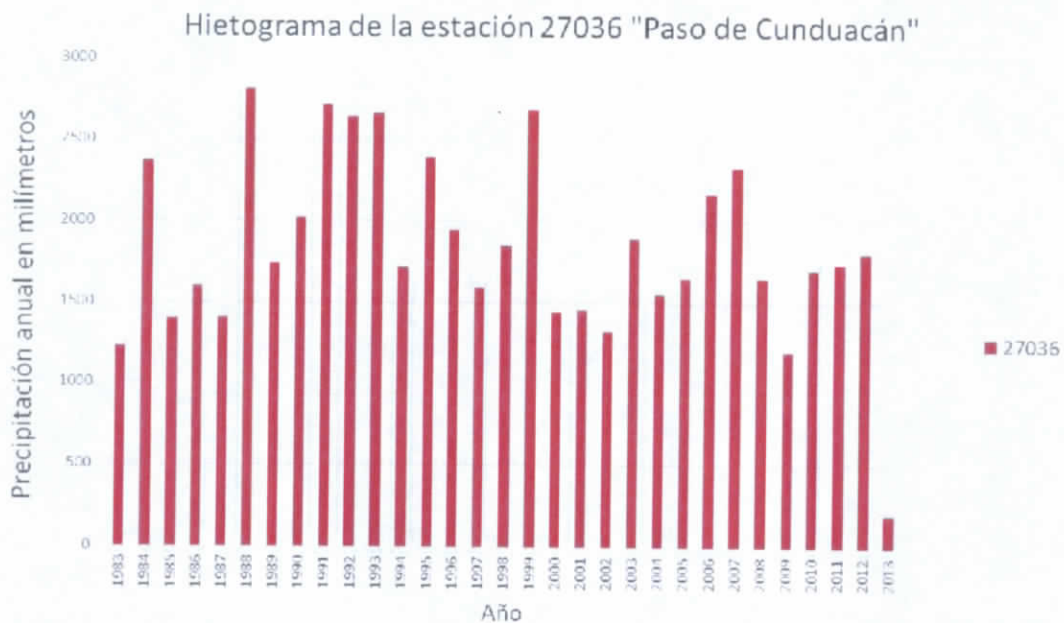


Figura 4.94 Hietograma de la estación 27036

##### 4.5.4.18.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27039 - SAMARIA

Distancia a la estación de comparación: 13.40 km (Figura 4.95)

VF



Figura 4.95 Estación más cercana a la estación "Paso de Cundiacán"

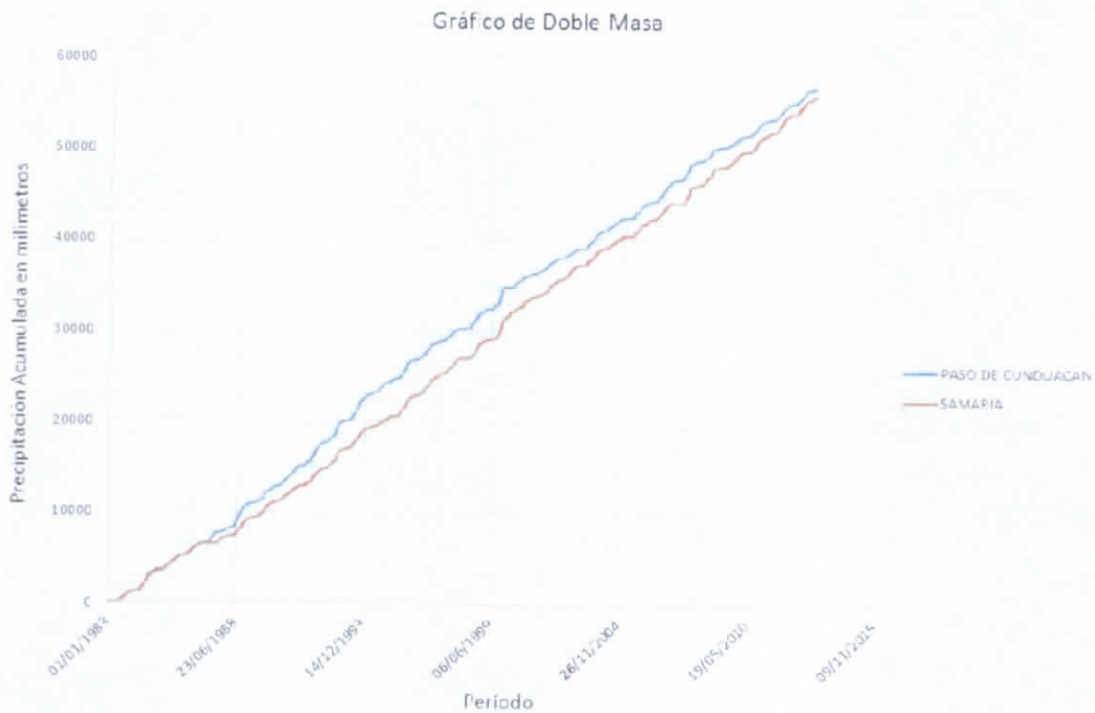


Figura 4.96 Gráfico de doble masa de la estación "Paso de Cundiacán".

**Conclusión:** se observa en la estación (línea azul) una pendiente muy similar en todo el periodo de estudio, lo que indica incrementos anuales similares.

#### 4.5.4. 18.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba td: 0.52624

Grados de libertad v: 29

Valor de tc de la distribución t de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H0

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico tw para el 60% de la población: 0.011247

Estadístico tw para el 30% de la población: 0.48634

Grados de libertad v: 26

Valor de tc de la distribución t de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula H0

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula H0

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula H0

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias S: 16

Numero de cambios C: 14

Valor de prueba (S\*-C\*) de Helmer: 2

Valor de tolerancia +/-: 5.4772

Resultado:



Ans = 1

Se acepta la hipótesis nula H0

**Serie Homogénea**

**RESUMEN**

Número de pruebas homogéneas realizadas: 3

Número de pruebas que resultaron homogéneas: 3

**CONCLUSIÓN**

Estación Homogénea

**4.5.4.19 Estación 27037 – Pueblo Nuevo**

Estado: Tabasco

Municipio: Centro

Coordenadas:

Longitud: -92.879

Latitud: 17.854

**4.5.4.19.1 Análisis Visual Gráfico**

En la Figura 4.97 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27037 – Pueblo Nuevo.

Años con datos: 31

Años sin datos: 0

VF

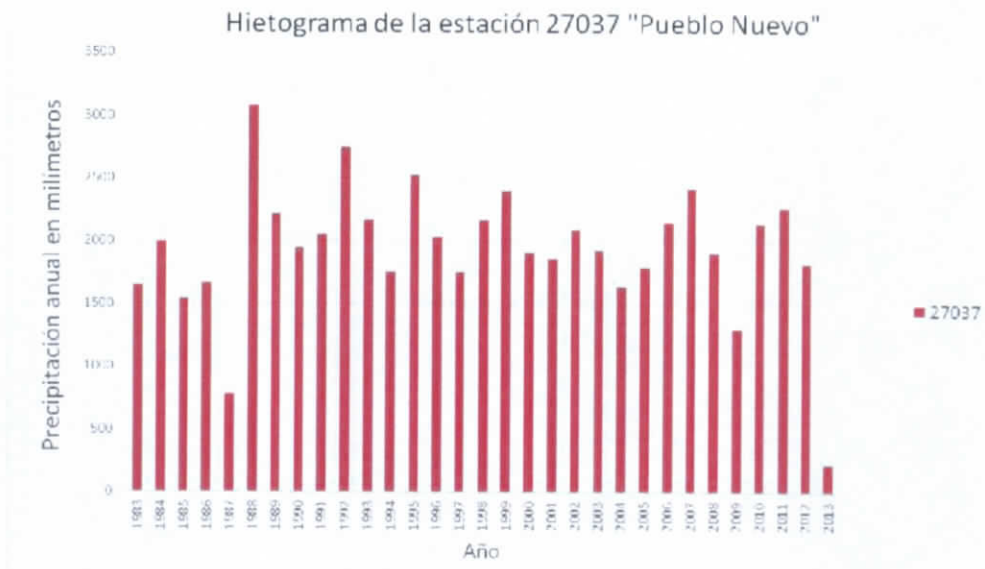


Figura 4.97 Hietograma de la estación 27037

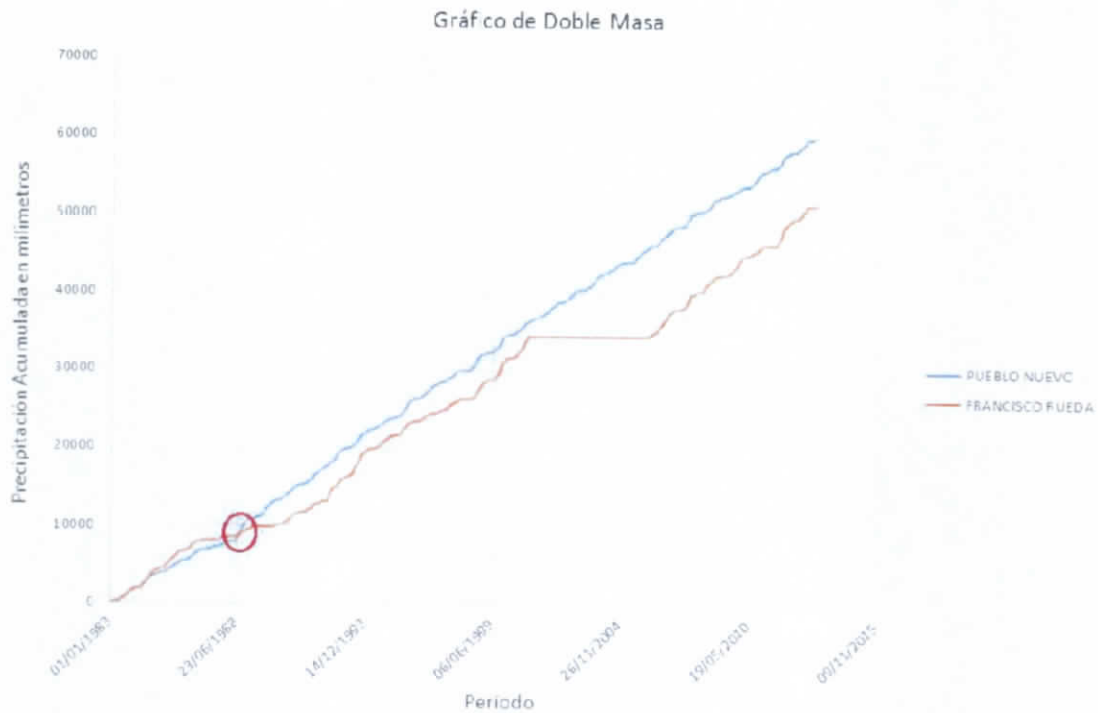
#### 4.5.4.19.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27015 - FRANCISCO RUEDA

Distancia a la estación de comparación: 9.24 km (Figura 4.98)



Figura 4.98 Estación más cercana a la estación "Pueblo Nuevo"



**Figura 4.99 Gráfico de doble masa de la estación "Pueblo Nuevo".**

**Conclusión:** Se observa en la gráfica (línea azul) un incremento en el año de 1987 (círculo rojo), el cual se debe a que en este año se registró un acumulado menor a la media de la estación.

#### 4.5.4.19.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.020767

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 0.67852

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.21589

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

**Serie Homogénea**

#### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 20

Numero de cambios  $C$ : 10

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 10

Valor de tolerancia  $\pm$ : 5.4772

Resultado:

Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$

**Serie no Homogénea**

#### **RESUMEN**

**Número de pruebas homogéneas realizadas: 3**

**Número de pruebas que resultaron homogéneas: 2**

#### **CONCLUSIÓN**

**Estación Homogénea**

#### **4.5.4.20 Estación 27039 - Samaria**

Estado: Tabasco

VF

Municipio: Cunduacán

Coordenadas:

Longitud: -93.275

Latitud: 17.996

#### 4.5.4.20.1 Análisis Visual Gráfico

En la Figura 4.100 se muestra la precipitación acumulada anual de un registro de 31 años para la estación 27039 - Samaria.

Años con datos: 31

Años sin datos: 0

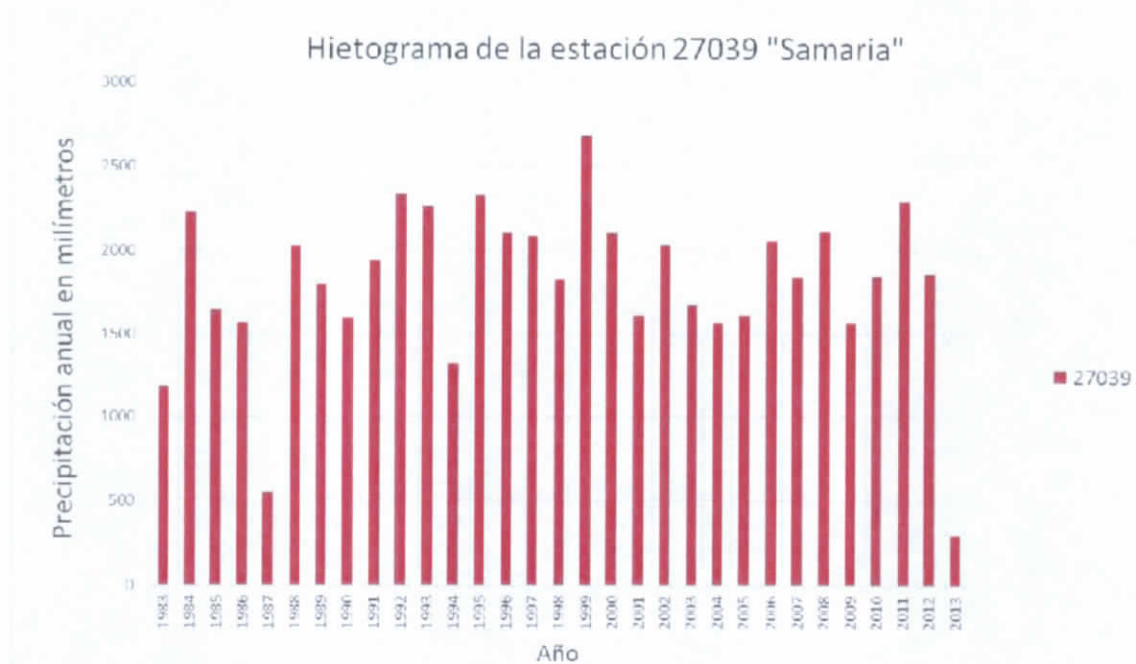


Figura 4.100 Hietograma de la estación 27039

#### 4.5.4.20.2 Análisis de la Curva Doble Masa

Estación de comparación: 27008 - CARDENAS

Distancia a la estación de comparación: 9.24 km (Figura 4.101)



Figura 4.101 Estación más cercana a la estación "Samaria".

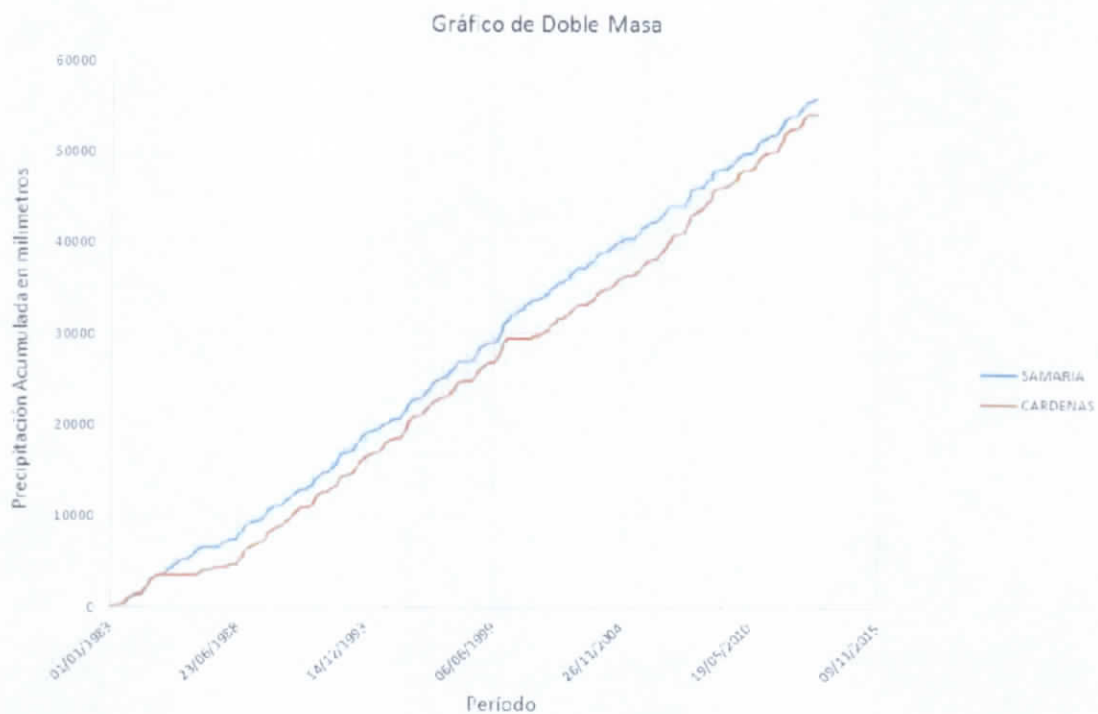


Figura 4.102 Gráfico de doble masa de la estación "Samaria".

**Conclusión:** Se observa en la gráfica (línea azul) una pendiente constante durante todo el periodo de estudio.

#### 4.5.4.20.3 Análisis Estadístico (Homogeneidad)

##### **Prueba de T Student**

Dividiendo en 50% - 50% la población

Estadístico de prueba  $t_d$ : 0.47162

Grados de libertad  $v$ : 29

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.045

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Cramer**

Dividiendo en bloques el 60% y 30% de los últimos valores de la población

Estadístico  $t_w$  para el 60% de la población: 1.3699

Estadístico  $t_w$  para el 30% de la población: 0.93991

Grados de libertad  $v$ : 26

Valor de  $t_c$  de la distribución  $t$  de Student para dos colas: 2.056

Bloque del 60%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Serie Homogénea

Bloque del 30%

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

Bloque Homogénea

Resultado:

Se acepta la hipótesis nula  $H_0$

##### **Serie Homogénea**

##### **Prueba de Helmer**

Numero de secuencias  $S$ : 16

Numero de cambios  $C$ : 14

Valor de prueba ( $S^*-C^*$ ) de Helmer: 2

Valor de tolerancia  $+/-$ : 5.4772

Resultado: