

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DESARROLLO Y CALIBRACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO
PARA EL ANÁLISIS DE TORMENTAS, MÁXIMAS AVENIDAS Y
GENERACIÓN DE LLUVIA ESCORRENTÍA”**

Presentado por:

AUGUSTO CHÚA ANAYA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRICOLA**

Lima – Perú

2017

Dedicado a mis padres:

Felicita Anaya Auqui y Fausto Chúa Masco

y a mis hermanas:

Maritza Chua Anaya y Pamela Sther Chua Anaya

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, por el apoyo que me brinda y me ha brindado durante toda mi etapa educativa, gracias a ello soy el profesional que soy ahora. También quiero agradecer a mis compañeros y amigos con los cuales he compartido cinco años de mi vida, durante mi época universitaria, con los cuales he aprendido experiencias nuevas y agradables. Finalmente agradecer a mi asesor Ricardo Apacla por el apoyo que me ha brindado durante el desarrollo de mi Tesis.

RESUMEN

Los sistemas informáticos en la actualidad se han convertido en herramientas muy importantes para realizar cálculos de una forma más rápida y precisa. Teniendo en cuenta esta definición es que se ha desarrollado un sistema informático para cálculos hidrológicos denominado HidroCalö.

El desarrollo de este sistema informático se ha apoyado en una metodología basada en cinco puntos importantes: 1) Análisis del problema, 2) Estructuración del sistema informático, 3) Diseño de las interfaces graficas, 4) Programación y codificación de los algoritmos y 5) Pruebas de validación y calibración.

En el análisis del problema se identificó que temas o cálculos van a estar incluidos en el sistema informático, para esto se ha tenido en consideración tres puntos: importancia del tema, información disponible y dificultad para codificarlo.

La estructuración del sistema informático ha sido desarrollado basado en cuatro temas principales; los cuales a su vez están subdivididos en temas más específicos: Análisis de datos hidrológicos (Completación de datos, Análisis de consistencia y Análisis de saltos), Análisis de tormentas (Relación IDF y Precipitación máxima probable), Análisis de máximas avenidas (Distribución de probabilidad) y Generación de lluvia escorrentía (Método Racional, Método NRSC, Hidrograma unitario, Curva S y Caudal base).

El diseño de las interfaces gráficas y codificación de los algoritmos se han realizado en un software de programación llamado Matlab R2015a; el cual presenta un entorno visual denominado GUIDE; este entorno consta de dos archivos: .m y .fig, en el archivo .m se ha realizado la codificación y en el archivo .fig el desarrollo de las interfaces gráficas.

Las pruebas de validación y calibración se han realizado con datos cuya solución ha sido correcta y conocida anticipadamente, adicionalmente se utilizó información recopilada de los análisis de la cuenca del río Cañete, de la ciudad de Moyobamba y de la microcuenca Chuiruco; comprobando que el sistema informático desarrollado es útil para el calculo hidrológico.

Palabras claves: Sistema informático, HidroCal, Programación, codificación, validación, calibración, calculo hidrológico, rio Cañete, Moyobamba y Chuiruco.

ABSTRACT

Computer systems in the actuality become in important tools for making calculations faster and more accurately. Having into account this definition, it has developed a computer system for hydrological calculations called "HydroCal".

The development of this computer system has been based on a methodology based on five important points: 1) Analysis of the problem, 2) Structure of the computer system, 3) Design of the graphical interfaces, 4) Programming and coding algorithms and 5) Validation and calibration tests.

In the analysis of the problem it was identified that topics, this, are going to be included in the computer system, for this has been taken into consideration three points: importance of the topic, available information and difficulty to codify it.

The structure of the computer system has been developed based on four main topics; (Data Completion, Consistency Analysis and Hopping Analysis), Storm Analysis (IDF Ratio and Probable Maximum Precipitation), Analysis of Maximum Avenues (Probability Distribution)) And Rainfall Generation (Rational Method, NRSC Method, Unit Hydrograph, S Curve and Base Flow).

The design of the graphical interfaces and coding algorithms have been made in a programming software called Matlab R2015a; Which presents a visual environment called GUIDE; This environment consists of two files: .m and .fig, in the .m file the coding has been done and in the .fig file the development of the graphical interfaces.

The test of validation and calibration were carried out with data whose solution was correct and known in advance, as well as information collected from the analysis of the Cañete river basin, the city of Moyobamba and the Chuiruco microbasin; Proving that the computer system developed is useful for hydrological calculation.

Key words: Computer system, HydroCal, Programming, coding, validation, calibration, hydrological calculation, Cañete River, Moyobamba and Chuiruco.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	Definición de hidrología.....	3
2.2	Análisis de datos hidrológicos.....	3
2.2.1	Completación de datos.....	3
2.2.2	Análisis de consistencia	6
2.3	Análisis de tormentas	13
2.3.1	Elementos fundamentales del análisis de tormentas.....	13
2.3.2	Precipitación máxima probable	13
2.4	Análisis de máximas avenidas.....	15
2.4.1	Distribución de probabilidad	15
2.4.2	Test de bondad de ajuste	16
2.5	Relación Precipitación ó Escorrentía	17
2.5.1	Método racional.....	17
2.5.2	Método NRCS	20
2.5.3	Hidrograma unitario.....	24
2.5.4	Curva S.....	24
2.5.5	Hidrograma unitario sintético.....	24
2.5.6	Caudal base.....	29
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1	Materiales y equipos	32
3.2	Métodos.....	33
3.2.1	Análisis del problema	34
3.2.2	Estructura del sistema informático	35
3.2.3	Diseño de las interfaces graficas en Matlab	36
3.2.4	Programación y codificación de los algoritmos en Matlab R2015a.....	37
3.2.5.	Pruebas de validación y compilación del sistema informático.....	39
3.2.6.	Aplicación del sistema informático HydroCal v.1.0	39

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Del Diseño del Software	50
4.1.1. El programa HidroCal v.1.0	50
4.2. De la Aplicación del Software HidroCal v.1	50
4.2.1. Análisis de consistencia de la información hidrológica de la estación de Aforo Sucsi (Cuenca del río Cañete)	50
4.2.2. Determinación de la precipitación máxima anual de diseño de la ciudad de Moyobamba	53
4.2.3. Estimación de la precipitación para la microcuenca Chuiruco	54
V. CONCLUSIONES	62
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
VIII. ANEXO	66

Índice de tablas

Tabla 1: Rango del número de secuencias (U) para un registro homogéneo (Fuente: Ricaro Apacla Nalvarte).....	8
Tabla 2: Valores de coeficientes de escorrentía (Fuente: Manual de conservación de suelos y agua, Chapingo, México, 1977).....	19
Tabla 3: Valores de C para zonas urbanas (Fuente: Eduardo Chávarri Velarde).....	19
V c d n c " 6 < " P À o g t q " f g " n c " e w t x c " f g " g u e w t t k o k g p humedad promedio (Fuente: Ven Te Chow,).....	23
V c d n c " 7 < " P À o g t q " f g " n c " e w t x c " f g " g u e w t t k o k g p (Fuente: Eduardo Chávarri Velarde).....	23
Tabla 6: Intensidad máxima en mm/hr por año de la estación de Moyobamba.....	45
Tabla 7: Intensidad (mm/hr) por periodo de retorno y duración.....	53
Tabla 8: Precipitación máxima anual de diseño	54
Tabla 9: Precipitación total anual corregida.....	58
Tabla 10: Precipitación total mensual generada para la zona de la microcuenca	59
Tabla 11: Precipitación asignada para la microcuenca	60
Tabla 12: Precipitación máxima 24 horas para diferentes periodos de retorno	60
Tabla 13: Intensidad (mm/hr) ó Relación IDT.....	61

Índice de figuras

Figura 1. Curvas del volumen de escurrimiento producto de una tormenta	20
Figura 2. Hidrograma unitario triangular SCS	25
Figura 3. Hidrograma unitario sintético estándar de Snyder	26
Figura 4. Caudal base ó Método 1.....	29
Figura 5. Caudal base ó Método 2.....	30
Figura 6. Caudal base ó Método 3.....	30
Figura 7. Caudal base ó Método 4.....	31
Figura 8: Diagrama de la metodología seguida	33
Figura 9. Pantalla principal.....	37
Figura 10. Menú de herramientas desagregadas.....	38
Figura 11: Consistencia en la media ó Cuenca Cañete	51
Figura 12: Consistencia en la desviación estandar ó Cañete	51
Figura 13: Prueba de bondad, Chi - cuadrado	52
Figura 14: Ecuación IDT	53
Figura 15: Análisis de doble masa para las tres estaciones	55

Figura 16: Consistencia en la media ó Estación Milpo.....	56
Figura 17: Consistencia en la media ó Estación Chiquian	56
Figura 18: Consistencia en la media ó Estación Jacas Chico	56
Figura 19: Consistencia en la desviación ó Estación Milpo.....	57
Figura 20: Consistencia en la desviación ó Estación Chiquian	57
Figura 21: Consistencia en la desviación ó Estación Jacas Chico	57
Figura 22: Precipitación promedio, máxima y mínima de la microcuenca Chuiruco	59
Figura 23: Ecuación IDT - Chuiruco.....	61
Figura 24: Curvas IDT - Chuiruco	61

Índice de anexos

ANEXO I

Resultados del análisis de consistencia de la información Hidrológica de la estación de aforo Socsi (Cuenca del río Cañete)	66
--	-----------

ANEXO II

Determinación de la precipitación máxima anual de diseño de la ciudad de Moyobamba	75
---	-----------

ANEXO III

Estimación de la precipitación para la microcuenca Chuiruco.....	84
---	-----------

ANEXO IV

Tablas y graficos utilizados para la elaboración del código

ANEXO 4.1: Tabla de Distribución F de Fisher	100
--	-----

ANEXO 4.2: Tabla de Distribución t de Student.....	101
--	-----

ANEXO 4.3: Km en función de la duración de la lluvia y de su valor medio	101
--	-----

ANEXO 4.4: Ajuste de la lluvia media anual (X_n) por lluvia máxima observada.....	102
---	-----

ANEXO 4.5: Ajuste de la desviación típica S, de la serie anual de lluvias máximas	103
---	-----

ANEXO 4.6: Ajuste a la media y desviación típica de la serie anual de lluvias máximas	104
---	-----

ANEXO 4.7: Curvas Áreas ó Reducción para la precipitación máxima probable	104
---	-----

ANEXO 4.8: Ajuste por intervalo fijo de observaciones	105
---	-----

ANEXO 4.9: Tabla 21: Valores críticos de la distribución Chi cuadrado	105
ANEXO 4.10: Áreas de la distribución normal entre 0 y Z	107
ANEXO 4.11: Distribución normal acumulada	108
 ANEXO V	
Códigos en Matlab	
ANEXO 5.1: Código en Matlab del Método racional deductivo	110
ANEXO 5.2: Código en Matlab del Método USNWS	112
ANEXO 5.3: Código en Matlab de los métodos paramétricos	114
ANEXO 5.4: Código en Matlab de los métodos no paramétricos	119
ANEXO 5.5: Código de los Promedios móviles	123
ANEXO 5.6: Código de la prueba F de Fisher	126
ANEXO 5.7: Código de corrección (análisis de saltos)	128
ANEXO 5.8: Código de Persistencia	131
ANEXO 5.9: Código del análisis IDT ó Modelo de Bell y Yance Tueros	134
ANEXO 5.10: Código del análisis IDT ó Regresión lineal múltiple	137
ANEXO 5.11: Código de la Precipitación máxima probable	140
ANEXO 5.12: Código de la distribución de frecuencias	143

ANEXO 5.13: Código de la Prueba de ajuste ó Chi cuadrado	153
ANEXO 5.14: Código de la Prueba de normalidad de Anderson Darling	156
ANEXO 5.15: Código del método racional	158
ANEXO 5.16: Código del método NRSC	158
ANEXO 5.17: Código del Hidrograma unitario	159
ANEXO 5.18: Código de la curva S	161
ANEXO 5.19: Código del Hidrograma unitario sintético de Snyder	165
ANEXO 5.20: Código del Hidrograma unitario sintético SCS	167
ANEXO 5.21: Código del caudal base.....	169
 ANEXO VI	
Manual de usuario del programa HidroCal v.1.0	174

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día con el avance de la tecnología y de los sistemas informáticos, los softwares se han convertido en herramientas esenciales para realizar cálculos de una forma más rápida y sencilla; sin embargo en el área de la hidrología aún se siguen realizando algunos cálculos de forma manual, utilizando tablas y graficas de libros de donde se obtiene algunos valores o factores de corrección para algunos cálculos hidrológicos, y esto tiende a ser algo complicado sino se cuenta con la experiencia suficiente; un ejemplo de esto es cuando se quiere calcular la precipitación máxima probable, el cual requiere muchas graficas de donde se obtiene factores de corrección. Sabiendo tal necesidad se ha desarrollado un sistema informático para cálculos hidrológicos, enfocados en cuatro temas principales: análisis de datos hidrológicos, análisis de tormentas, análisis de máximas avenidas y precipitación ó escorrentía, donde los datos de entrada son precipitación y/o caudal.

En el sistema informático ya no se tiene que realizar interpolaciones o revisar tablas, debido a que en el sistema informático ya están incluido todas esas tablas en forma de coordenadas.

El sistema informático tiene un manejo sencillo, sin necesidad de que el usuario conozca en detalle toda la teoría relacionada con los cálculos que puede realizar el sistema informático. Además proporciona las herramientas necesarias y un manual de ayuda que pueda guiar al usuario.

La teoría, métodos y fórmulas utilizadas para la elaboración de los códigos han sido realizados sobre la base de lecturas de textos especializados así como de los cursos de hidrología y Métodos de análisis en hidrología dictados en la UNALM.

El sistema informático presenta una interfaz gráfica amigable que puede ser utilizado sin necesidad de tener amplios conocimientos de computación y sin la necesidad de acceder ni manejar el programa con el cual ha sido creado el programa de hidrología, el cual puede resultar complicado para las personas que no tienen conocimiento de programación.

EL objetivo general del proyecto de investigación es desarrollar un sistema informático denominado "HidroCal v.1.0", donde su estructura estará basado en cuatro temas: análisis de datos hidrológicos, análisis de tormentas, análisis de máximas avenidas y precipitación-escorrentía.

Objetivos específicos:

- Validar y calibrar el sistema informático HidroCal v1.0.
- Elaborar el manual del sistema informático HidroCal v1.0.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definición de hidrología

La hidrología es la ciencia que estudia el agua (superficial y subterránea); sus propiedades, ocurrencia, circulación y como esta se distribuye en la superficie terrestre. La hidrología proporciona las herramientas y métodos necesarios para la determinación de los eventos de diseño y así poder resolver algunos problemas como: el abastecimiento de agua potable, satisfacer la demanda de un proyecto de irrigación, capacidad de diseño de obras como alcantarillas, puentes, etc (Máximo Villón Bejar, 2002).

2.2 Análisis de datos hidrológicos

La información obtenida de las estaciones pluviométricas antes de ser utilizada para cualquier análisis, tiene que ser verificada, ya que estas pueden mostrar inconsistencias o ausencias de datos.

Para detectar la regularidad o irregularidad de los datos hidrológicos, primero se tiene que analizar visualmente la distribución de toda la información disponible para luego compararla con los datos obtenidos de campo. Lo deseable de un registro es que estos sean constituidos por una larga secuencia de observaciones; sin embargo, mientras más largo sea el periodo de registro, mayor será la probabilidad de error (Jesús Abel Mejía Marcacuzco, 2012; Searcy y Hardison, 1963).

2.2.1 Completación de datos

2.2.1.1 Método racional deductivo

El método consiste en estimar datos mensuales faltantes de un registro, para una determinada estación. Para la estimación de los datos faltantes, el método utiliza su información disponible de los meses y años completos; este método permite estimar como máximo once datos.

Paso 1.

Se efectúa la suma de precipitaciones mensuales en todos los años completos y se obtiene la lluvia mensual promedio.

Paso 2.

Se calculan para todos los años completos los porcentajes mensuales de precipitación, los que serán igual a la lluvia mensual entre el promedio mensual calculado en el paso anterior y por 100. Al sumar los porcentajes calculados y obtener su promedio deberán obtenerse 1200 y 100 respectivamente.

Paso 3.

Todos los porcentajes mensuales correspondientes a cada uno de los doce meses se suman y se divide tal suma entre el número de años completos, esto es, se calcula el porcentaje promedio que se denomina S_j , con j variando de 1 a 12, uno para enero y doce para diciembre.

Paso 4.

El método acepta la hipótesis que considera que los meses desconocidos tendrán un porcentaje igual al porcentaje promedio (S_j). Se distinguen las variables siguientes.

Se pueden establecer las siguientes relaciones:

$$\frac{P_i}{S_i} = \frac{\sum P}{1200 - \sum S_i} \quad P_i = \left(\frac{\sum P}{1200 - \sum S_i} \right) * S_i$$

i = cada uno de los meses desconocidos, como máximo pueden ser once.

P_i = precipitación mensual desconocida en cada año incompleto, en mm.

Ú U k ? u w o c " f g " r q t e g p v c l g u " r t q o g f k q
precipitación se desconoce, en porcentaje.

P=suma de las precipitaciones mensuales conocidas en los años incompletos, en mm.

Si=porcentaje promedio asignado a cada uno de los meses desconocidos o faltantes.

La expresión entre paréntesis es una cantidad constante para cada año incompleto, por lo que se tiene (Campos Aranda, 1998):

$$P_i = K * S_i$$

2.2.1.2 Método del U.S. National Weather Service

El método consiste en estimar el dato faltante de una determinada estación a partir de los datos completos de estaciones ubicadas alrededor. El método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes.

Lo recomendable es que se cuente con cuatro estaciones circundantes con información completa, sin embargo el método se puede aplicar con un mínimo de dos estaciones.

En el presente sistema informático estima los valores diarios, mensuales y anuales faltantes.

El método consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W, igual al recíproco del cuadrado de la distancia (D) entre cada estación vecina y la estación A (Cahuana Andia y Yugar Morales, 2009).

La lluvia buscada P_x será igual a:

$$P_x = \frac{\sum(P_i * W_i)}{\sum W_i}$$

Siendo: $W_i = \frac{1}{D_i^2}$

P_i = precipitación observada para la fecha de la faltante, en las estaciones auxiliares circundantes (como mínimo 2), en mm.

D_i = la distancia entre cada estación circundante y la estación incompleta.

- ✓ Se recomienda utilizar cuatro estaciones auxiliares (las más cercanas) y de manera que cada una quede localizada en uno de los cuadrantes que definen unos ejes coordenados que pasan por la estación incompleta, generalmente los ejes norte-sur y este-oeste.

2.2.2 Análisis de consistencia

La prueba de consistencia se basa en analizar o verificar la hipótesis nula en función de su probabilidad de ocurrencia, para así poder aceptarla o rechazarla. Se dice que la serie de datos es homogénea si la probabilidad es grande, en caso contrario se dice que la serie es no homogénea (Cahuana Andía y Yugar Morales, 2009).

N c " t g i n c " k p f k e c " c f g o " a u " n c " r t q d c d k n k f c
bajo la cual la hipótesis de homogeneidad o nula será rechazada y entonces, se acepta alguna hipótesis alternativa.

El análisis de consistencia de una muestra se puede realizar mediante pruebas paramétricas o no paramétricas, esta dependerá de como ha sido obtenido la muestra.

Cuando una muestra ha sido obtenida a partir de una distribución de probabilidad normal se utilizara las pruebas paramétricas. En el caso de que la muestra aleatoria no siga una distribución normal o esta sea pequeña se utilizara las pruebas no paramétricas (S.E.F.O., 2014).

Si se conoce la distribución que sigue la hipótesis nula y las alternativas, se debe utilizar las pruebas paramétricas, en caso contrario las pruebas no paramétricas son las más indicadas.

Las pruebas no paramétricas son menos rigurosas que las paramétricas, pero mucho más sencillas de realizar.

Las pruebas no paramétricas presentes en el programa son los siguientes:

- Helmert
- Secuencias

Las pruebas paramétricas presentes en el programa son los siguientes:

- T de Student
- Cramer

2.2.2.1 Pruebas no paramétricas

2.2.2.1.1 Prueba estadística de Helmert

Cualquier serie climatológica presenta como alternativas a la homogeneidad, los cambios bruscos (saltos) de su valor medio, la tendencia o alguna forma de oscilación.

La prueba de Helmert es bastante sencilla y consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento de la serie con respecto a su valor medio.

Si una desviación es seguida por otra de signo contrario, un cambio (C) será registrado. Cada año, excepto el primero definirán una secuencia o un cambio.

Si la serie es homogénea la diferencia entre el número de secuencias (S) y el número de cambios (C) en el registro deberá ser cero, dentro de los límites de un error probable, el cual de hecho depende de la longitud del registro (n), esto es:

$$S - C = \pm \sqrt{n - 1}$$

Si el número de secuencias es mayor que el número de cambios, algún tipo de variación en la media o una tendencia en los datos crean la inconsistencia del registro.

Si por el contrario el número de cambios resulta mayor que el de secuencias, alguna forma de oscilación del valor medio estará presente y su causa deberá ser investigada con más detalle.

2.2.2.1.2 Prueba estadística de las secuencias

Esta prueba es bastante común y muy sensitiva. Se realiza con el número de secuencias o rachas (u) arriba o bajo la mediana de la serie.

Tabla 1: Rango del número de secuencias (U) para un registro homogéneo

Rango del número de secuencias (U) para un registro homogéneo			
Número de datos (n)	Rango de U	Número de datos (n)	Rango de U
12	5-8	32	13-20
14	5-10	34	14-21
16	6-11	36	15-22
18	7-12	38	16-23
20	8-13	40	16-25
22	9-14	50	22-30
24	9-16	60	26-36
26	10-17	70	31-41
28	11-18	80	35-47
30	12-19	100	45-57

Fuente: Ricardo Apaella

Usando el valor de la mediana se marca con A si es mayor y con B si es menor, cada dato o evento de la serie.

Las secuencias o sucesión de valores de A o B son contabilizadas y para concluir que la serie es homogénea el número de secuencias (u) debe estar comprendido entre el

rango que se marca en la tabla 1, para el número de años de registro.

Tomando en cuenta que en series grandes resulta algo laborioso el cálculo de la mediana, se acepta con fines prácticos utilizar la media de tal serie en lugar de la mediana.

Si se obtiene un alto número de secuencias esto puede ser una indicación de oscilación en la serie, mientras que un número reducido de rachas será una indicación de una tendencia o cambio en la media.

2.2.2.2 Pruebas paramétricas

2.2.2.2.1 Prueba estadística T de Student

La prueba es poderosa y robusta para detectar la inconsistencia en la media, excepto cuando la longitud de los dos períodos seleccionados para comparación de sus medias es desigual.

Se dice que un test es robusto cuando es insensible a la forma de distribución de probabilidad de la serie.

Se recomienda, al aplicar la prueba t de Student que los valores de n_1 y n_2 de cada media que se compara, sean iguales (Campos Aranda, 1998).

La estadística de la prueba t de Student está definida por:

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

Siendo S_1^2 , S_2^2 las varianzas de x_i en los dos períodos de registro respectivamente.

2.2.2.2.2 Prueba estadística de Cramer

A veces es más conveniente comparar la media de toda la serie y la media de una cierta parte del registro, para investigar la homogeneidad.

Para este caso la prueba de Cramer es bastante útil; se la considera complementarias de la prueba t de Student.

En la prueba de Cramer, \bar{x} y S son la media y desviación estándar del registro total de n valores.

También \bar{x}_k g u " n c " o g f k c " f g n " u w d " r g t ¶ q f

$$\bar{x}_k = \frac{\sum_{i=k+1}^{i=k+n} x_i}{n'} \quad \tau_k = \frac{(\bar{x}_k - \bar{x})}{S}$$

$$t_k = \left\{ \frac{n'(n-2)}{n - n' [1 + (\tau_k)^2]} \right\}^{1/2} (\tau_k)$$

La estadística t_k tiene distribución t de Student de dos colas e q p "-2 grados de libertad y es utilizado en la misma forma que la estadística t_d de la de t de Student.

2.2.2.3 Promedios móviles

Esta técnica permite suavizar algunas de las variaciones aleatorias de la serie cronológica. Si la secuencia de valores de la serie es:

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

$$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \frac{x_2 + x_3 + \dots + x_{n+1}}{n}, \frac{x_3 + x_4 + \dots + x_{n+2}}{n}$$

Las sumas de los numeradores se llaman sumas móviles de orden n y los resultados de cada cociente son los Promedios Móviles de orden n .

El orden n , puede ser cualquier valor. Si es muy pequeño puede volver poco efectiva la técnica para reducir la variabilidad aleatoria.

Si n es muy grande algunas de las componentes deseadas (usualmente la componente cíclica) puede ser ocultada.

Las series cronológicas de precipitación anual son comúnmente analizadas con promedios móviles de orden CINCO y dibujando el valor del cociente al final del período de cinco años. Esto refleja más exactamente el almacenamiento natural en el sistema hidrológico.

Los promedios móviles de orden 5 permiten suavizar la componente irregular de las series prevaleciendo en el registro los efectos de los ciclos húmedos y secos.

Los períodos húmedos o lluviosos son detectados comparando la línea de promedios móviles con la línea recta que representa la lluvia media anual de todo el registro.

Durante los períodos lluviosos la primera línea quedará por arriba de la segunda y durante los períodos de sequias, la línea de promedios móviles estará por debajo del valor medio.

2.2.2.4 Prueba F de Fisher

La prueba F de Fisher es un método utilizado para verificar la homogeneidad en la varianza, comparando dos muestras (Jesús Abel Mejía Marcacuzco, 2012).

Los estadísticos serán: $F_{cal} = S_1^2/S_2^2$, si $S_1^2 > S_2^2$ ó

$$F_{cal} = S_2^2/S_1^2, \text{ si } S_2^2 > S_1^2$$

El valor de F tabla se obtiene con $\alpha=0.05$

Grados de libertad del numerador = n_1-1

Grados de libertad del denominador = n_2-1

Los criterios de decisión serán:

Si: $F_{cal} \leq F_{tabla}$ $S_1 = S_2$ (Existe consistencia en la variancia)

$F_{cal} > F_{tabla}$ $S_1 \neq S_2$ (No existe consistencia en la variancia)

2.2.2.5 Análisis de saltos

El análisis de saltos consiste en evaluar los cambios producidos en una serie periódica y no periódica, descartando si dicha respuesta fue a causa de cambios hechos por el hombre o a cambios naturales continuos en la cuenca.

El análisis de consistencia del tipo estadístico descrito anteriormente permite identificar los saltos en la media y desviación estándar de series temporales y en base a dicha identificación se puede proseguir con la corrección del salto mediante las siguientes ecuaciones (Jesús Abel Mejía Marcacuzco, 2012):

$$X_t' = \left[\frac{X_t - \bar{X}_1}{S_1} \right] * S_2 + \bar{X}_2, \text{ (Para corregir el 1er periodo)}$$

$$Xt' = \left[\frac{X_t - \bar{X}_2}{S_2} \right] * S_1 + \bar{X}_1, \text{ (Para corregir el 2do periodo)}$$

2.3 Análisis de tormentas

Tormenta se define como el conjunto de lluvias que son producidas debido a una misma causa meteorológica con características bien definidas. Una tormenta puede durar desde pocos minutos, varias horas y hasta varios días; estas pueden cubrir grandes y pequeñas extensiones (Máximo Villón Bejar, 2002).

2.3.1 Elementos fundamentales del análisis de tormentas

- a. **La intensidad**, es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo, lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua cada por unidad de tiempo. De acuerdo a esto la intensidad se expresa mm/hora.
- b. **La duración**, corresponde al tiempo que transcurre durante el comienzo y fin de una tormenta. Aquí conviene definir el periodo de duración, que es un determinado periodo de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta.
- c. **La frecuencia**, es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un periodo de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.

2.3.2 Precipitación máxima probable

La PMP se define como la máxima altura de precipitación estimada analíticamente para una determinada duración, de tal forma que caracterice razonablemente una región geográfica particular y que sea físicamente posible en un determinado periodo del año. En resumen la PMP es el valor limite estimado de precipitación. En la práctica no se tiene en cuenta los efectos del cambio de clima a largo plazo para la estimación de la PMP.

Debe tenerse en cuenta que el concepto de PMP no es totalmente confiable, debido a que no puede estimarse perfectamente y a que su probabilidad es desconocida. Sin embargo, en las aplicaciones prácticas, se ha encontrado que la PMP es útil y su uso continuara debido a la preocupación pública acerca de la seguridad de proyectos tales como grandes represas (Ven Te Chow, 1994).

La ecuación general es:

$$PMP = (X_n * f_{11} * f_{12} + K * S_n * f_{13} * f_{14}) * f_1 * f_2$$

Donde:

PMP: Precipitación Máxima Probable (mm)

X_n: Promedio de las máximas precipitaciones anuales (mm)

S_n: Desviación estándar del registro (mm)

K: Coeficiente que depende de X_n e igual a $19 \times 10^{-0.000965 X_n}$

f₁₁: Factor de ajuste por número de años de registro en la media.

f₁₂: Factor de ajuste por algún valor elevado en la media.

f₁₃: Factor de ajuste por número de años del registro en la desviación estándar.

f₁₄: Factor de ajuste por algún valor alto en la desviación estándar.

f₁: Factor de ajuste por número de lecturas/día en el pluviómetro.

f₂: Factor de ajuste por transición de la lluvia puntual a un área.

Según la fórmula se determinan la media (X_n) y la desviación típica (S_n) de la muestra. Pero si existe algún valor alto se le debe abstraer y calcular las nuevas media (X_{n-m}) y desviación estándar (S_{n-m}), originándose los siguientes factores de corrección:

$$f_{12} = \frac{X_n - m}{X_n} \quad f_{14} = \frac{S_n - m}{S_n}$$

Por la longitud del periodo de registro nacen los factores correctivos f₁₁ y f₁₃.

Finalmente por el número de lecturas/día, se introduce el factor f₁ y por transición de la lluvia puntual a un área el factor f₂.

2.4 Análisis de máximas avenidas

Para el diseño de cualquier tipo de estructura es necesario conocer la probabilidad de ocurrencia de diferentes eventos, los cuales se obtienen a partir de un diseño hidrológico.

Desde el punto de vista de la seguridad, la estructura debería ser diseñada para controlar el evento extremo mayor que pueda ocurrir. Desde el punto de vista económico, por otro lado, el costo de la misma, debe justificar los períodos de retorno que se esperan de su construcción o alcanzar un nivel de seguridad aceptable en función del daño que su falla pueda ocasionar. Por lo tanto, el diseño hidrológico es un compromiso entre seguridad y economía y en ese contexto se incluye el concepto de riesgo calculado o riesgo de falla. En diseño hidrológico la probabilidad de ocurrencia de un evento se estima a través de métodos estadísticos mediante el análisis de frecuencia (Sergio Fattorelli y Pedro C. Fernandez, 2011).

2.4.1 Distribución de probabilidad

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Mediante el ajuste a una distribución de un conjunto de datos hidrológicos, una gran cantidad de información probabilística en la muestra puede resumirse en forma compacta en la función y en sus parámetros asociados.

Existen varias distribuciones de probabilidad usados en el diseño hidrológico, sin embargo son siete distribuciones que se describirán en este apartado, tomando en cuenta que son las más usadas para el diseño hidrológico (Ven Te Chow, 1994).

- a. Distribución normal
- b. Distribución Log normal 2P
- c. Distribución Log normal 3P
- d. Distribución Gumbel
- e. Distribución Log Gumbel
- f. Distribución Pearson 3P
- g. Distribución Log Pearson 3P

2.4.2 Test de bondad de ajuste

El test de bondad de ajuste de una distribución de probabilidad puede probarse comparando los valores teóricos y muestrales de las funciones de frecuencia relativa o de frecuencia acumulada (Ven Te Chow, 1994).

La aplicación de los test de bondad de ajuste a determinadas distribuciones, puede ayudar a seleccionar aquella que mejor represente a la distribución de frecuencia de la población. Si bien, se han mencionado criterios generales, obtenidos de la experiencia hidrológica para seleccionar una determinada distribución de frecuencia, no existen verdaderos acuerdos en este sentido y lo cierto es, como lo establece el USWRC (1982), *õ p k p i w p c " f k u v t k d w e k » p " g u " n c " o g l q t " r c t f g n " j k f t » n q i q " t g* (Sergio Fattorellih y Pedro C. g p v c n ö Fernandez, 2011).

Algo importante en estos tests es que se usan para determinar si hay evidencias para aceptar o rechazar la hipótesis hecha para seleccionar determinadas distribuciones, pero no indican en forma absoluta, cual es mejor.

2.4.2.1 Test de Chi-cuadrado (χ^2)

Este método se usa tanto para verificar distribuciones de probabilidad, ya sean distribuciones continuas con grupos de datos expresados como frecuencia absoluta de intervalos de clase o como frecuencias absolutas en distribuciones discretas. Es un método paramétrico que se evalúa mediante la expresión:

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \left[\frac{(f_i - n * p_i)^2}{n * p_i} \right]$$

En esta ecuación n es el número de intervalos de clase para variables discretas o el número de eventos para variables continuas, f_i son las frecuencias absolutas observadas de cada evento (o de cada intervalo de clase) y P_i es la probabilidad de los eventos (o de los intervalos).

2.5 Relación Precipitación – Escorrentía

Las relaciones precipitación escorrentía están directamente relacionadas al cálculo del evento denominado avenida que puede definirse como un rápido ascenso del nivel de las aguas de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una menor velocidad.

2.5.1 Método racional

El método racional puede ser aplicado a pequeñas cuencas de hasta 1300 has o 13Km².

En el método racional, se supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia, se produce cuando la duración de ésta es igual al tiempo de concentración (t_c). Cuando así ocurre, toda la cuenca contribuye con el caudal en el punto de salida. Si la duración es mayor que el t_c , contribuye asimismo toda la cuenca, pero en ese caso la intensidad de la lluvia es menor, por ser mayor su duración y, por tanto, también es menor el caudal. Si la duración de la lluvia es menor que el t_c , la intensidad de la lluvia es mayor, pero en el momento en el que acaba la lluvia, el agua caída en los puntos más lejanos aún no ha llegado a la salida; solo contribuye una parte de la cuenca a la escorrentía; por lo que el caudal es menor.

Aceptando este planteamiento, el caudal máximo se calcula por medio de la siguiente expresión, que representa la formula racional (Máximo Villón Bejar, 2002):

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

- ✓ Q= caudal máximo, en m³/s
- ✓ C= coeficiente de escorrentía, que depende de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo, sin dimensiones.
- ✓ I= intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al centro de concentración, y para un periodo de retorno dado, en mm/hr
- ✓ A= área de la cuenca, en has.

El coeficiente 1/360 corresponde a la transformación de unidades.

Se describirá los factores que involucran a esta ecuación:

Coeficiente de escorrentía

Coeficiente de escorrentía se define como la fracción de agua que llega al cauce de evacuación con respecto a la precipitación total. El coeficiente de escorrentía es adimensional y es representado con la letra C (Máximo Villón Bejar, 2002).

$$C = \frac{\text{Valor escorrentía superficial total}}{\text{Valor precipitación total}}$$

El valor C depende de factores topográficos, edafológicos, cobertura vegetal, etc.

Tabla 2: Valores de coeficientes de escorrentía (Fuente: Manual de conservación de suelos y agua, Chapingo, México, 1977)

Tipo de vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco arenosa	Franco arcillolimoso franco limosa	Arcillosa
Forestal	0-5	0.10	0.30	0.40
	5-10	0.25	0.35	0.50
	10-30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0-5	0.10	0.30	0.40
	5-10	0.15	0.35	0.55
	10-30	0.20	0.40	0.60
Terrenos cultivados	0-5	0.30	0.50	0.60
	5-10	0.40	0.60	0.70
	10-30	0.50	0.70	0.80

Tabla 3: Valores de C para zonas urbanas

Tipo de área drenada	Coefficiente C
Áreas comerciales	
Céntricas	0.70-0.95
Vecindarios	0.50-0.70
Áreas residenciales	
Familiares simples	0.30-0.50
Multifamiliares separadas	0.40-0.60
Multifamiliares concentradas	0.60-0.75
Semi-urbanos	0.25-0.40
Casas de habitación	0.50-0.70
Áreas industriales	
Densas	0.60-0.90
Espaciadas	0.50-0.80
Parques, cementerios	0.10-0.25
Campos de juego	0.10-0.35
Patios de ferrocarril	0.20-0.40
Zonas suburbanas	0.10-0.30
Calles	
Asfaltadas	0.70-0.95
De concreto hidráulico	0.80-0.95
Adoquinadas	0.70-0.85
Estacionamientos	0.75-0.85
Techados	0.75-0.95

Fuente: Eduardo Chávarri Velarde

Cuando la cuenca se compone de superficies de distintas características, el valor de C se obtiene como una media ponderada, así como se muestra:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Donde:

C: coeficiente de escorrentía ponderado

C₁: coeficiente de escorrentía para el área A₁

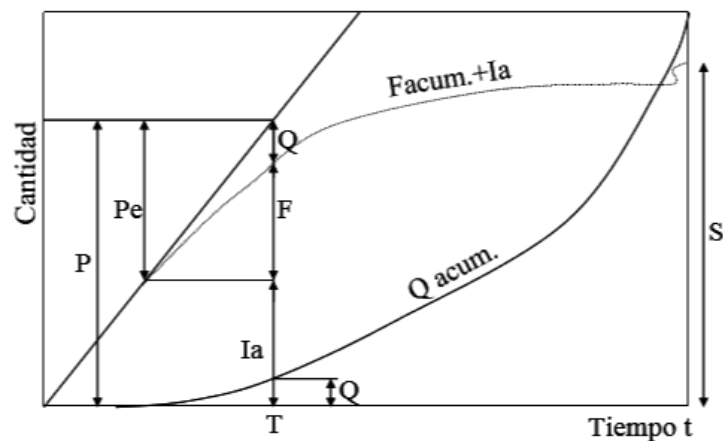
A₁: área parcial i

2.5.2 Método NRCS

El método del Servicio de Conservación de Recursos Naturales antes conocido como el método SCS es ampliamente utilizado para estimar avenidas producidas en pequeñas a medianas cuencas. Se puede afirmar que este método a desplazado al denominado 'Método Racional' debido a su mayor base de datos y la manera como las características físicas del proceso precipitación - escorrentía se toma en cuenta en el cálculo (Eduardo Chávarri Velarde).

La derivación de las ecuaciones básicas para estimar el volumen de escurrimiento producto de una tormenta se puede ilustrar mediante la siguiente figura:

Figura 1: Curvas del volumen de escurrimiento producto de una tormenta



Fuente: Eduardo Chávarri Velarde

En general, no ocurre escurrimiento hasta que el volumen de lluvia sea igual a la abstracción inicial 'Ia'. Después de ello, el volumen de escurrimiento es la diferencia entre la precipitación 'P' y la infiltración 'F', excluyendo a 'Ia'.

La retención potencial 'S' es el valor que alcanza (F + Ia) en un tiempo muy largo.

El método básicamente asume lo siguiente:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{Pe} \quad (1)$$

Dónde: Pe=Pó Ia y F=Pe ó Q

Se llega a la siguiente expresión, el escurrimiento superficial acumulado Q en mm (equivalente a la lluvia en exceso Pex) es igual a:

$$Q = Pex = \frac{Pe^2}{PE + S} \quad (2)$$

U k " ÷ U ø " u g " g u v k o c " g p " h w p e k » p " c n " f g p q o k

$$S = \frac{25400}{N} - 254 \quad (3)$$

$$Ia = 0.20S \quad (4)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3) y (4) en (2), tenemos la siguiente expresión:

$$Q = Pex = \frac{(P - \frac{5080}{N} + 50.8)^2}{(P + \frac{20320}{N} - 203.2)} \quad (5)$$

En las expresiones anteriores N es el número de la curva de escurrimiento del complejo hidrológico suelo ó cobertura adimensional, P y Pex están expresados en mm.

Para calcular el valor de N, se debe tener en cuenta el grupo de suelo hidrológico:

- **Grupo A:** (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.
- **Grupo B:** Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.
- **Grupo C:** Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.
- **Grupo D:** (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión del agua.

Tabla 4: Número de la curva de escurrimiento 'N' para condiciones antecedentes de humedad promedio.

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos : Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones óptimas, cubierta > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
505.8 m ²	65%	77	85	90	92
1011.6 m ²	38%	61	75	83	87
1348.9 m ²	30%	57	72	81	86
2023.5 m ²	25%	54	70	80	85
4046.9 m ²	20%	51	68	79	84
Pavimento, techos, accesos etc		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente : Tabla 5.5.2 (Hidrología Aplicada - Ven Te Chow, Maidment, Mays).

Para condiciones antecedentes de humedad seca o húmeda, se utiliza la siguiente tabla.

Tabla 5: Número de la curva de escurrimiento 'N'

N		
Condiciones medias	Condiciones Secas	Condiciones Húmedas
100	100	100
95	87	98
90	78	96
85	70	94
80	63	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
55	35	74
50	31	70
45	26	65
40	22	60
35	18	55
30	15	50
25	12	43
20	9	37
15	6	30
10	4	22
5	2	13
Lluvia en los 05 días previos al cálculo		
Condiciones medias	Menos de 0.5" (1.27 cm)	
Condiciones secas	Entre 0.5" (1.27 cm) a 1.5" (3.81 cm)	
Condiciones Húmedas	Más de 1.5" (3.81 cm)	

Fuente: Eduardo Chávarri Velarde

2.5.3 Hidrograma unitario

El hidrograma Unitario como aquella escorrentía superficial ficticia proveniente de una precipitación unitaria uniforme sobre la cuenca; resulta, por lo tanto, una escorrentía superficial de volumen unitario (Jesús Abel Mejía Marcacuzco, 2012).

2.5.4 Curva S

El hidrograma S teórico es aquel que resulta de un exceso de lluvia continuo a una tasa constante de 1cm/h durante un periodo indefinido. Es la función de respuesta de paso unitario para un sistema de cuenca. La curva adopta una forma de S deformada y sus ordenadas finalmente se aproximan a la tasa de exceso de lluvia en el tiempo de equilibrio (Ven Te Chow, 1994).

La gran utilidad de la Curva S es que ella permite el cálculo de hidrogramas unitarios para cualquier duración, para eso se desplaza la curva S un intervalo t , igual a la duración del HU deseado; las coordenadas de ese HU buscado son calculadas por la diferencia entre las dos Curvas S (Jesús Abel Mejía Marcacuzco, 2012).

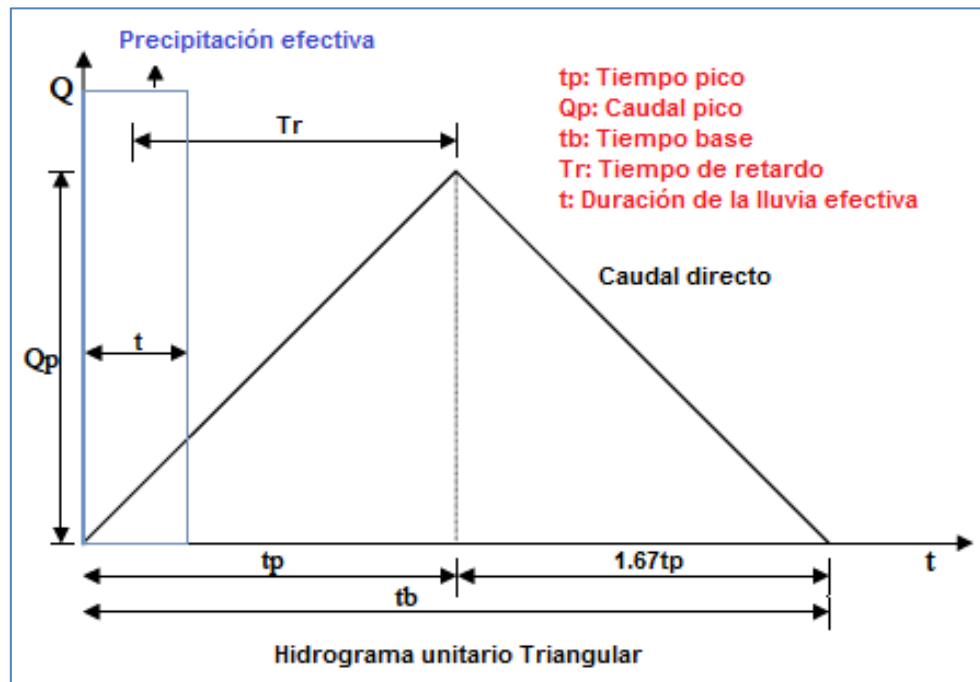
2.5.5 Hidrograma unitario sintético

2.5.5.1 Hidrograma unitario adimensional de Soil Conservation Service (SCS)

El hidrograma adimensional SCS es un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal Q con respecto al caudal pico Q_p y el tiempo por la relación del tiempo t con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario t_p . Dados el caudal y el tiempo de retardo para la duración de una lluvia efectiva, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca dada.

Los valores de Q_p y t_p pueden ser estimados utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular, en donde el tiempo está dado en horas y el caudal en $m^3/s.cm$ (Jesús Abel Mejía Marcacuzco, 2012).

Figura 2: Hidrograma unitario triangular SCS



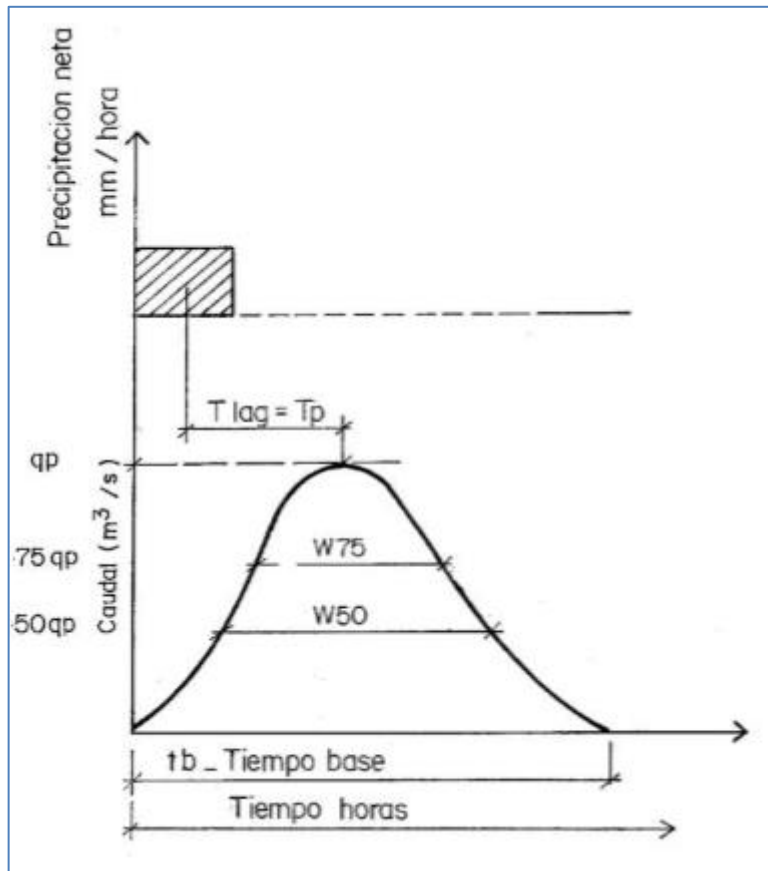
Elaboración propia

- ❖ $t_p \text{ (horas)} = \frac{t}{2} + Tr$
- ❖ $Tr \text{ (horas)} = 0.6 * T_c ; T_c = \text{tiempo de concentración}$
- ❖ $Q_p \text{ (m}^3\text{/s.mm)} = \frac{0.208 * \text{Area (km}^2\text{)}}{t_p}$

2.5.5.2 Hidrograma unitario sintético de Snyder

El método de Snyder provee ecuaciones que definen las características del hidrograma unitario sin el uso del modelo conceptual. Las ecuaciones se han desarrollado para calcular el pico y la base del hidrograma unitario. Se definen también empíricamente el ancho del HU al 50% y al 75% del caudal pico.

Figura 3: Hidrograma unitario sintético estándar de Snyder



Fuente: Diseño hidrológico - Sergio Fattorelli y Pedro C. Fernandez

Las principales ecuaciones de Snyder en sistema internacional de unidades son:

$$T_p = C_1 * C_t * (Lca * L)^{0.3}$$

$$Q_p = \frac{0.2778 * C_p * A}{T_p}$$

Donde:

T_p : es el tiempo de retardo de la cuenca en horas.

Lca : es la distancia desde la estación de salida de la cuenca y el centroide de la misma medido a lo largo del canal principal, en kilómetros.

L: es la distancia en kilómetros desde la estación de salida al borde más alejado de la cuenca medido a lo largo del canal principal, en kilómetros.

Ct: es el coeficiente empírico que depende de las características de las cuencas estudiadas.

C1: es una constante igual a 0.7517 en el SI de unidades (Chow et al., 1994).

Qp: es el caudal pico producido por una lluvia neta unitaria, en metros cúbicos por segundo.

A: es el área de la cuenca en kilómetros cuadrados.

Cp: es el coeficiente empírico de retención y almacenamiento, varía entre 0.4 y 0.9.

0.2778 factor unificador de unidades.

El producto L*Lca es una medida del tamaño y la forma de la cuenca. Este factor intenta parametrizar la forma de la cuenca en términos de la longitud, L y ancho, Lca.

Una ecuación propuesta para Ct (Chow, 1964) es:

$$C_t = \frac{0.6}{\sqrt{S}}$$

Con S, la pendiente media de la cuenca. Snyder propone valores entre 1.8 y 2.2; siendo los valores menores los correspondientes a cuencas de mayores pendientes.

La duración del exceso de lluvia (Td en horas) es:

$$T_d = \frac{T_p}{5.5}$$

Donde Tp es el tiempo de retardo.

La duración de la escorrentía superficial y base del hidrograma unitario T_b (en días) está dada por:

$$T_b = 3 + 3 * \left(\frac{T_R}{24}\right) = 3 + \frac{T_R}{8}$$

Allen (1975), indicó que ésta expresión da un mínimo de tiempo base de 3 días, hasta en cuencas pequeñas, porque incluye el efecto del flujo subsuperficial.

Por este motivo el método de Snyder no es recomendable de aplicar en cuencas pequeñas de tiempos de concentración bajos

El cálculo manual del hidrograma por el método de Snyder necesita de dos valores que dan el ancho del hidrograma (en horas) correspondiente a los valores del 75% del caudal pico, W_{75} y al 50% W_{50} .

También se puede construir un hidrograma triangular con los valores de Q_p y T_b .

Los valores de W_{75} y W_{50} en horas y fracción, están dados por la siguiente ecuación empírica:

$$W = C_w * Q_p^{-1.081}$$

Donde C_w es igual a 1.22 para W_{75} y 2.14 para W_{50} .

2.5.6 Caudal base

La precipitación al caer en la superficie del suelo se distribuye en diferentes partes, algunas de ellas pasando a formar parte de la escorrentía casi inmediatamente y otras permaneciendo estancadas por periodos variables dentro del suelo.

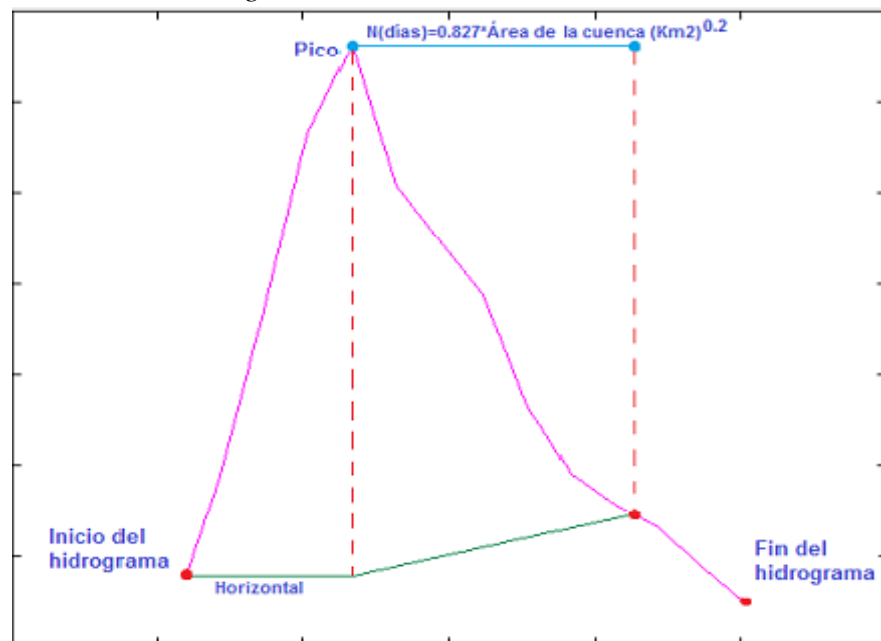
El flujo base es formado por el agua que percola hasta alcanzar el almacenamiento subterráneo y más tarde sale en forma de flujo base (Jesús Abel Mejía Marcacuzco, 2012).

Separación del caudal base

Existen varias técnicas de separación del caudal base, sin embargo el presente programa solo desarrolla cuatro métodos:

A. Método 1: Consiste en trazar una línea horizontal desde el inicio del hidrograma hasta el instante de la ocurrencia el pico, luego hasta N días del pico.

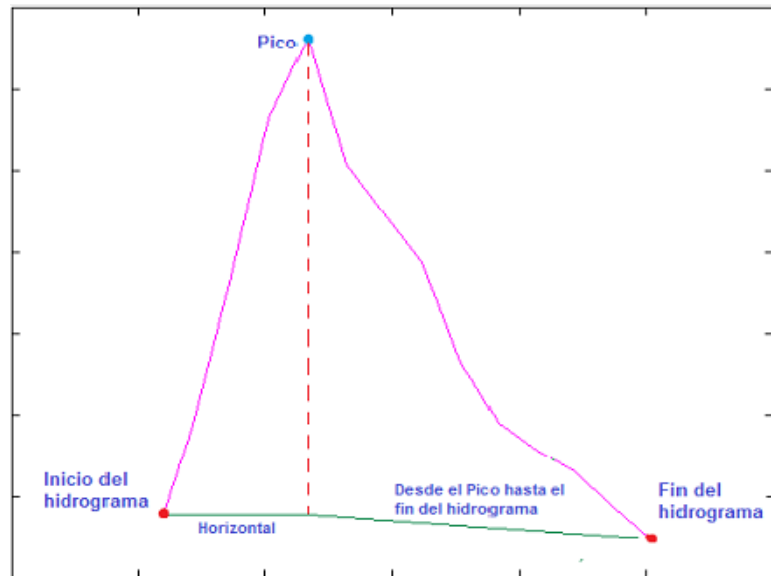
Figura 4: Caudal base – Método 1



Elaboración propia

B. Método 2: Consiste en trazar una línea horizontal desde el inicio del hidrograma hasta el instante de la ocurrencia el pico, luego hasta el fin del hidrograma.

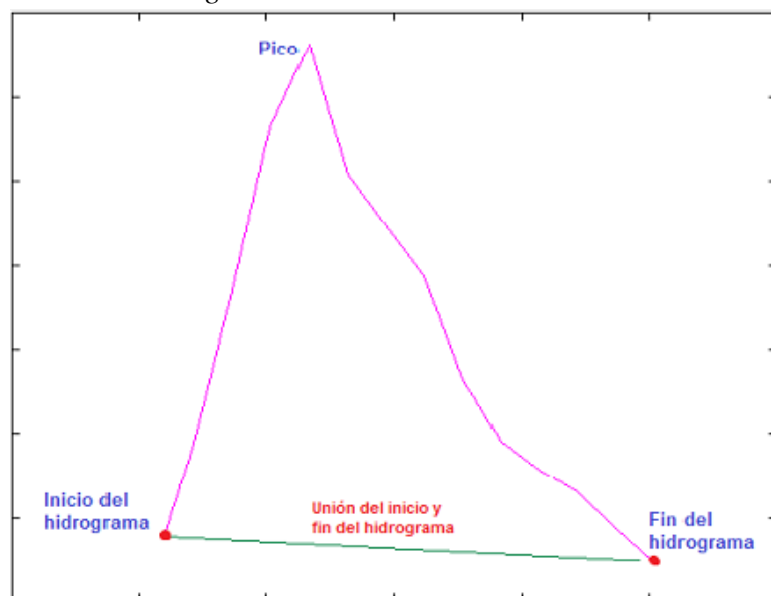
Figura 5: Caudal base – Método 2



Elaboración propia

C. Método 3: Consiste en trazar una recta desde el inicio del hidrograma hasta el final del hidrograma.

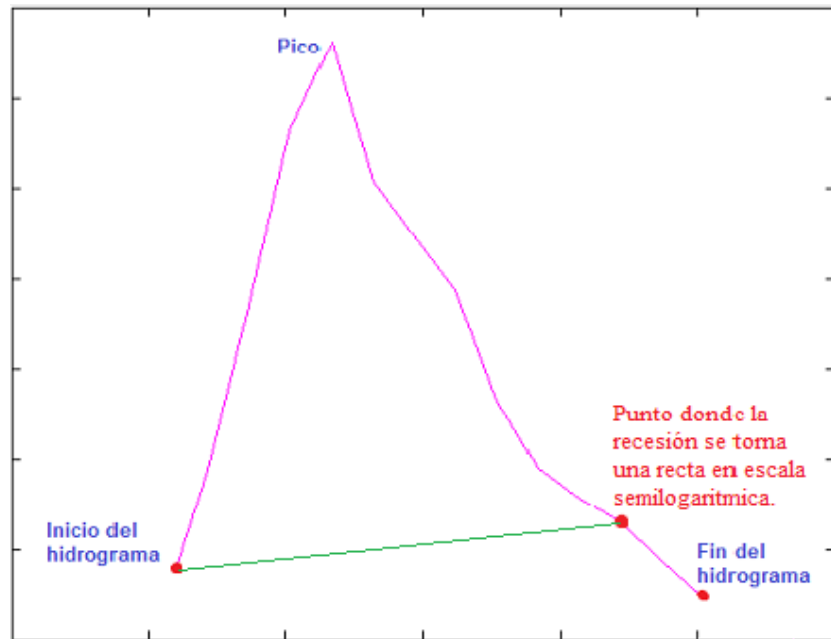
Figura 6: Caudal base – Método 3



Elaboración propia

D. Método 4: Este método parte del ploteo del hidrograma, o más precisamente de su curva de recesión en papel semilogarítmico, con el tiempo en escala lineal. El punto donde la curva de recesión se torna una línea recta representa el fin de la escorrentía superficial, y la recta que une el inicio del hidrograma con el fin de la escorrentía superficial corresponde al caudal base del hidrograma.

Figura 7: Caudal base – Método 4



Elaboración propia

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales y equipos

A. Materiales

- 3 millares de hoja A4 80gr.
- 1 usb 16GB

B. Equipos

➤ Hardware

- Computadora Windows 10 core i7 220GHz ó 12GB RAM

➤ Software

- Microsoft Office 2013

Se ha utilizado Word para la redacción de la tesis y Microsoft Excel 2013 como base de datos, el cual contiene los puntos de las gráficas digitalizadas, los cuales son importados directamente cuando se ejecuta el software desarrollado.

- Matlab R2015a

Se ha utilizado este software de programación para realizar la codificación del software desarrollado (HidroCal), donde los archivos utilizados han sido el archivo M ó file y el archivo Fig. En el primer archivo se ha realizado los scripts y en el segundo archivo las interfaces gráficas.

3.2 Métodos

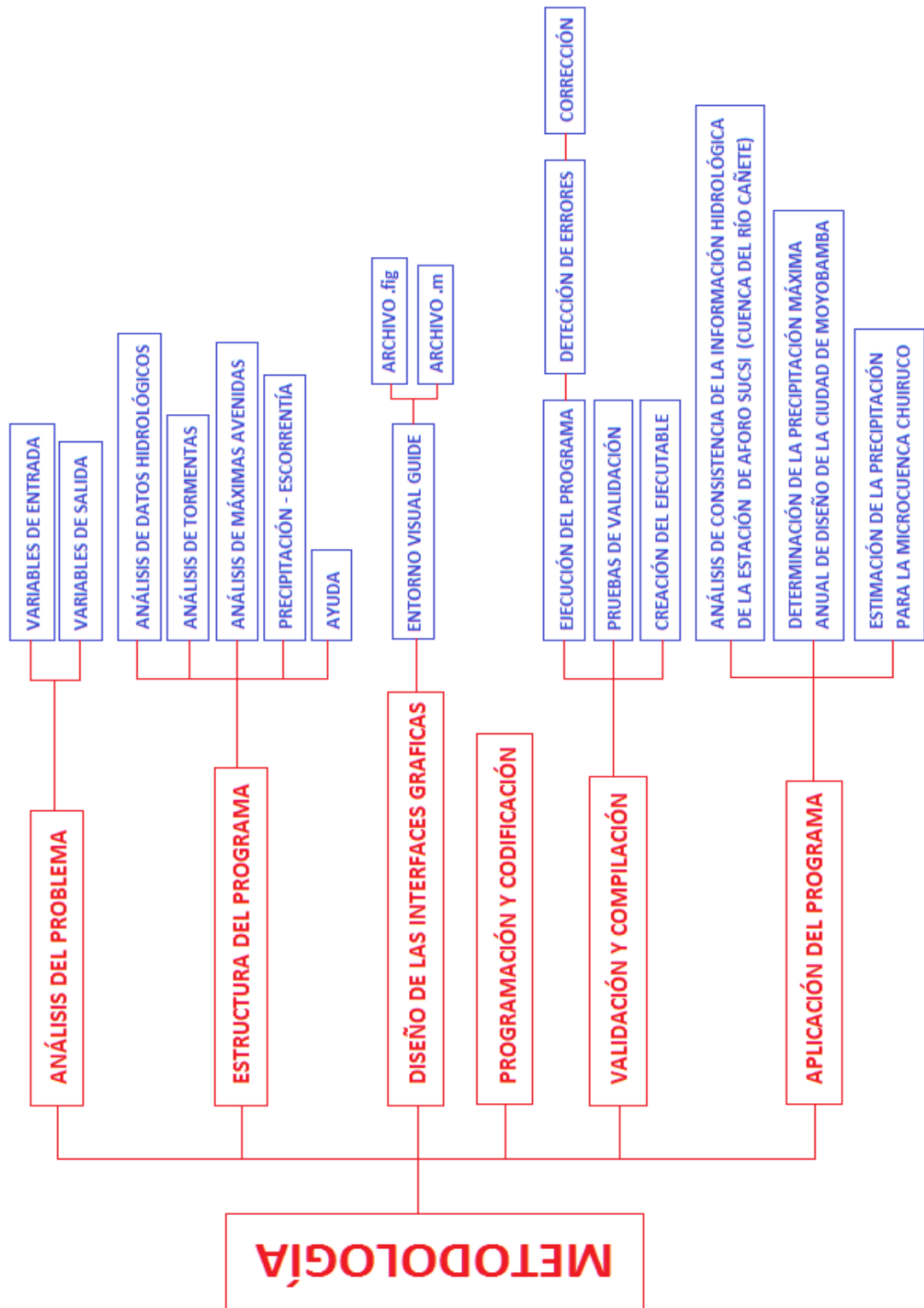


Figura 8: Diagrama de la metodología seguida

La metodología seguida para el diseño del sistema informático se ha realizado considerando los siguientes aspectos:

- Análisis del problema
- Estructuración del sistema informático
- Diseño de las interfaces graficas en Matlab
- Programación y codificación de los algoritmos en Matlab R2015a
- Pruebas de validación y compilación del sistema informático
- Aplicación del sistema informático HydroCal v.1.0

3.2.1 Análisis del problema

El problema principal que conlleva a que se desarrolle este sistema informático es lo riguroso que es realizar algunos cálculos hidrológicos, como los cálculos relacionados con el análisis de tormentas, análisis de máximas avenidas, precipitación-escorrentía, etc. Para realizar los cálculos de una forma automática con el sistema informático es necesarios saber que datos se le debe de proporcionar y que información debe de proporcionar como solución el sistema informático.

Los datos que se le debe proporcionar al sistema informático vienen a ser las variables de entrada y la información que proporciona el software son las variables de salida.

Los datos o variables de entrada del sistema informático son: la precipitación (diario, mensual o anual), caudal, periodo de retorno, duración de la precipitación, tiempo de concentración y área de la cuenca. Los datos de entrada que se necesiten dependerán de lo que se quiere analizar o calcular. Las variables de salida también dependerán de lo que se quiere analizar o calcular.

3.2.2 Estructura del sistema informático

El sistema informático se ha estructurado en cinco temas principales: Análisis de datos hidrológicos, análisis de tormentas, análisis de máximas avenidas, precipitación-escorrentía y ayuda; de los cuales se han sub dividido como se muestra:

A. Análisis de datos hidrológicos

- Completación de datos
 - Método racional deductivo
 - Método USNWS
- Análisis de consistencia
 - Métodos paramétricos
 - Métodos no paramétricos
 - Promedios móviles
 - Prueba F de Fisher
 - Análisis de saltos
- Persistencia

B. Análisis de tormentas

- Análisis IDF
 - Modelo de Bell y Yance Tueros
 - Regresión lineal múltiple
- Precipitación máxima probable
 - Método estadístico

C. Análisis de máximas avenidas

- Distribución de frecuencias
- Prueba de ajuste
 - Chi cuadrado
 - Anderson Darling

D. Precipitación – escorrentía

- Método racional
- Método NRCS
- Hidrograma
 - Hidrograma unitario
 - Curva S
 - Hidrograma sintético
 - Snyder
 - SCS
- Caudal base

E. Ayuda

- Manual
- Acerca de HidroCal

3.2.3 Diseño de las interfaces graficas en Matlab

El diseño de las interfaces graficas se ha realizado en el entorno de programación visual que se encuentra disponible en Matlab, llamado GUIDE. La aplicación GUIDE consta de dos archivos: .m y .fig, el archivo .m es el que contiene el código con las correspondencias de los botones de control de la interfaz y el archivo .fig contiene los elementos gráficos.

El diseño de la interfaz gráfica o mascara que contiene los botones se realiza en el archivo .fig y las interfaces graficas del software (HidroCal) se desarrolló siguiendo la secuencia de la estructura del programa, por ejemplo: para el análisis de datos hidrológicos →completación de datos, se han realizado dos interfaces graficas: método racional deductivo y método USNWS y así se realizó las demás interfaces graficas siguiendo la estructura del sistema informático planteada.

3.2.4 Programación y codificación de los algoritmos en Matlab R2015a

Una vez que se ha realizado las interfaces graficas se procede a programar y codificar con el lenguaje de programación Matlab R2015a, se ha realizado para cada interfaz gráfica su propia codificación y algunos de estos han sido enlazados en donde requieran una secuencia lógica.

Para enlazar interfaces graficas se ha clasificado en niveles, donde la interfaz gráfica principal gobierna a otras interfaces graficas de nivel inferior y estos a su vez gobiernan a otras interfaces de menor nivel.

La interfaz gráfica principal que contiene a todas las interfaces graficas con sus respectivos códigos es la que se muestra en la figura 9.

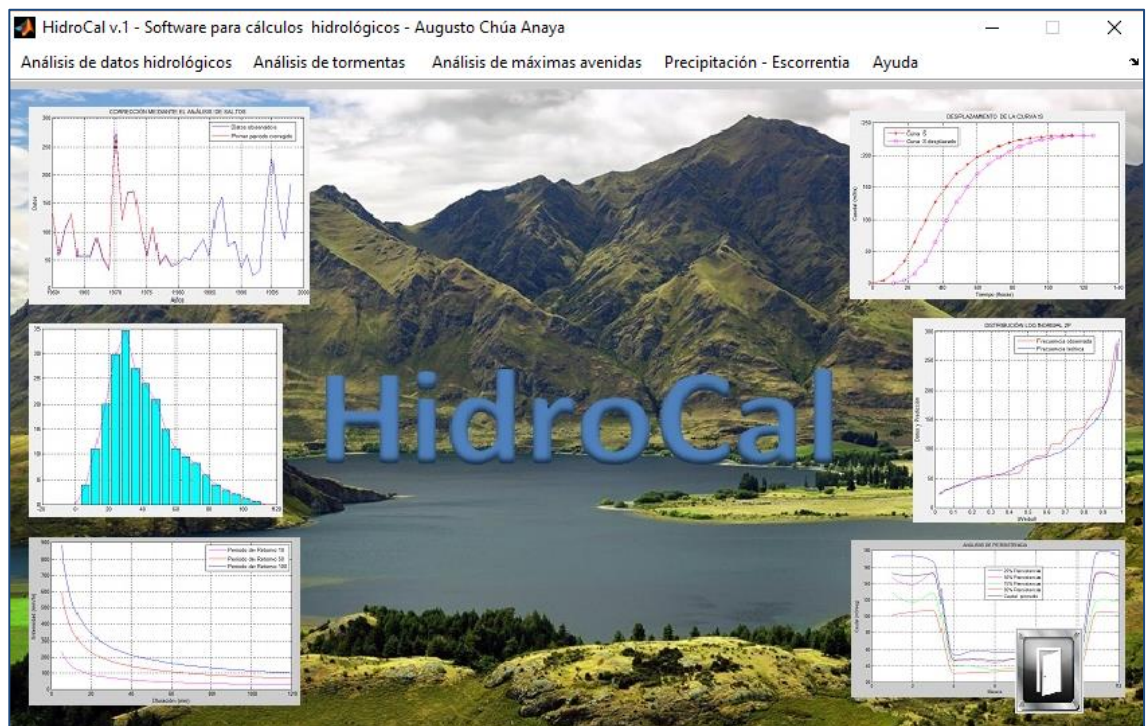


Figura 9. Pantalla principal

Las interfaces graficas después de la interfaz gráfica principal son las que se encuentran en los recuadros rojos de la figura 10.

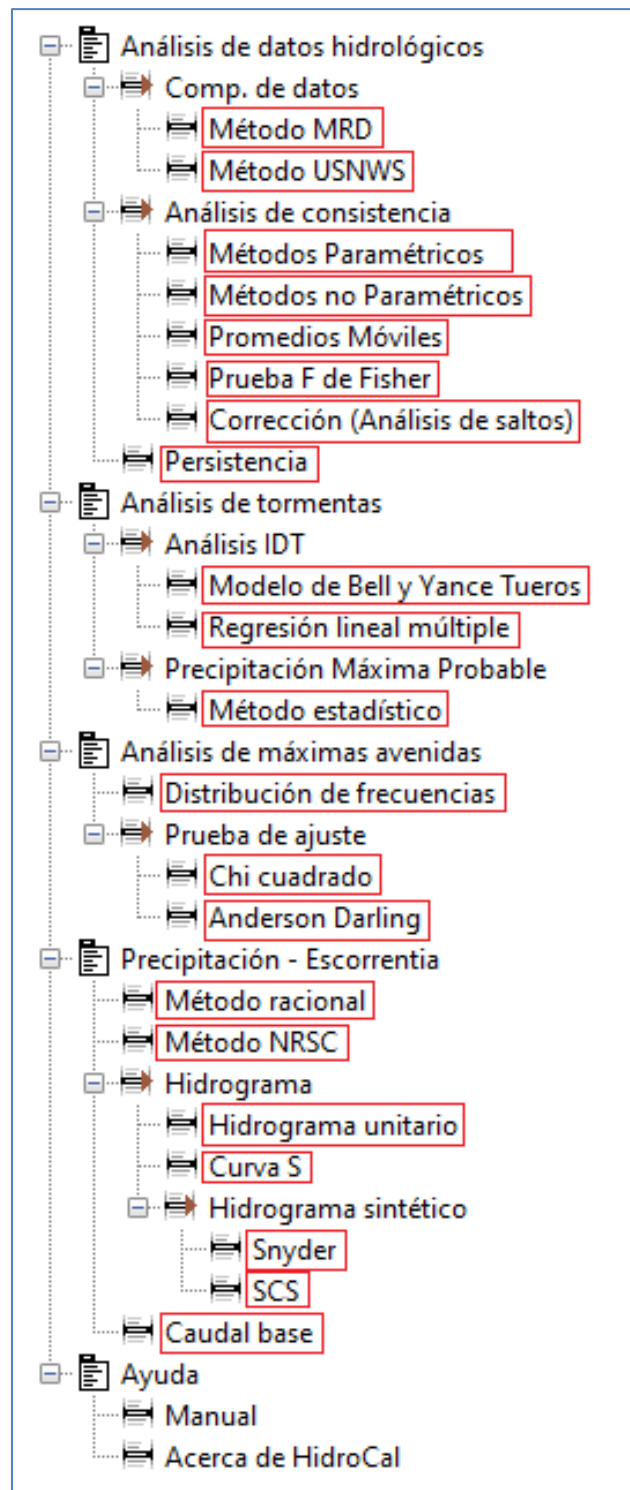


Figura 10. Menú de herramientas desagregadas

3.2.5. Pruebas de validación y compilación del sistema informático

Una vez que se ha realizado la programación y codificación se procedió a ejecutar el programa en Matlab para detectar los errores que puede presentar, detectado los errores se realizara las correcciones o mejoras.

Después de realizar las correcciones o mejoras se procedió a realizar las pruebas de validación, las pruebas se realizaron con datos cuya solución ha sido correcta y conocida anticipadamente. Una vez realizado las pruebas y haber comprobado que los resultados obtenidos por el sistema informático son correctos, entonces se ha realizado la validación. Finalmente se procede al empaquetado del manual del programa y a la compilación (creación del ejecutable).

3.2.6. Aplicación del sistema informático HidroCal v.1.0

3.2.6.1. Análisis de consistencia de la Información de la Estación de Aforo Sosci (Cuenca del río Cañete).

A. Descripción de la cuenca del río Cañete

Descripción General

El valle agrícola de Cañete, se encuentra desarrollado en una extensión aproximada de 24.052 Ha, obtiene el agua necesaria para su operación en forma casi exclusiva del escurrimiento natural del río Cañete ya que por una parte, no existe obras de regulación en su cuenca y, por otro lado, la explotación del agua subterránea es exigua. El mayor escurrimiento natural ocurre durante los meses de enero a marzo.

El escurrimiento natural se origina como consecuencia de la precipitación estacional que ocurren en la cuenca alta y del deshielo de los nevados , situados principalmente sobre la divisoria con la cuenca del río Mala.

Los caudales promedios anuales de la cuenca del río Mala se encuentran en la tabla 1.2 del anexo I. Con ambas series de las cuencas se ha realizado la comparación de sus series (figura 1.1, anexo I), donde se observa que ambas series presentan similitudes en su comportamiento, se nota que la serie histórica del río Cañete r t g u g p v c " w plónde los datos están" nEso agrupados, mientras que el otro periodo parecen tener datos dudosos, esto será verificado con el análisis de doble masa.

Análisis de doble masa

El análisis de doble masa se ha realizado con el promedio de los meses de mayor avenida (enero, febrero y marzo) de las cuencas del río Cañete y la cuenca del río Mala (tabla 1.3, anexo I), debido a que la precipitación en la cuenca del río Cañete influencia directamente a la escorrentía durante los meses que se presenta, el resto del año la escorrentía es influenciado por el deshielo de los nevados que se encuentran en las partes altas de la cuenca.

En la figura 1.2 del anexo I, se observa la líneas de doble masa efectuados con los caudales promedios mensuales (enero, febrero y marzo) de las cuencas del río Cañete y Mala. En el grafico de doble se puede diferenciar dos periodos, donde el primer periodo presenta 28 años y que tiene una serie de quiebres y el segundo periodo tiene 27 años y tiene menos quiebres.

El primer periodo por presentar mayor cantidad de quiebres y desfazamiento se considera dudoso; el segundo periodo por presentar menos quiebres y por ser mas reciente se le va a considerar como el perido mas confiable.

Análisis estadístico

Después de realizar el análisis visual y el de doble masa y haber identificado los dos periodos se procede a analizar la consistencia en la media y en la desviación estándar.

- Consistencia en la media

El análisis de consistencia en la media se realizó utilizando el software desarrollado (HidroCal), donde la prueba utilizada es la T de Student, utilizando los caudales promedios anuales de la cuenca del río Cañete (tabla 1.1, anexo I) y los dos periodos; el primero del año 1927 ó 1954 y el segundo del año 1955 -1981. La prueba muestra que existe consistencia en la media (figura 1.3, anexo I).

- Consistencia en la desviación estándar

Para el análisis de consistencia en la desviación estándar se utilizó el software HidroCal, el cual se calculó con la prueba F de Fisher. Se utilizó los caudales promedios anuales de la cuenca del río Cañete (tabla 1.1, anexo I). La prueba estadística muestra que no existe consistencia en la desviación estándar (figura 1.4, anexo I).

- Corrección de los caudales promedios anuales del primer periodo

De los análisis de consistencia realizados, ha resultado que la desviación estándar del primer periodo es estadísticamente diferente respecto al segundo periodo. Por lo tanto se corrige los caudales promedios anuales del primer periodo utilizando el software HidroCal.

Los caudales promedios anuales corregidos del primer periodo se encuentran en la tabla 1.5 del anexo I.

C. Ley de distribución

Prueba de bondad Chi – Cuadrado

Para ver si los datos de caudales promedios anuales corregidos (55 años) se ajustan a la distribución normal se realiza la prueba de Chi ó Cuadrado. La prueba de Chi- Cuadrado se realizó utilizando el software HidroCal, cuyos resultados se encuentra en la figura 1.6 del anexo I.

3.2.6.2. Determinación de la precipitación máxima anual de diseño de la ciudad de Moyobamba

A. Características generales del área de estudio

Localización Geográfica

- **Localización y extensión**

La ciudad de Moyobamba está ubicada en la parte norte del departamento de San Martín cuya extensión en promedio es

5.72 Km² g p v t g " n c u " e q q t 8g Åp4c 4f øc 7u6<0" 77 6Åö4 "4
N c v k v w f " U w t . " ó{9"9nÅq6u7"ø 9 8 Å 6 64 ø 3" 2f 0g;" öN
Oeste.

- **Limites**

Norte: con el departamento de Loreto

Sur: con la provincia de Lamas

Oeste: con la provincia de Rioja

Nor ó Oeste: con el departamento de Amazonas

- **Altitud**

La ciudad de Moyobamba, se halla a una altitud de 860 msnm.

B. Análisis del estudio

Para la determinación de la precipitación máximo anual de diseño de la ciudad de Moyobamba, se ha realizado el análisis de la información hidrometeorológica, el cual comprende en procesar las bandas pluviográficas y obtener el registro de lluvia máximas anual, para luego realizar el análisis de funciones de distribución para eventos extremos máximos y luego someter a una prueba de bondad de ajuste a las funciones de distribución por el método analítico de error mínimo cuadrado.

C. Procesamiento de los datos de lluvia

En base a las lecturas de bandas obtenidas (Tabla 2.1, anexo II) fueron identificadas un total de 25 tormentas de 8 años (1996 a 2003), donde para cada una de las tormentas se calculó la intensidad de precipitación (para 5, 10, 15, 30, 60, 120 minutos de duración).

D. Análisis de tormentas

Para transformar cada una de las 25 tormentas seleccionadas, las intensidades se dividieron entre sus respectivas duraciones (Tabla 2.1, anexo II), luego se calculó la intensidad máxima de la precipitación para duraciones típicas desde 5 a 120 minutos en mm/hr (Tabla 2.2, anexo II).

A partir de las intensidades máximas de precipitaciones de las 25 tormentas se selecciona las de mayor de intensidad por año en mm/hr, como se ve en la siguiente tabla:

Tabla 6: Intensidad máxima en mm/hr por año de la estación de Moyobamba

N°	AÑO	DURACIONES					
		5'	10'	15'	30'	60'	120'
1	1996	56	56	56	28.2	14.3	7.41
2	1997	113.53	113.53	75.72	37.91	19	9.51
3	1998	10	10	10	10	10	6.5
4	1999	53.2	53.2	53.2	26.65	13.37	6.7
5	2000	106.84	53.42	35.61	17.8	8.9	4.45
6	2001	46	46	46	34.2	28.3	17.95
7	2002	97.6	97.6	97.6	59.1	37.7	21.1
8	2003	103.61	54.1	37.59	21.09	12.83	6.77

Las intensidades máximas de la tabla anterior se transformó a lluvia anual en milímetros (Tabla 2.4, anexo II) para luego realizar el análisis de distribución de frecuencias para cada periodo de duración.

La ecuación IDT (intensidad, duración y periodo de retorno) se realizó utilizando el software HydroCal, los resultados se muestran en la Figura 2.1 del anexo II.

E. Análisis de distribución de frecuencias

El análisis de frecuencias se ha realizado utilizando el software HydroCal, donde se ha considerado siete distribuciones (normal, log normal 2P, log normal 3P, Gumbel, Log Gumbel, Pearson 3P, y Log Pearson 3P). el análisis se ha realizado para cada duración de los 8 años de registro y al final se ha seleccionado la distribución que presente menor error cuadrático mínimo, los resultados esta presentes en la Tabla 2.5 del anexo II.

3.2.6.3. Estimación de la precipitación para la microcuenca Chuiruco

A. Ubicación y acceso

La microcuenca de Chuiruco se ubica en la vertiente del Atlántico y forma parte de la cuenca del alto Marañón. Se origina en el Nevado Chaupicanja, a una altitud promedio de 5200 msnm, que alimenta a las lagunas Aguascocha Superior y Aguascocha inferior, que da origen a la quebrada Cajón Ragra y a la laguna del mismo nombre, principal tributario de la Quebrada Chuiruco, cuyas aguas alimentan al río San Juan.

Políticamente se ubica en las laderas de la Cordillera Chaupicanja y Cerro Mina Punta, sobre el terreno superficial de la comunidad campesina Chuiruco, en el distrito de Huallanca, provincia de Bolognesi, departamento de Ancash. Geográficamente, se halla comprendida entre las coordenadas UTM 8891000 m y 8898000 m en el Norte y 78000 m y 88000 m en el Este, georreferenciados en el DATUM PSAD56 Zona 18s.

El acceso a la microcuenca se realiza por la vía Lima ó Pativilca - Conococha ó desvío Antamina ó Huallanca ó microcuenca, con un total de 445 km en un tiempo aproximado de 8 horas.

B. Precipitación mensual y anual

Para obtener la serie anual y mensual de precipitación de la microcuenca Chuiruco se utilizó los registros mensuales de precipitación de las estaciones meteorológicas Milpo, Chiquian y Jacas Chico, que a nivel regional son las estaciones con registros continuos y se ubican cerca de la microcuenca.

C. Completación de datos

El método utilizado para la completación de los datos mensuales faltantes en las estaciones Milpo, Chiquian y Jacas Chico fue el

õ O² v q f q " T c e k q p c n " F g f w e v k x q ö 0 " N c "

utilizando este método se realizó con el software HidroCal (tabla 3.1, 3.2 y 3.3, Anexo III).

D. Análisis de consistencia

Con los datos mensuales completados se calculó la precipitación promedio anual para las tres estaciones, con las cuales se le realizó el análisis visual y el análisis de doble masa para obtener los periodos a estudio.

Análisis visual de los graficos

Con los datos de precipitación promedio anual para cada una de las tres estaciones se elaboro los histogramas, con el objetivo de detectar los saltos de la serie hidrológica (figura 3.1, 3.2, 3.3, Anexo III).

Análisis de doble masa

El análisis de doble masa se ha realizado con el promedio acumulado de las tres estaciones a estudio (Milpo, Chiquian y Jacas Chico) y los acumulados de cada estación.

En la tabla 3.7 del anexo III se muestran los acumulados de la precipitación promedio anual de las tres estaciones.

En la figura 14, se observan los periodos para cada estación; la estación Milpo presenta un primer periodo dudoso de 1981 ó 2006 y un segundo periodo confiable de 2007 ó 2011; la estación Chiquian tiene un primer periodo dudoso de 1981 ó 2001 y un segundo periodo confiable de 2002 ó 2011; y la estación Jacas Chico presenta un primer periodo dudoso de 1981 ó 2005 y un segundo periodo confiable de 2006 ó 2011.

Se ha considerado periodo dudoso debido a que presentan mayor cantidad de quiebres y periodo confiable porque tiene menos quiebres, sigue un tendencia recta y por presentar datos más recientes.

Análisis estadístico

El método estadístico utilizado para analizar la consistencia en la media fue la prueba de Cramer; se ha analizado para los periodos descritos anteriormente, utilizando los datos mensuales de cada estación.

La prueba de Cramer se ha realizado utilizando el software HydroCal, cuyos resultados se muestran en las figuras 15, 16 y 17.

El análisis de consistencia en la desviación estándar se ha realizado utilizando la prueba de Fisher para los periodos descritos, se utilizó el software HydroCal (figura 18, 19 y 20).

Corrección de datos

La corrección de los datos se realizó para las estaciones Milpo y Chiquian, las cuales presentaron inconsistencia en la desviación estándar al realizarse la prueba de Fisher. Los datos corregidos se muestran en la tabla 3.8 y 3.9 del anexo III.

E. Estimación de la precipitación para la microcuenca Chuiruco

La precipitación mensual representativa de la microcuenca Chuiruco se obtuvo en base al registro de la estación Milpo, la cual ha sido analizada y corregida.

La precipitación mensual de la microcuenca fue estimada mediante la extrapolación de la precipitación mensual de la estación Milpo. A partir de las elevaciones de las 3 estaciones y de la precipitación promedio mensual se determinó las ecuaciones para los doce meses (figura 3.4, anexo III).

De las ecuaciones se determinó las precipitaciones mensuales de la microcuenca Chuiruco relacionando el promedio mensual de la estación Milpo con la precipitación promedio de la microcuenca,

la cual es obtenida reemplazando su elevación en cada una de las doce ecuaciones (para cada mes respectivamente).

Al factor obtenido, de la relación de precipitación promedio mensual, se le multiplica por la precipitación mensual de la estación Milpo, donde así se obtuvo la precipitación mensual de la microcuenca Chuiruco.

F. Precipitación máxima en 24 horas

El análisis de la precipitación máxima en 24 horas se realizó con la estación Milpo, debido a que se encuentra a una altitud similar a la de la microcuenca Chuiruco.

Según lo recomendado por la World Meteorological Organization (WMO, 1994) se debe de realizar el ajuste de la precipitación máximas diarias por el factor 1.13; utilizada para corregir sesgos de subestimación de mediciones tomadas en intervalos fijos cada 24 horas.

Las precipitaciones máximas fueron ajustadas a los diversos modelos de distribución, los utilizados fueron: Normal, Log Normal, Log normal 3P, Pearson, Log Pearson y Gumbel.

Para la selección de la distribución de probabilidad que mejor se ajuste, se utilizó la prueba de Error cuadrático mínimo y se eligió la distribución que presente menor valor.

La distribución que mejor se ajustó fue la Log Gumbel, de la cual se estimó las precipitaciones máximas en 24 horas para periodos de retorno de 2 a 1000 años.

De los valores de precipitación máxima en 24 horas para periodos de retorno de 2 a 1000 años, se calculó la ecuación IDT y las intensidades para diferentes periodos de retorno y duración.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Del Diseño del Software

El primer resultado de este trabajo es el programa llamado HidroCal v.1.0, desarrollado con el lenguaje de programación Matlab R2015a.

4.1.1. El programa HidroCal v.1.0

HidroCal es un programa para cálculos hidrológicos obtenido como resultado del presente trabajo. El programa facilita los cálculos y evita así el desarrollo de cálculos de forma manual, el presente programa permite realiza cálculos de completación de datos, análisis de consistencia, análisis de máximas avenidas (Distribución de frecuencias y ajuste de bondad), análisis de tormentas (Precipitación máxima probable, ecuación IDT) y relación precipitación ó escorrentía (Hidrograma unitario, hidrogramas sintéticos, curva S, etc.). El programa presenta su propia interfaz en Windows y no depende del software Matlab para su utilización.

4.2. De la Aplicación del Software HidroCal v.1

4.2.1. Análisis de consistencia de la información hidrológica de la estación de Aforo Sucsí (Cuenca del río Cañete)

4.2.1.1. Análisis visual de los graficos

La serie histórica de los caudales promedios anuales de la cuenca del río Cañete se ha comparado con la serie histórica de la cuenca del río Mala, visualmente comparando ambas series se nota un notorio salto, sin embargo tras realizar el análisis de consistencia se comprobó que no existían saltos ni tendencias. Este primer análisis permitió observar la existencia de los dos periodos para luego corroborarla con el análisis de doble masa.

4.2.1.2. Análisis de doble masa

Se realizó este análisis con la serie histórica de la cuenca del río Mala, donde se tomo los caudales promedios mensuales de los meses de mayor escorrentía (enero, febrero y marzo); este procedimiento se hizo también para la cuenca del río Cañete.

Del análisis se muestra un primer periodo de años, el cual se asumió dudoso por la presencia de quiebre y desfases; el segundo periodo presenta 27 años y se considero confiable por presentar menos quiebres y tener datos mas actuales.

4.2.1.3. Análisis estadístico

El análisis de consistencia en la media se realizó utilizando la prueba de T de Student, los resultados se muestra en la siguiente figura:

Resultados	
Media del primer rango:	50.1471
Media del segundo rango:	52.0896
Varianza del primer rango:	164.537
Varianza del segundo rango:	505.545
Estadístico de la T de Student (td)	0.388021
Distribución de la T de Student obtenido de tabla (Tc)	2.00545

Conclusión	
Existe consistencia en la media; $td < Tc$	

Figura 11: Consistencia en la media – Cuenca Cañete

El análisis de consistencia en la desviación estándar se realizó utilizando al prueba de Fisher:

Resultados	
Media del primer rango:	50.1471
Media del segundo rango:	52.0896
Varianza del primer rango:	164.537
Varianza del segundo rango:	505.545
Valor de F calculado:	3.07253
Valor de F tabular:	1.91872

Conclusión	
No existe consistencia en la variancia; $Fc > Ft$	

Figura 12: Consistencia en la desviación estandar - Cañete

Como se observa en la figura 11, la media del primer periodo y del segundo periodo son estadísticamente iguales con un nivel de significación de 5%. Sin embargo el análisis de consistencia en la desviación estándar indica que los periodos no presentan desviación estándar iguales estadísticamente con un nivel de significación del 5%; por lo tanto se ha corregido el primer periodo en base al segundo periodo por ser el más confiable.

4.2.1.4. Ley de distribución

Por tener la serie histórica de escorrentía gran numero de descargas promedios anuales (55) se tuvo que aplicar la prueba de Chi ó Cuadrado a dicha serie, para saber si se ajusta a una distribución normal. Los resultados se muestran en la siguiente figura:

Resultados	
Grados de libertad:	4
Chi cuadrado calculado (X2c)	7.70754
Chi cuadrado de tabla (X2t)	9.488

Conclusión	
Los datos siguen la distribución probada; $X2c \leq X2t$	

Figura 13: Prueba de bondad, Chi - cuadrado

De los resultados mostrados se observa que los caudales promedios anuales de la estación Cañete se ajustan a una distribución normal con un nivel de significación de 5%.

4.2.2. Determinación de la precipitación máxima anual de diseño de la ciudad de Moyobamba

4.2.2.1. Análisis intensidad duración y frecuencia

Los resultados del procesamiento de las bandas pluviométricas y del análisis de tormenta se muestran en la tabla 7, a partir del cual se ha obtenido la ecuación IDT utilizando el programa HydroCal, como se muestra:

Tabla 7: Intensidad (mm/hr) por periodo de retorno y duración

T (años)	Duración (minutos) e Intensidad (mm/hr)					
	5	10	15	30	60	120
9	113.5300	113.5300	97.6000	59.1000	37.7000	21.1000
4.5000	106.8400	97.6000	75.7200	37.9100	28.3000	17.9500
3	103.6100	56	56	34.2000	19	9.5100
2.2500	97.6000	54.1000	53.2000	28.2000	14.3000	7.4100
1.8000	56	53.4200	46	26.6500	13.3700	6.7700
1.5000	53.2000	53.2000	37.5900	21.0900	12.8300	6.7000
1.2857	46	46	35.6100	17.8000	10	6.5000
1.1250	10.0000	10.0000	10	10	8.9000	4.4500

Ecuación IDT

$$I = \frac{103.33 * T^{0.76}}{D^{0.62}}$$

I: Intensidad (mm/hr)
 T: Período de retorno (años)
 D: Duración (minutos)

Figura 14: Ecuación IDT

4.2.2.2. Selección de la función de distribución

La selección de la función de distribución se ha realizado mediante el análisis del error cuadrático mínimo (tabla 2.5, anexo II), donde las distribuciones que más se ajustan para las diferentes duraciones son la distribución Pearson, Log Pearson y la Normal.

La distribución Pearson presenta menor error para los registros de lluvia con duración de 10 min, 60 min y 120 minutos, los

registros de lluvias con duración de 15 min y 30 minutos presentan menor error en la distribución Log Pearson y la distribución Normal presenta menor error para una duración de 5 minutos.

En la siguiente tabla se muestra los valores de lluvia máxima anual definitiva para diferentes valores de duración y periodo de retorno.

Tabla 8: Precipitación máxima anual de diseño

PERIODO	Precipitación máxima anual (mm)					
	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	120 min
1000.00	15.702	29.542	91.255	68.088	68.267	80.333
500.00	15.044	27.948	78.888	60.792	62.988	74.040
200.00	13.760	25.738	64.100	51.721	55.916	65.603
100.00	13.332	23.968	54.010	45.265	50.477	59.107
75.00	12.909	23.203	50.083	42.681	48.191	56.376
50.00	12.486	22.089	44.793	39.128	44.937	52.485
25.00	11.429	20.067	36.382	33.277	39.265	45.696
20.00	11.217	19.378	33.833	31.447	37.403	43.465
10.00	10.090	17.075	26.369	25.897	31.469	36.346
5.00	8.724	14.419	19.500	20.471	25.209	28.815
2.00	6.112	9.729	10.949	13.056	15.884	17.534

4.2.3. Estimación de la precipitación para la microcuenca Chuiruco

4.2.3.1. Completación de datos

La completación de datos de las tres estaciones se realizó con el Método Racional Deductivo, los resultados se muestran en la tabla 3.4, 3.5 y 3.6 del anexo III. Una vez completados mensualmente se calculó la precipitación total anual.

4.2.3.2. Análisis de consistencia

Del análisis gráfico se observó que las tres estaciones presentan un comportamiento similar, sin embargo en la estación Milpo es difícil diferenciar los dos periodos, en las estaciones Chiquian y Jacas Chico si se pudo diferenciar los dos periodos visualmente.

Del análisis de doble masa se determino el periodo dudoso y el periodo confiable, donde para la estación Milpo el periodo dudoso es de 1891 ó 2006, de la estación Chiquian es de 1981 -2001 y de la estación Jacas Chico es de 1981 ó 2005; estos se visualizan en la figura 15.

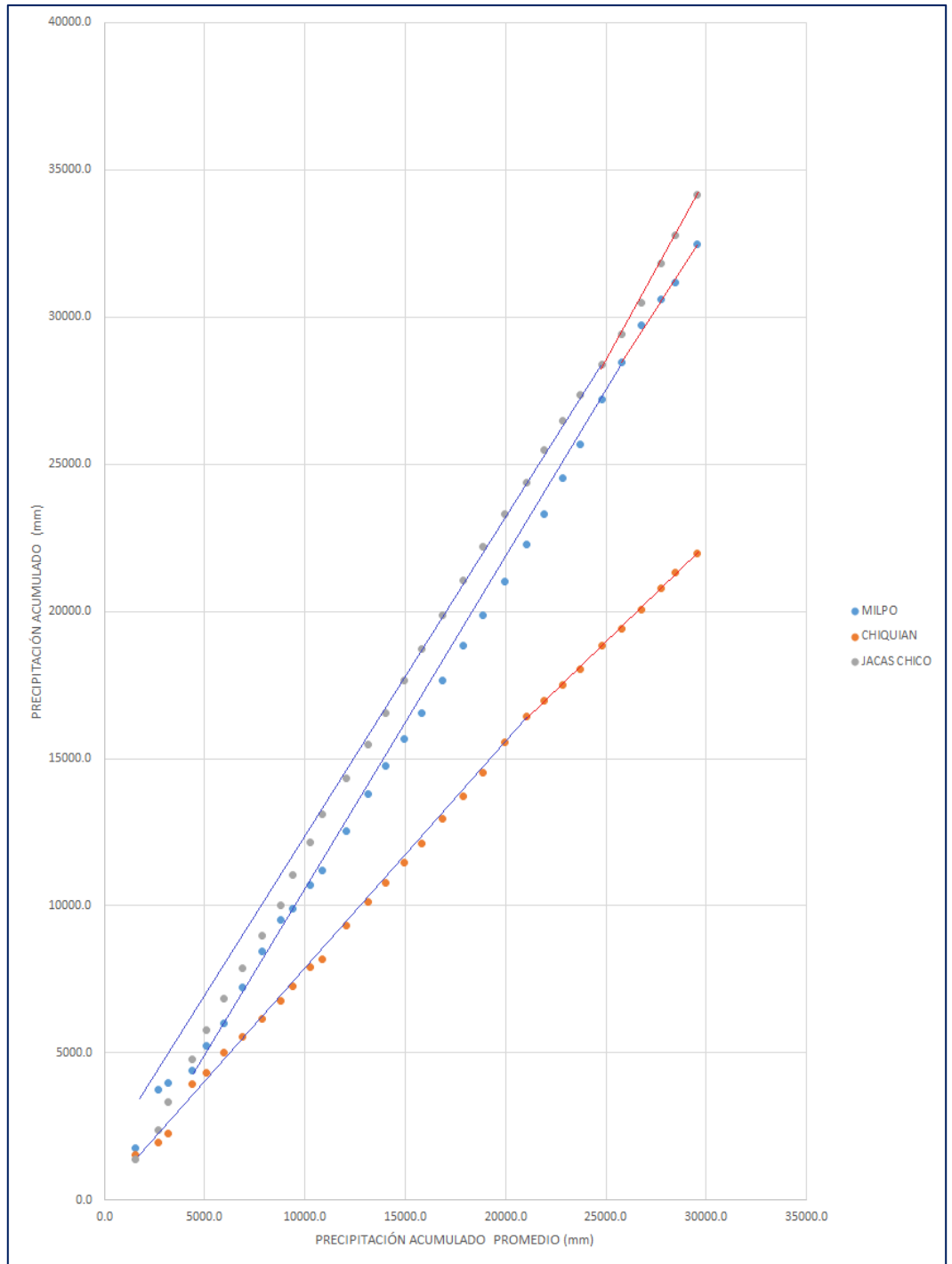


Figura 15: Análisis de doble masa para las tres estaciones

Para el análisis estadístico se realizó la prueba de Cramer para la consistencia en la media, y para la consistencia en la desviación estándar se utilizó la prueba de Fisher.

Para las tres estaciones existía consistencia en la media, sin embargo la consistencia en la desviación estándar solo se presentaba en la estación Jacas Chico; los resultados se presentan en las siguientes figuras:

Resultados	
Media del registro total	87.2643
Media del subperiodo	87.2459
Varianza del registro total	7063.23
El valor de $(X_k - \bar{X})/S$	0.000218
Estadístico de Cramer (tk)	0.009603
Distribución de la T de Student obtenido de tabla (Tc)	1.97753

Conclusión	
Existe consistencia en la media; $t_k < T_c$	

Figura 16: Consistencia en la media – Estación Milpo

Resultados	
Media del registro total	59.058
Media del subperiodo	61.718
Varianza del registro total	5812.29
El valor de $(X_k - \bar{X})/S$	0.03489
Estadístico de Cramer (tk)	0.973794
Distribución de la T de Student obtenido de tabla (Tc)	1.97753

Conclusión	
Existe consistencia en la media; $t_k < T_c$	

Figura 17: Consistencia en la media – Estación Chiquian

Resultados	
Media del registro total	91.8233
Media del subperiodo	91.128
Varianza del registro total	6288.48
El valor de $(X_k - \bar{X})/S$	0.008768
Estadístico de Cramer (tk)	0.344324
Distribución de la T de Student obtenido de tabla (Tc)	1.97753

Conclusión	
Existe consistencia en la media; $t_k < T_c$	

Figura 18: Consistencia en la media – Estación Jacas Chico

Resultados	
Media del primer rango:	87.2459
Media del segundo rango:	87.36
Varianza del primer rango:	6754.76
Varianza del segundo rango:	8808.94
Valor de F calculado:	1.30411
Valor de F tabular:	1.28265

Conclusión	
No existe consistencia en la variancia; $F_c > F_t$	

Figura 19: Consistencia en la desviación – Estación Milpo

Resultados	
Media del primer rango:	61.718
Media del segundo rango:	53.4721
Varianza del primer rango:	7054.14
Varianza del segundo rango:	3195.32
Valor de F calculado:	2.20765
Valor de F tabular:	1.22502

Conclusión	
No existe consistencia en la variancia; $F_c > F_t$	

Figura 20: Consistencia en la desviación – Estación Chiquian

Resultados	
Media del primer rango:	91.128
Media del segundo rango:	94.7204
Varianza del primer rango:	6500.53
Varianza del segundo rango:	5473.46
Valor de F calculado:	1.18765
Valor de F tabular:	1.26327

Conclusión	
Existe consistencia en la variancia; $F_c \leq F_t$	

Figura 21: Consistencia en la desviación – Estación Jacas Chico

4.2.3.3. Corrección de datos

Se realizó la corrección de los datos de la estación Milpo y la estación Chiquian. En la tabla 9 se muestra la precipitación total anual de las estaciones corregidas, las precipitaciones mensuales corregidas se muestran en la tabla 3.8 y 3.9 del anexo III.

Tabla 9: Precipitación total anual corregida

AÑO	MILPO	CHIQUIAN
1981	1880.7621	1187.2139
1982	2120.5304	426.7559
1983	197.4618	331.522
1984	391.1549	1286.268
1985	813.0007	407.0033
1986	753.2826	601.9273
1987	1291.8918	486.9792
1988	1290.8103	574.217
1989	1035.9442	535.0085
1990	335.4801	477.5695
1991	804.1605	580.0051
1992	438.0366	342.425
1993	1367.8402	905.9539
1994	1310.6272	693.2762
1995	947.8752	566.208
1996	894.7125	616.8871
1997	888.6672	576.64
1998	1119.6283	695.3627
1999	1194.8308	673.1525
2000	1055.449	682.7096
2001	1187.2332	827.8824
2002	1304.4534	864.1
2003	1014.345	553.4
2004	1263.9205	543.3
2005	1177.9297	534.5
2006	1606.6809	783.6
2007	1253	569.7
2008	1237.3	644.6
2009	898.2	733
2010	580.4	546.4
2011	1272.7	644.0511

4.2.3.4. Estimación de la precipitación para la microcuena Chuiruco

Se estimó la precipitación mensual de la microcuena Chuiruco mediante la extrapolación de la precipitación mensual de la estación Milpo, se utilizó esta estación debido a que presenta una altitud semejante a la microcuena.

En la tabla 10 se observa las precipitaciones mensuales de la microcuena Chuiruco, donde la mayor cantidad de precipitación se da entre los meses de octubre a abril (figura 22), el cual representa el 90% de la precipitación anual.

Tabla 10: Precipitación total mensual generada para la zona de la microcuenca

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1981	258.44	379.70	381.98	128.40	16.29	12.48	77.13	59.79	61.66	113.42	337.38	166.67	1993.3
1982	67.68	319.76	425.34	217.34	109.05	62.29	22.65	10.82	151.08	494.24	245.53	123.95	2249.7
1983	57.53	8.80	138.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.96	209.8
1984	80.35	19.71	73.46	63.33	0.00	0.00	0.00	0.00	3.21	28.86	86.07	60.91	415.9
1985	100.52	87.76	105.30	81.41	0.00	0.00	0.00	0.00	216.30	80.60	21.87	170.59	864.3
1986	41.96	65.20	108.45	142.02	71.92	0.00	0.00	1.82	77.87	30.45	56.95	203.89	800.5
1987	300.45	141.49	232.40	115.15	12.80	0.00	0.00	0.00	74.85	53.26	220.44	222.62	1373.5
1988	373.25	189.16	202.26	245.42	68.31	3.25	0.00	0.00	36.24	129.77	46.36	74.74	1368.8
1989	178.29	160.60	215.67	107.20	52.69	59.79	13.33	84.46	121.43	78.77	8.47	10.72	1091.4
1990	27.11	97.95	84.39	12.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.75	75.11	15.86	357.0
1991	138.70	124.66	148.68	81.29	40.80	0.00	0.00	22.74	19.30	142.22	64.14	71.19	853.7
1992	46.43	50.88	102.86	52.12	2.23	0.00	2.27	0.00	0.00	134.04	44.53	30.67	466.0
1993	176.46	161.38	207.12	222.04	32.27	8.50	1.23	0.00	115.87	163.20	123.71	241.72	1453.5
1994	326.17	291.28	255.49	119.25	56.30	0.63	0.00	2.28	51.85	86.09	79.37	122.73	1391.4
1995	146.15	107.04	198.86	52.85	49.69	0.00	0.00	12.22	27.90	72.79	127.37	213.19	1008.1
1996	158.83	157.01	175.17	130.69	44.28	0.00	0.00	0.00	35.40	82.67	74.37	91.76	950.2
1997	159.07	179.82	41.99	42.00	21.81	0.00	9.14	11.98	44.35	67.78	93.74	273.42	945.1
1998	296.35	230.15	218.42	142.50	15.44	12.94	0.00	0.00	8.53	142.34	36.73	84.65	1188.1
1999	227.04	334.10	225.96	86.11	22.17	21.83	0.29	0.00	99.41	43.38	90.94	116.48	1267.7
2000	150.38	216.08	243.94	39.71	105.32	0.00	0.00	9.30	59.84	69.49	29.18	198.14	1121.4
2001	270.63	179.09	247.10	20.91	38.03	0.00	9.26	0.00	74.24	121.96	182.06	118.44	1261.7
2002	95.44	254.29	333.01	92.98	21.09	0.00	0.00	0.00	34.19	257.16	151.97	148.19	1388.3
2003	159.68	153.74	192.66	180.22	39.12	3.59	10.19	4.04	21.48	76.81	55.37	180.02	1076.9
2004	90.01	421.43	87.55	124.55	56.18	6.90	39.99	0.00	19.55	147.58	193.64	154.43	1341.8
2005	166.32	131.79	315.88	102.74	71.08	0.00	4.37	11.63	13.25	107.20	86.80	241.10	1252.2
2006	101.84	175.69	387.45	372.79	37.79	29.47	0.00	0.00	34.19	63.88	221.78	281.01	1705.9
2007	349.00	20.82	334.75	203.77	34.30	5.99	6.12	6.76	0.00	91.14	157.56	119.42	1329.6
2008	244.33	170.57	327.94	63.95	0.00	23.56	26.30	69.40	51.92	174.59	32.64	124.99	1310.2
2009	213.67	149.97	110.56	161.24	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	110.05	81.29	126.39	954.3
2010	41.66	24.75	108.75	5.91	8.42	0.00	0.00	0.00	16.11	42.85	157.13	213.64	619.2
2011	195.27	195.53	121.62	61.31	0.00	0.00	8.36	4.40	138.60	79.71	162.57	387.20	1354.6
Promedio	169.00	167.75	204.95	112.00	33.14	8.14	7.44	10.05	51.89	107.42	107.91	148.18	
Máxima	373.25	421.43	425.34	372.79	109.05	62.29	77.13	84.46	216.30	494.24	337.38	387.20	
Mínima	27.11	8.80	41.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.96	

Figura 22: Precipitación promedio, máxima y mínima de la microcuenca Chuiruco

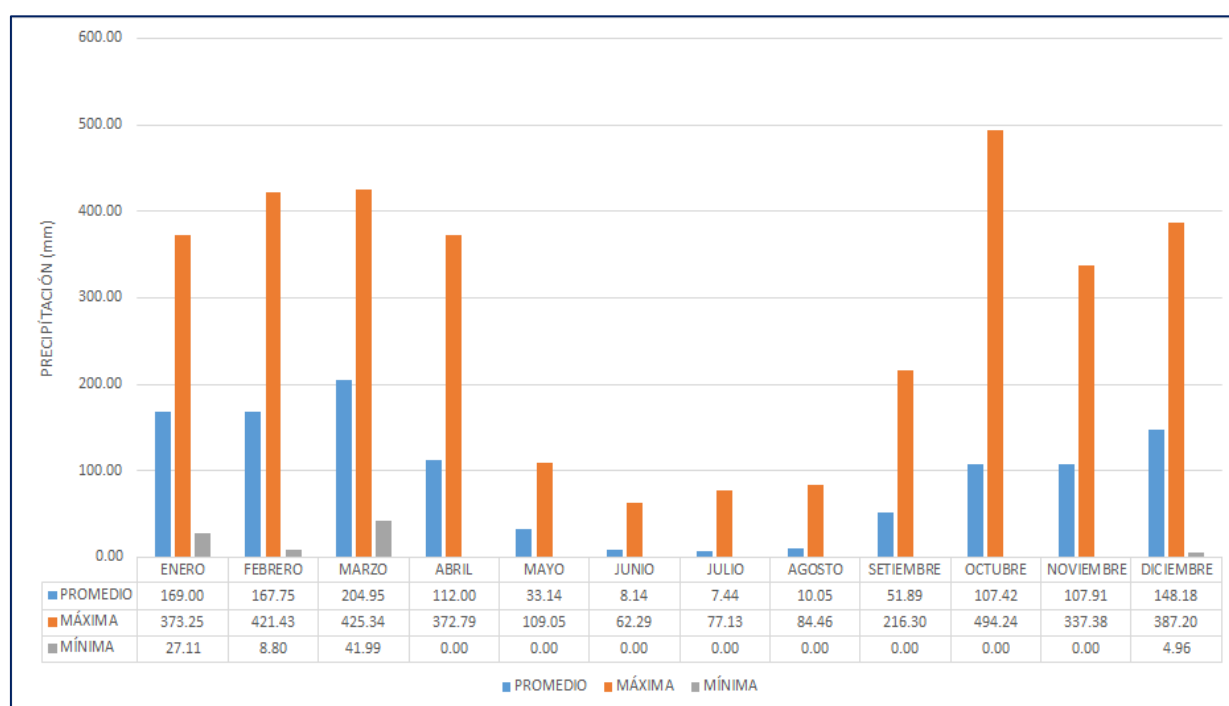


Tabla 11: Precipitación asignada para la microcuenca

MES	PRECIPITACIÓN (mm)			
	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	%ANUAL
ENERO	169.0	373.3	27.1	14.98
FEBRERO	167.7	421.4	8.8	14.87
MARZO	205.0	425.3	42.0	18.17
ABRIL	112.0	372.8	0.0	9.93
MAYO	33.1	109.0	0.0	2.94
JUNIO	8.1	62.3	0.0	0.72
JULIO	7.4	77.1	0.0	0.66
AGOSTO	10.1	84.5	0.0	0.89
SETIEMBRE	51.9	216.3	0.0	4.60
OCTUBRE	107.4	494.2	0.0	9.52
NOVIEMBRE	107.9	337.4	0.0	9.57
DICIEMBRE	148.2	387.2	5.0	13.14

4.2.3.5. Precipitación máxima en 24 horas

Con la precipitación máxima 24 horas de la estación Milpo se realizó el análisis de distribución, donde los datos de precipitación máxima 24 horas fue ajustada a seis modelos probabilístico, eligiendo a la distribución Log Gumbel por tener menor valor de Error cuadrático mínimo (ECM=33.30).

La precipitación máxima para la zona de estudio para periodos de retorno de 2 a 1000 años se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12: Precipitación máxima 24 horas para diferentes periodos de retorno

T (años)	PP 24H (mm)
1000	572.634
500	420.152
100	204.4666
75	179.691
50	149.7158
25	109.3719
20	98.7734
10	71.6299
5	51.2409
2	30.8952

4.2.3.6. Tormenta de diseño

A partir de los datos de precipitación máxima 24 horas para diferentes periodos de retorno, se estimó la ecuación IDT y las intensidades utilizando el método de Bell y Yance Tueros.

Figura 23: Ecuación IDT - Chuiruco

Ecuación IDT

$$I = \frac{162.03 * T^{0.20}}{D^{0.52}}$$

I: Intensidad (mm/hr)
 T: Período de retorno (años)
 D: Duración (minutos)

Tabla 13: Intensidad (mm/hr) – Relación IDT

T (años)	Duración (minutos)							
	5	10	15	30	45	60	80	120
1000	279.34	194.80	157.77	110.03	89.11	76.73	66.07	53.51
500	243.18	169.59	137.35	95.78	77.57	66.80	57.52	46.58
100	176.25	122.91	99.55	69.42	56.22	48.41	41.69	33.76
75	166.40	116.04	93.98	65.54	53.08	45.71	39.36	31.87
50	153.44	107.00	86.66	60.43	48.95	42.15	36.29	29.39
25	133.57	93.15	75.44	52.61	42.61	36.69	31.59	25.59
20	127.74	89.08	72.15	50.32	40.75	35.09	30.21	24.47
10	111.21	77.55	62.81	43.80	35.48	30.55	26.30	21.30
5	96.81	67.51	54.68	38.13	30.88	26.59	22.90	18.54
2	80.60	56.21	45.52	31.75	25.71	22.14	19.06	15.44

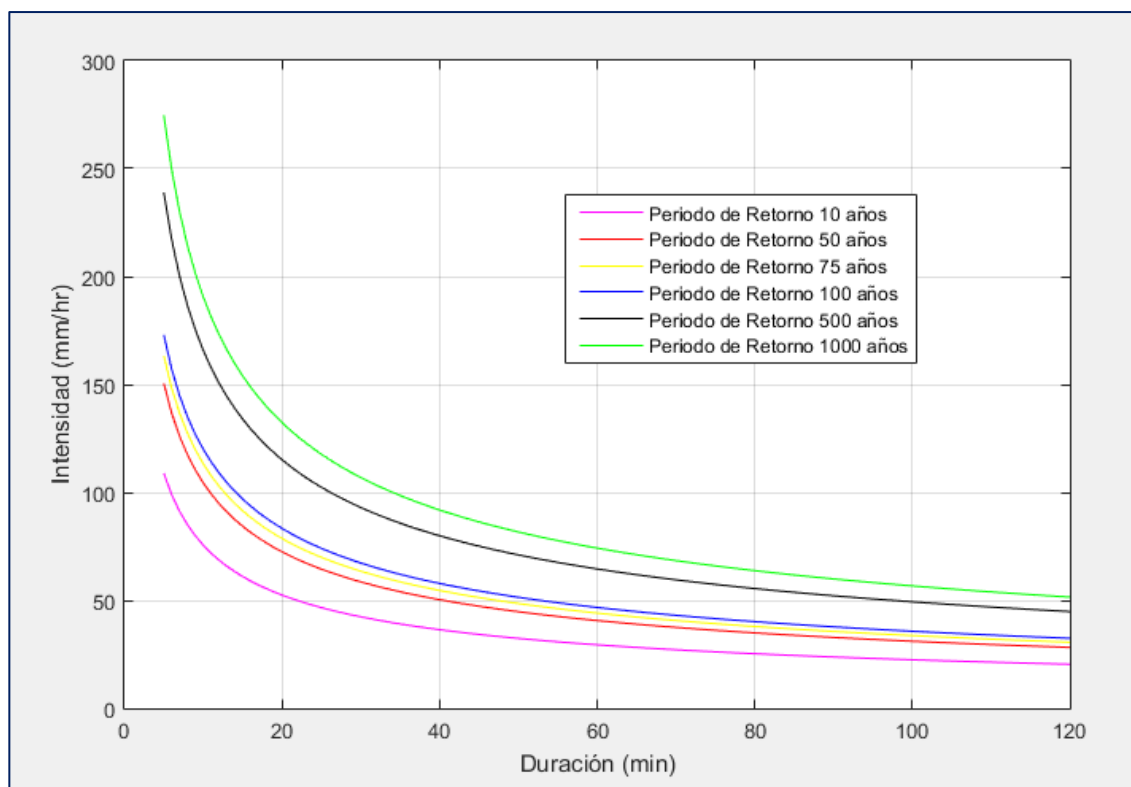


Figura 24: Curvas IDT - Chuiruco

V. CONCLUSIONES

1. El sistema informático HidroCal v.1.0 permite realizar cálculos de Análisis de hidrológicos (análisis de consistencia, completación de datos y persistencia), Análisis de tormentas (Ecuaciones IDT y Precipitación máxima probable), Análisis de máximas avenidas (Distribuciones y bondad de ajuste), Relación Precipitación ó escorrentía (Hidrograma unitario, hidrogramas sintéticos, Método NRSC, Método Racional) y caudal base.
2. La prueba de validación del sistema informático se ha realizado con datos cuya solución ha sido correcta y conocida anticipadamente, utilizándose información recopilada de los análisis de la cuenca del río Cañete, de la ciudad de Moyobamba y de la microcuenca Chuiruco. La metodología utilizada para los diversos temas incluidos en el software fueron extraídos de textos especializados y referenciados que hacen que el sistema informático desarrollado sea útil para el análisis hidrológico.
3. El manual del sistema informático HidroCal se ha realizado con ejemplos prácticos para cada tema incluido en el programa, de tal forma que el usuario pueda orientarse en la forma correcta de ingresar los datos y así obtener los resultados correctos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar al sistema informático (HidroCal v.1.0) una herramienta para importar los resultados numéricos y gráficos a Microsoft Excel.
2. Se recomienda realizar una mayor interacción entre los diferentes métodos presentados en el sistema informático, de tal forma que con una sola serie de datos se pueda realizar el cálculo de más de un tema.
3. Se recomienda implementar al sistema informático (HidroCal v.1.0) otros tipos de análisis, así como tránsito de avenidas, demanda de agua u otros temas relacionados con la hidrología.
4. Se recomienda agregar una base de datos propia al sistema informático (HidroCal v.1.0).
5. Se recomienda utilizar el sistema informático como una herramienta de apoyo en el dictado de cursos relacionados con el tema de hidrología y para capacitación de profesionales dedicadas a la hidrología.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Villón Bejar, Máximo. 2002. *Hidrología*. Segunda edición. Editorial Villón. Lima ó Perú.
- Ven Te Chow. 1994. *Hidrología aplicada*. Editorial Nomos S.A. Bogotá ó Colombia.
- Fattorelli Sergio y Fernández Pedro. 2007. *Diseño hidrológico*. 2da edición. Paris ó France.
- Mejía Marcacuzco, Jesús Abel. 2012. *Hidrología aplicada*. Primera edición. Q & P Impresores S.R.L. Lima ó Perú.
- Carlos E. M. Tucci. 1993. *Hidrología Ciencia y Aplicación*. 1era edición. Universidade Federal do Río Grande do Sul.
- Germán Monsalve Sáenz. 1999. *Hidrología en la ingeniería*. 2 da edición. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Colombia.
- Villón Bejar, Máximo. 2011. *Hidrología Estadística*. 4ta edición. Editorial Villón. Costa Rica.
- Linsley Kohler Paulus. 1988. *Hidrología para ingenieros*. 2da edición. Editora McGraw ó Hill/interamericana de México S.A. México D.F.
- Rafael Muñoz Carpena y Axel Ritter Rodríguez. 2005. *Hidrología Agroforestal*. Editor Dirección General de - Universidades e Investigación del Gobierno de Canarias y Ediciones Mundi ó Prensa.
- G. W. Kite. 1977. *Frecuency and Risk Analyses in Hidrology*. 2da edición. Editor Water Resources Publications. Colorado ó U.S.A.
- D. F. Campos Aranda. 1998. *Procesos del ciclo hidrológico*. 3ra edición. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S. L. P. México.
- Scientific European Federation of Osteopaths, CR. 2014. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/las-pruebas-estadisticas/>

- Agustín Cahuana Andía y Weimar Yugar Morales. 2009. Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología Civ-233 (en línea). Cochabamba ó Bolivia. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en file:///C:/Users/HP/Downloads/Libro%20completo%20de%20hidrolog%C3%ADa.pdf

-

ANEXO I

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN
HIDROLÓGICA DE LA ESTACIÓN DE AFORO SOCSI (CUENCA DEL RÍO
CAÑETE)**

Tabla 1.1: Serie historica de los caudales promedios anuales de la cuenca del río Cañete (1926 - 1981) en m3/s

AÑOS	CAUDALES PROMEDIOS ANUALES (m3/s)	AÑOS	CAUDALES PROMEDIOS ANUALES (m3/s)
1927	35.627	1955	91.684
1928	35.782	1956	51.707
1929	45.807	1957	40.541
1930	46.655	1958	27.126
1931	26.333	1959	36.948
1932	80.676	1960	37.685
1933	40.834	1961	71.633
1934	58.63	1962	58.374
1935	59.223	1963	49.35
1936	55.9	1964	52.138
1937	44.813	1965	51.296
1938	50.017	1966	30.377
1939	47.491	1967	72.71
1940	32.461	1968	33.422
1941	36.668	1969	30.698
1942	45.14	1970	62.238
1943	56.125	1971	55.195
1944	64.156	1972	123.721
1945	44.629	1973	89.78
1946	68.131	1974	52.031
1947	52.204	1975	39.608
1948	48.589	1976	57.245
1949	41.032	1977	37.468
1950	35.977	1978	36.476
1951	68.71	1979	41.817
1952	58.476	1980	23.033
1953	55.169	1981	52.162
1954	68.865		

Tabla 1.2: Serie historica de los caudales promedios anuales de la cuenca del río Mala (1939 - 1981) en m3/s

AÑOS	CAUDALES PROMEDIOS ANUALES (m3/s)
1940	15.515
1941	11.766
1942	13.699
1943	16.866
1944	17.743
1945	13.766
1946	39.688
1947	15.503
1948	13.743
1949	14.534
1950	14.428
1951	21.777
1952	23.973
1953	31.212
1954	22.682
1955	16.977
1956	15.982
1957	12.451
1958	6.024
1959	12.895
1960	7.012
1961	12.932
1962	21.042
1963	19.566
1964	17.363
1965	10.657
1966	7.869
1967	23.121
1968	4.876
1969	6.011
1970	17.336
1971	16.304
1972	23.531
1973	18.219
1974	22.801
1975	15.627
1976	22.522
1977	12.769
1978	9.939
1979	11.051
1980	4.843
1981	14.732

Tabla 1.3: Caudales promedios y acumulados de las cuencas del río Cañete y del río Mala para los meses de enero - marzo (1939 - 1981) en m³/s

AÑOS	CAUDALES PROMEDIOS (m³/s)	ACUMULADO RIO MALA	CAUDALES PROMEDIOS (m³/s)	ACUMULADO RIO CAÑETE
1940	43.49	43.49	68.2	68.2
1941	39.563	83.053	103.707	171.907
1942	41.793	124.846	114.645	286.552
1943	51.193	176.039	153.912	440.464
1944	53.613	229.652	181.389	621.853
1945	38.88	268.532	118.082	739.935
1946	122.037	390.569	175.325	915.26
1947	39.35	429.919	118.822	1034.082
1948	37.203	467.122	109.12	1143.202
1949	34.87	501.992	86.573	1229.775
1950	38.27	540.262	79.409	1309.184
1951	57.407	597.669	184.113	1493.297
1952	64.1	661.769	143.598	1636.895
1953	94.703	756.472	160.126	1797.021
1954	70.21	826.682	186.794	1983.815
1955	42.04	868.722	255.121	2238.936
1956	50.34	919.062	139.229	2378.165
1957	35.823	954.885	101248	2479.413
1958	15.393	970.278	65.233	2544.646
1959	38.997	1009.275	97.02	2641.666
1960	20.103	1029.378	101.492	2743.158
1961	35.65	1065.028	194.337	2937.495
1962	54.09	1119.118	147.521	3085.016
1963	59.713	1178.831	125.838	3210.854
1964	38.287	1217.118	94.783	3305.637
1965	33.43	1250.548	148.458	3454.095
1966	19.888	1270.436	73.83	3527.925
1967	67.919	1338.355	185.624	3713.549
1968	12.548	1350.903	66.931	3780.48
1969	14.483	1365.386	58.485	3838.965
1970	43.718	1409.104	165.178	4004.143
1971	47.263	1456.367	151.645	4155.788
1972	68.107	1524.474	369.793	4525.581
1973	46.231	1570.705	217.312	4742.893
1974	72.147	1642.852	126.503	4869.396
1975	50.597	1693.449	83.361	4952.757
1976	72.572	1766.021	151.806	5104.563
1977	42.653	1808.674	93.29	5197.86
1978	28.317	1836.991	72.387	5270.247
1979	34.166	1871.157	92.695	5362.942
1980	14.469	1885.626	42.613	5405.555
1981	43.097	1928.723	122.693	5528.248

Tabla 1.4: Caudales promedios anuales originales y corregidos del primer periodo de la cuenca del río Cañete (m³/s)

AÑOS	CAUDALES ORIGINALES	CAUDALES CORREGIDOS
1927	35.627	26.6378
1928	35.782	26.9095
1929	45.807	44.4819
1930	46.655	45.9683
1931	26.333	10.3467
1932	80.676	105.6025
1933	40.834	35.7649
1934	58.63	66.9589
1935	59.223	67.983
1936	55.9	62.1736
1937	44.813	42.7396
1938	50.017	51.8615
1939	47.491	47.4337
1940	32.461	21.0882
1941	36.668	28.4625
1942	45.14	43.3128
1943	56.125	62.568
1944	64.156	76.6452
1945	44.629	42.417
1946	68.131	83.6128
1947	52.204	55.695
1948	48.589	49.3584
1949	41.032	36.112
1950	35.977	27.2513
1951	68.71	84.6277
1952	58.476	66.6889
1953	55.169	60.8922
1954	68.865	84.8994

Figura 1.1: Grafico comparativo entre las series historicas de la cuenca del río Cañete y de la cuenca del río Mala

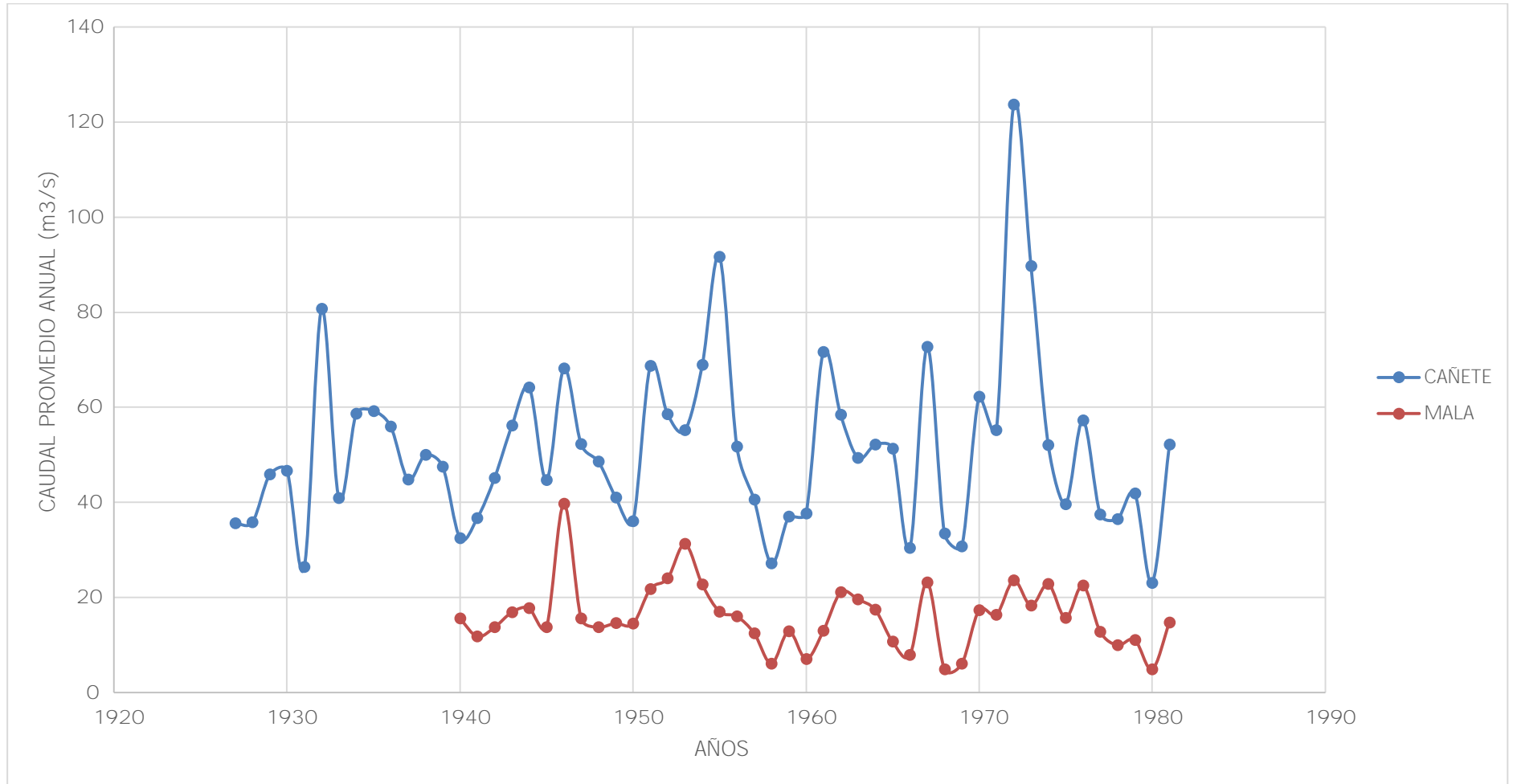


Figura 1.2: Doble masa entre el rio mala y el rio cañete

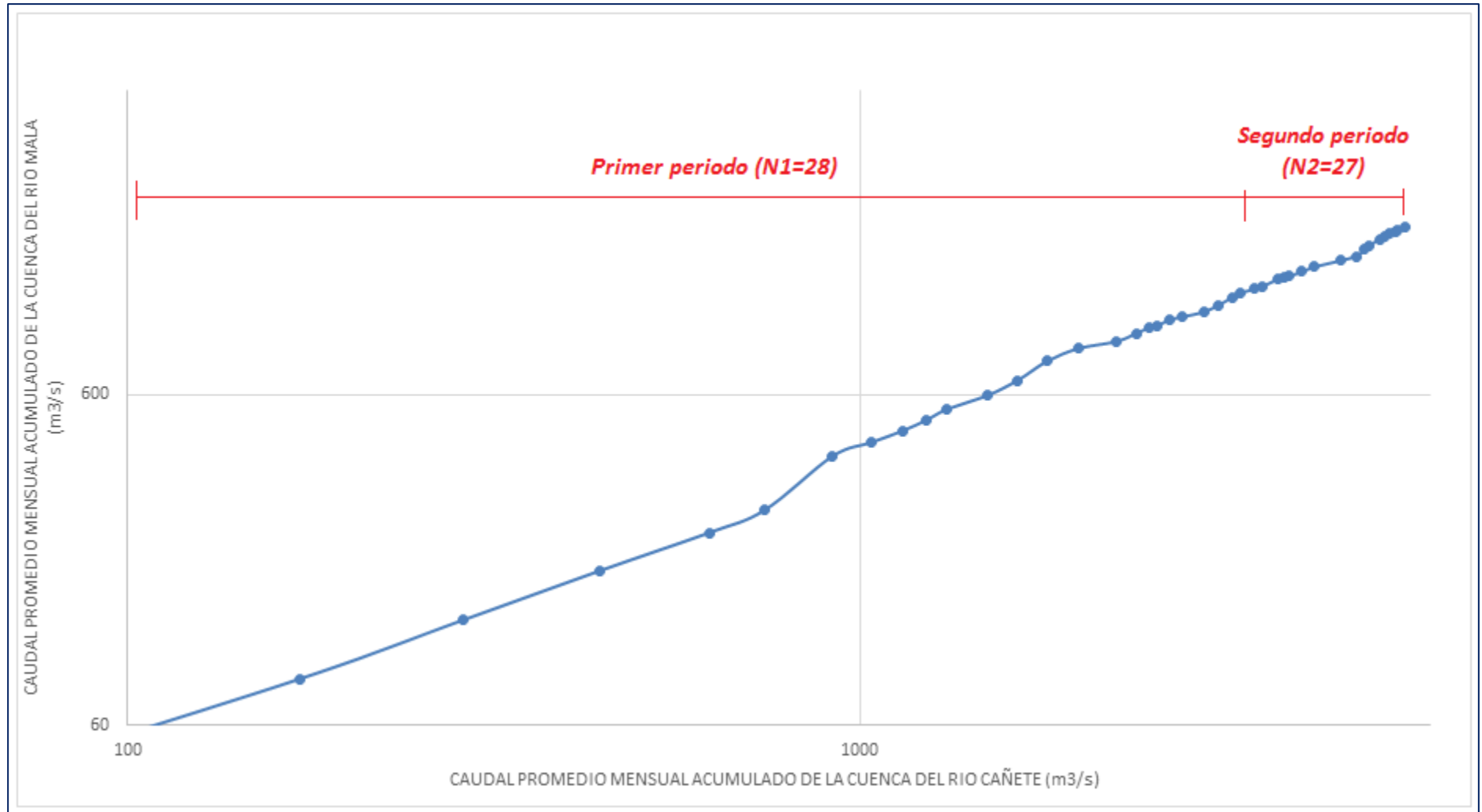


Figura 1.3: Análisis de consistencia en la media – T de Student

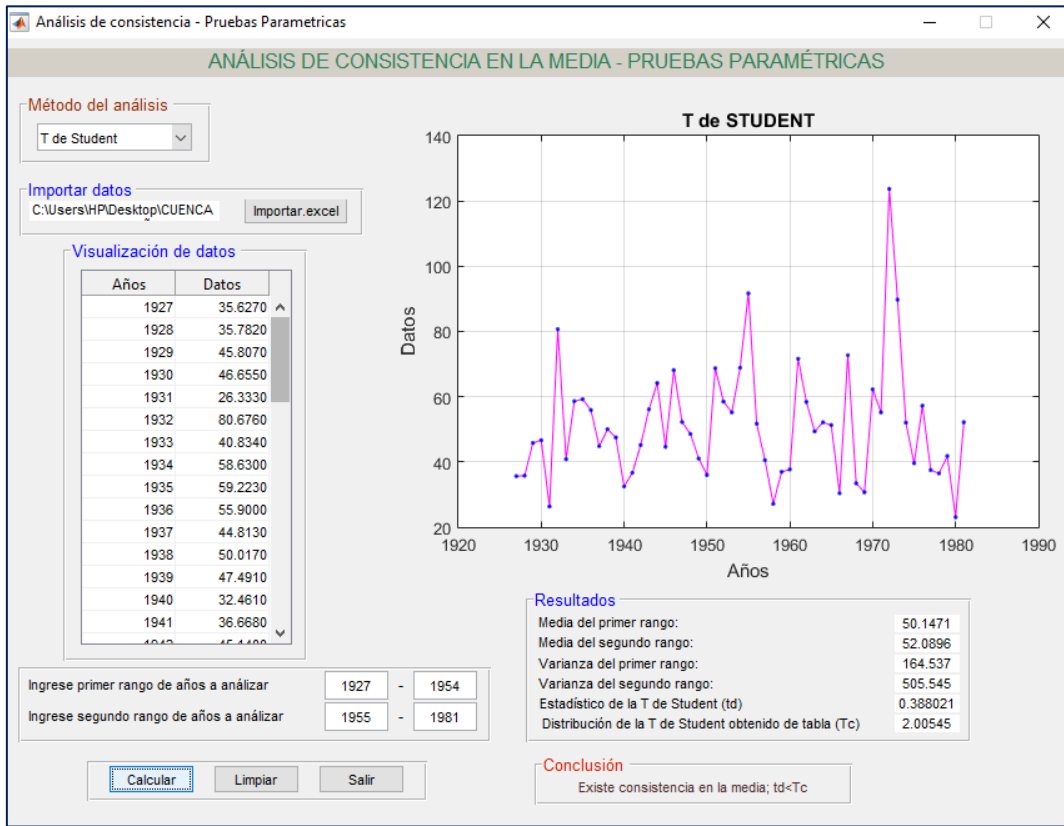


Figura 1.4: Análisis de consistencia en la desviación - F de Fisher

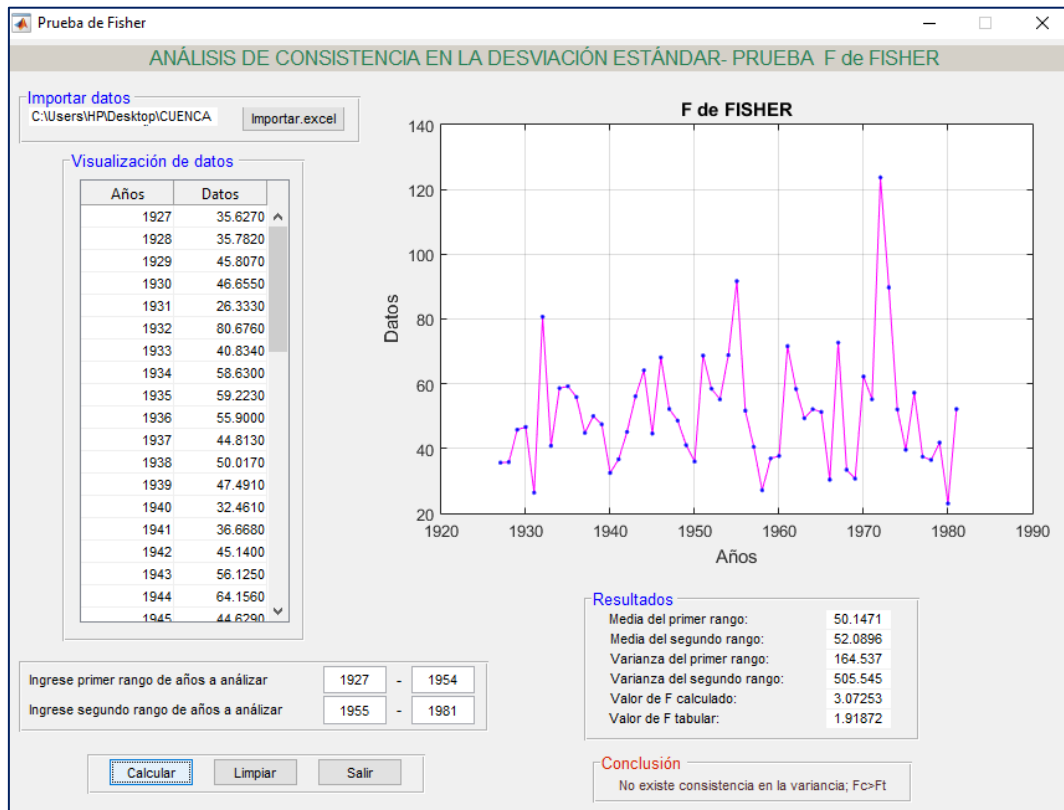


Figura 1.5: Corrección del primer periodo

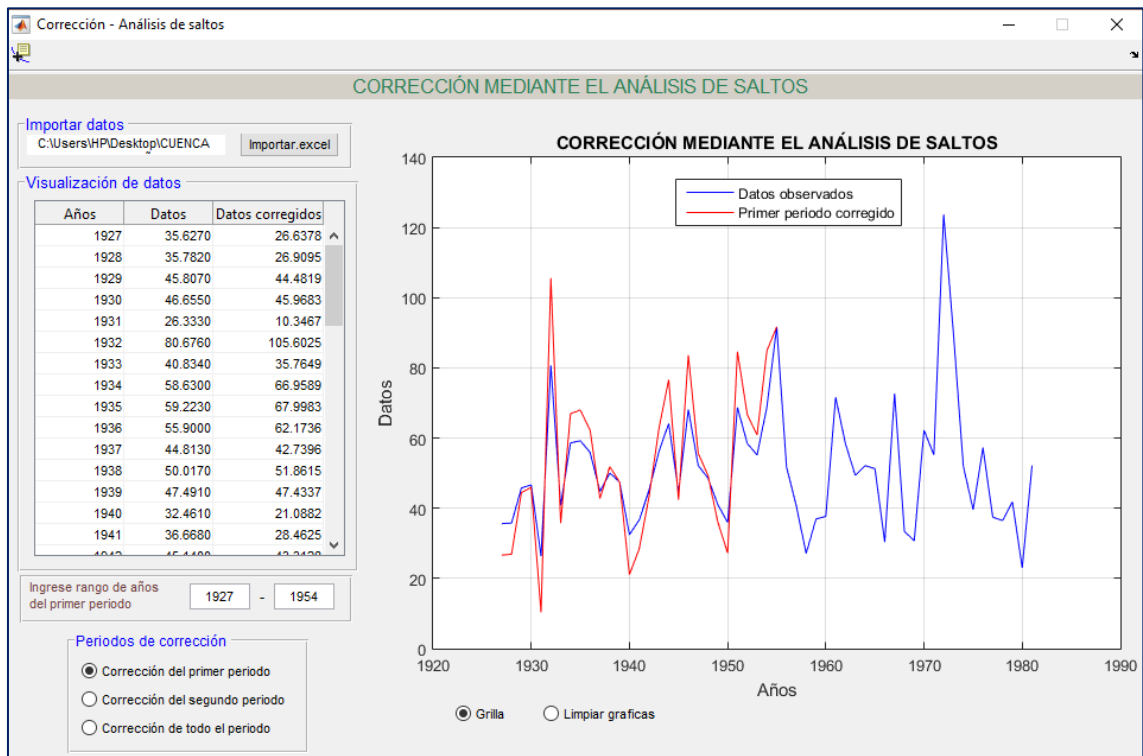


Figura 1.6: Prueba de Chi - cuadrado



ANEXO II

DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL DE DISEÑO DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA

Tabla 2.1: Procesamiento de bandas pluviográficos

AÑO 1996

Tormenta 1

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
29/11/1996	01:45	1.75			9.50		
29/11/1996	02:00	2.00	0.25	15.00	10.50	1.00	4.00
29/11/1996	03:00	3.00	1.00	60.00	30.50	20.00	20.00
29/11/1996	03:30	3.50	0.50	30.00	50.00	19.50	39.00
29/11/1996	04:00	4.00	0.50	30.00	58.50	8.50	17.00
29/11/1996	05:00	5.00	1.00	60.00	60.00	1.50	1.50
29/11/1996	06:00	6.00	1.00	60.00	61.50	1.50	1.50
29/11/1996	07:00	7.00	1.00	60.00	61.50	0.00	0.00

Tormenta 2

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
29/11/1996	12:30	12.50			1.40		
29/11/1996	13:00	13.00	0.50	30.00	1.60	0.20	0.40
29/11/1996	14:00	14.00	1.00	60.00	2.00	0.40	0.40
29/11/1996	15:00	15.00	1.00	60.00	2.00	0.00	0.00
29/11/1996	15:45	15.75	0.75	45.00	2.00	0.00	0.00
29/11/1996	16:00	16.00	0.25	15.00	16.00	14.00	56.00
29/11/1996	18:00	18.00	2.00	120.00	17.80	1.80	0.90
29/11/1996	20:00	20.00	2.00	120.00	17.80	0.00	0.00

Tormenta 3

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
10/12/1996	08:00	8.00			7.80		
10/12/1996	08:15	8.25	0.25	15.00	20.00	12.20	48.80
10/12/1996	09:00	9.00	0.75	45.00	22.50	2.50	3.33
10/12/1996	10:00	10.00	1.00	60.00	26.00	3.50	3.50
10/12/1996	11:00	11.00	1.00	60.00	28.50	2.50	2.50
10/12/1996	12:00	12.00	1.00	60.00	29.50	1.00	1.00
10/12/1996	12:30	12.50	0.50	30.00	30.00	0.50	1.00
10/12/1996	13:00	13.00	0.50	30.00	31.50	1.50	3.00
10/12/1996	15:00	15.00	2.00	120.00	31.50	0.00	0.00

Tormenta 4

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
14/12/1996	01:15	1.25			5.00		
14/12/1996	01:30	1.50	0.25	15.00	10.00	5.00	20.00
14/12/1996	02:00	2.00	0.50	30.00	23.50	13.50	27.00
14/12/1996	03:00	3.00	1.00	60.00	40.00	16.50	16.50
14/12/1996	04:00	4.00	1.00	60.00	44.50	4.50	4.50
14/12/1996	05:00	5.00	1.00	60.00	44.60	0.10	0.10
14/12/1996	06:00	6.00	1.00	60.00	44.60	0.00	0.00

AÑO 1997

Tormenta 5

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
19/11/1997	15:50	15.83			0.50		
19/11/1997	16:00	16.00	0.17	10.20	19.80	19.30	113.53
19/11/1997	17:00	17.00	1.00	60.00	19.90	0.10	0.10
19/11/1997	18:00	18.00	1.00	60.00	19.90	0.00	0.00

Tormenta 6

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
11/02/1997	11:00	11.00			7.90		
11/02/1997	12:00	12.00	1.00	60.00	8.00	0.10	0.10
11/02/1997	12:30	12.50	0.50	30.00	10.00	2.00	4.00
11/02/1997	13:00	13.00	0.50	30.00	24.00	14.00	28.00
11/02/1997	14:00	14.00	1.00	60.00	27.00	3.00	3.00
11/02/1997	15:00	15.00	1.00	60.00	29.00	2.00	2.00
11/02/1997	16:00	16.00	1.00	60.00	29.00	0.00	0.00

Tormenta 7

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
13/02/1997	13:30	13.50			2.00		
13/02/1997	13:35	13.58	0.08	4.80	10.20	8.20	102.50
13/02/1997	14:00	14.00	0.42	25.20	10.30	0.10	0.24
13/02/1997	15:00	15.00	1.00	60.00	10.30	0.00	0.00

Tormenta 8

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
16/02/1997	00:00	0.00			4.00		
16/02/1997	02:00	2.00	2.00	120.00	10.00	6.00	3.00
16/02/1997	04:00	4.00	2.00	120.00	30.00	20.00	10.00
16/02/1997	06:00	6.00	2.00	120.00	40.00	10.00	5.00
16/02/1997	07:00	7.00	1.00	60.00	46.00	6.00	6.00
16/02/1997	08:00	8.00	1.00	60.00	48.00	2.00	2.00
16/02/1997	10:00	10.00	2.00	120.00	49.00	1.00	0.50
16/02/1997	12:00	12.00	2.00	120.00	49.00	0.00	0.00

AÑO 1998**Tormenta 9**

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
29/03/1998	00:00	0.00			0.00		
22/03/1998	01:00	1.00	1.00	60.00	10.00	10.00	10.00
22/03/1998	02:00	2.00	1.00	60.00	13.00	3.00	3.00
22/03/1998	04:00	4.00	2.00	120.00	17.00	4.00	2.00
22/03/1998	06:00	6.00	2.00	120.00	17.00	0.00	0.00

Tormenta 10

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
18/04/1998	14:00	14.00			3.50		
18/04/1998	15:00	15.00	1.00	60.00	7.60	4.10	4.10
18/04/1998	16:00	16.00	1.00	60.00	7.70	0.10	0.10
18/04/1998	17:00	17.00	1.00	60.00	10.00	2.30	2.30
18/04/1998	18:00	18.00	1.00	60.00	25.00	15.00	15.00
18/04/1998	18:30	18.50	0.50	30.00	30.00	5.00	10.00
18/04/1998	19:00	19.00	0.50	30.00	30.00	0.00	0.00

AÑO 1999**Tormenta 11**

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
25/05/1999	03:00	3.00			1.00		
25/05/1999	03:30	3.50	0.50	30.00	10.00	9.00	18.00
25/05/1999	04:00	4.00	0.50	30.00	15.00	5.00	10.00
25/05/1999	05:00	5.00	1.00	60.00	19.00	4.00	4.00
25/05/1999	06:00	6.00	1.00	60.00	19.80	0.80	0.80
25/05/1999	07:00	7.00	1.00	60.00	19.80	0.00	0.00

Tormenta 12

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
26/10/1999	15:45	15.75			5.20		
26/10/1999	16:00	16.00	0.25	15.00	18.50	13.30	53.20
26/10/1999	17:00	17.00	1.00	60.00	18.60	0.10	0.10
26/10/1999	18:00	18.00	1.00	60.00	18.60	0.00	0.00

AÑO 2000**Tormenta 13**

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
09/04/2000	02:00	2.00			9.00		
09/04/2000	02:30	2.50	0.50	30.00	20.00	11.00	22.00
09/04/2000	03:00	3.00	0.50	30.00	22.00	2.00	4.00
09/04/2000	04:00	4.00	1.00	60.00	25.00	3.00	3.00
09/04/2000	05:00	5.00	1.00	60.00	25.20	0.20	0.20
09/04/2000	05:45	5.75	0.75	45.00	25.30	0.10	0.13
09/04/2000	06:00	6.00	0.25	15.00	37.30	12.00	48.00
09/04/2000	07:00	7.00	1.00	60.00	37.60	0.30	0.30
09/04/2000	08:00	8.00	1.00	60.00	37.70	0.10	0.10
09/04/2000	09:00	9.00	1.00	60.00	37.70	0.00	0.00

Tormenta 14

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
27/12/2000	11:50	11.83			1.50		
27/12/2000	12:00	12.00	0.17	10.20	15.00	13.50	79.41
27/12/2000	13:00	13.00	1.00	60.00	17.40	2.40	2.40
27/12/2000	14:00	14.00	1.00	60.00	17.50	0.10	0.10
27/12/2000	15:00	15.00	1.00	60.00	17.50	0.00	0.00

Tormenta 15

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
31/12/2000	12:30	21.50			0.90		
31/12/2000	21:35	21.58	0.08	4.80	9.80	8.90	111.25
31/12/2000	22:00	22.00	0.42	25.20	9.80	0.00	0.00
31/12/2000	23:00	23.00	1.00	60.00	9.80	0.00	0.00

AÑO 2001**Tormenta 16**

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
28/08/2001	13:00	13.00			7.60		
28/08/2001	14:00	14.00	1.00	60.00	30.00	22.40	22.40
28/08/2001	14:15	14.25	0.25	15.00	41.50	11.50	46.00
28/08/2001	15:00	15.00	0.75	45.00	43.50	2.00	2.67
28/08/2001	16:00	16.00	1.00	60.00	43.80	0.30	0.30
28/08/2001	17:00	17.00	1.00	60.00	43.90	0.10	0.10
28/08/2001	18:00	18.00	1.00	60.00	43.90	0.00	0.00

Tormenta 17

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
15/09/2001	01:30	1.50			1.10		
15/09/2001	02:00	2.00	0.50	30.00	3.50	2.40	4.80
15/09/2001	03:00	3.00	1.00	60.00	10.00	6.50	6.50
15/09/2001	04:00	4.00	1.00	60.00	12.50	2.50	2.50
15/09/2001	06:00	6.00	2.00	120.00	13.50	1.00	0.50
15/09/2001	08:00	8.00	2.00	120.00	15.00	1.50	0.75
15/09/2001	10:00	10.00	2.00	120.00	16.00	1.00	0.50
15/09/2001	12:00	12.00	2.00	120.00	16.00	0.00	0.00

AÑO 2002**Tormenta 18**

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
05/03/2002	14:45	14.75			0.10		
05/03/2002	15:00	15.00	0.25	15.00	24.50	24.40	97.60
05/03/2002	16:00	16.00	1.00	60.00	26.00	1.50	1.50
05/03/2002	17:00	17.00	1.00	60.00	26.10	0.10	0.10
05/03/2002	18:00	18.00	1.00	60.00	26.50	0.40	0.40
05/03/2002	19:00	19.00	1.00	60.00	29.60	3.10	3.10
05/03/2002	20:00	20.00	1.00	60.00	29.70	0.10	0.10
05/03/2002	20:30	20.50	0.50	30.00	40.00	10.30	20.60
05/03/2002	21:00	21.00	0.50	30.00	46.00	6.00	12.00
05/03/2002	22:00	22.00	1.00	60.00	48.00	2.00	2.00
05/03/2002	23:00	23.00	1.00	60.00	49.70	1.70	1.70
05/03/2002	00:00	24.00	1.00	60.00	49.70	0.00	0.00

Tormenta 19

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
27/04/2002	09:45	9.75			5.40		
27/04/2002	10:00	10.00	0.25	15.00	15.00	9.60	38.40
27/04/2002	10:30	10.50	0.50	30.00	20.00	5.00	10.00
27/04/2002	11:00	11.00	0.50	30.00	20.00	0.00	0.00

Tormenta 20

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
13/12/2002	10:00	10.00			0.30		
13/12/2002	12:00	12.00	2.00	120.00	2.70	2.40	1.20
13/12/2002	12:30	12.50	0.50	30.00	10.00	7.30	14.60
13/12/2002	13:00	13.00	0.50	30.00	11.50	1.50	3.00
13/12/2002	14:00	14.00	1.00	60.00	12.30	0.80	0.80
13/12/2002	15:00	15.00	1.00	60.00	13.00	0.70	0.70
13/12/2002	16:00	16.00	1.00	60.00	14.20	1.20	1.20
13/12/2002	18:00	18.00	2.00	120.00	14.20	0.00	0.00

AÑO 2003**Tormenta 21**

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
10/01/2003	06:00	6.00			0.70		
10/01/2003	07:00	7.00	1.00	60.00	1.10	0.40	0.40
10/01/2003	07:15	7.25	0.25	15.00	9.70	8.60	34.40
10/01/2003	08:00	8.00	0.75	45.00	9.70	0.00	0.00

Tormenta 22

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
29/02/2003	09:00	9.00			4.50		
29/02/2003	09:30	9.50	0.50	30.00	4.52	0.02	0.04
29/02/2003	10:00	10.00	0.50	30.00	18.50	13.98	27.96
29/02/2003	10:15	10.25	0.25	15.00	19.50	1.00	4.00
29/02/2003	12:00	12.00	1.75	105.00	19.53	0.03	0.02

Tormenta 23

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
15/03/2003	17:00	17.00			4.40		
15/03/2003	18:00	18.00	1.00	60.00	4.80	0.40	0.40
15/03/2003	19:00	19.00	1.00	60.00	4.90	0.10	0.10
15/03/2003	19:05	19.08	0.08	4.80	13.50	8.60	107.50
15/03/2003	20:00	20.00	0.92	55.20	17.70	4.20	4.57
15/03/2003	22:00	22.00	2.00	120.00	18.50	0.80	0.40
15/03/2003	23:00	23.00	1.00	60.00	19.20	0.70	0.70
15/03/2003	00:00	24.00	1.00	60.00	19.20	0.00	0.00

Tormenta 24

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
21/03/2003	02:30	2.50			1.00		
21/03/2003	02:35	2.58	0.08	4.80	7.50	6.50	81.25
21/03/2003	03:00	3.00	0.42	25.20	7.60	0.10	0.24
21/03/2003	04:00	4.00	1.00	60.00	7.60	0.00	0.00

Tormenta 25

Fecha	Hora	Hora	Δt (h)	Δt (min)	PP (mm)	ΔPP (mm)	I (mm/hr)
07/06/2003	06:00	6.00			1.70		
07/06/2003	08:00	8.00	2.00	120.00	2.90	1.20	0.60
07/06/2003	10:00	10.00	2.00	120.00	3.50	0.60	0.30
07/06/2003	12:00	12.00	2.00	120.00	8.20	4.70	2.35
07/06/2003	14:00	14.00	2.00	120.00	8.40	0.20	0.10
07/06/2003	16:00	16.00	2.00	120.00	8.50	0.10	0.05
07/06/2003	16:30	16.50	0.50	30.00	8.60	0.10	0.20
07/06/2003	16:35	16.58	0.08	4.80	14.50	5.90	73.75
07/06/2003	17:00	17.00	0.42	25.20	15.00	0.50	1.19
07/06/2003	18:00	18.00	1.00	60.00	17.50	2.50	2.50
07/06/2003	20:00	20.00	2.00	120.00	19.80	2.30	1.15
07/06/2003	22:00	22.00	2.00	120.00	19.80	0.00	0.00

Tabla 2.2: Intensidad en mm/hr de las tormentas

TORMENTA	FECHA	DURACIONES					
		5'	10'	15'	30'	60'	120'
T1	29/11/1996	39	39	39	39	29.5	24
T2	29/11/1996	56	56	56	28.2	14.3	7.41
T3	10/12/1996	48.8	48.8	48.8	26.06	14.69	9.09
T4	14/12/1996	27	27	27	27	21.75	16.13
T5	19/11/1997	113.53	113.53	75.72	37.91	19	9.51
T6	01/02/1997	28	28	28	28	16	9.5
T7	13/02/1997	98.8	49.52	33.09	16.67	8.33	4.17
T8	16/02/1997	10	10	10	10	10	10
T9	22/03/1998	10	10	10	10	10	6.5
T10	18/04/1998	15	15	15	15	15	11.03
T11	25/05/1999	18	18	18	18	14	9
T12	26/10/1999	53.2	53.2	53.2	26.65	13.37	6.7
T13	09/04/2000	48	48	48	35	24	13.63
T14	27/12/2000	79.41	79.41	53.74	28.07	15.24	7.86
T15	31/12/2000	106.84	53.42	35.61	17.8	8.9	4.45
T16	28/08/2001	46	46	46	34.2	28.3	17.95
T17	15/09/2001	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	5.65
T18	15/03/2002	97.6	97.6	97.6	59.1	37.7	21.1
T19	27/04/2002	78.4	78.4	78.4	44.2	24.6	12.3
T20	13/12/2002	14.6	14.6	14.6	14.6	8.8	4.8
T21	10/01/2003	34.4	34.4	34.4	17.2	8.8	4.5
T22	29/02/2003	27.96	27.96	27.96	27.96	14.99	7.51
T23	15/03/2003	103.61	54.1	37.59	21.09	12.83	6.77
T24	21/03/2003	78.31	39.28	26.26	13.25	6.63	3.31
T25	07/06/2003	71.08	36.79	25.36	13.93	8.22	5.29

Tabla 2.3: Intensidad máxima en mm/hr por año de la estación de Moyobamba

N°	AÑO	DURACIONES					
		5'	10'	15'	30'	60'	120'
1	1996	56	56	56	28.2	14.3	7.41
2	1997	113.53	113.53	75.72	37.91	19	9.51
3	1998	10	10	10	10	10	6.5
4	1999	53.2	53.2	53.2	26.65	13.37	6.7
5	2000	106.84	53.42	35.61	17.8	8.9	4.45
6	2001	46	46	46	34.2	28.3	17.95
7	2002	97.6	97.6	97.6	59.1	37.7	21.1
8	2003	103.61	54.1	37.59	21.09	12.83	6.77

Tabla 2.4: Lluvia máxima anual en "mm" a partir de la intensidad, duracion y frecuencia de los años de registro

N°	AÑO	DURACIONES (min)					
		5	10	15	30	60	120
1	1996	4.667	9.333	14	14.1	14.3	14.82
2	1997	9.461	18.922	18.93	18.955	19	19.02
3	1998	0.833	1.667	2.5	5	10	13
4	1999	4.433	8.867	13.3	13.325	13.37	13.4
5	2000	8.903	8.903	8.9025	8.9	8.9	8.9
6	2001	3.833	7.667	11.5	17.1	28.3	35.9
7	2002	8.133	16.267	24.4	29.55	37.7	42.2
8	2003	8.634	9.017	9.3975	10.545	12.83	13.54

Figura 2.1: Análisis de tormenta – Ecuación IDT

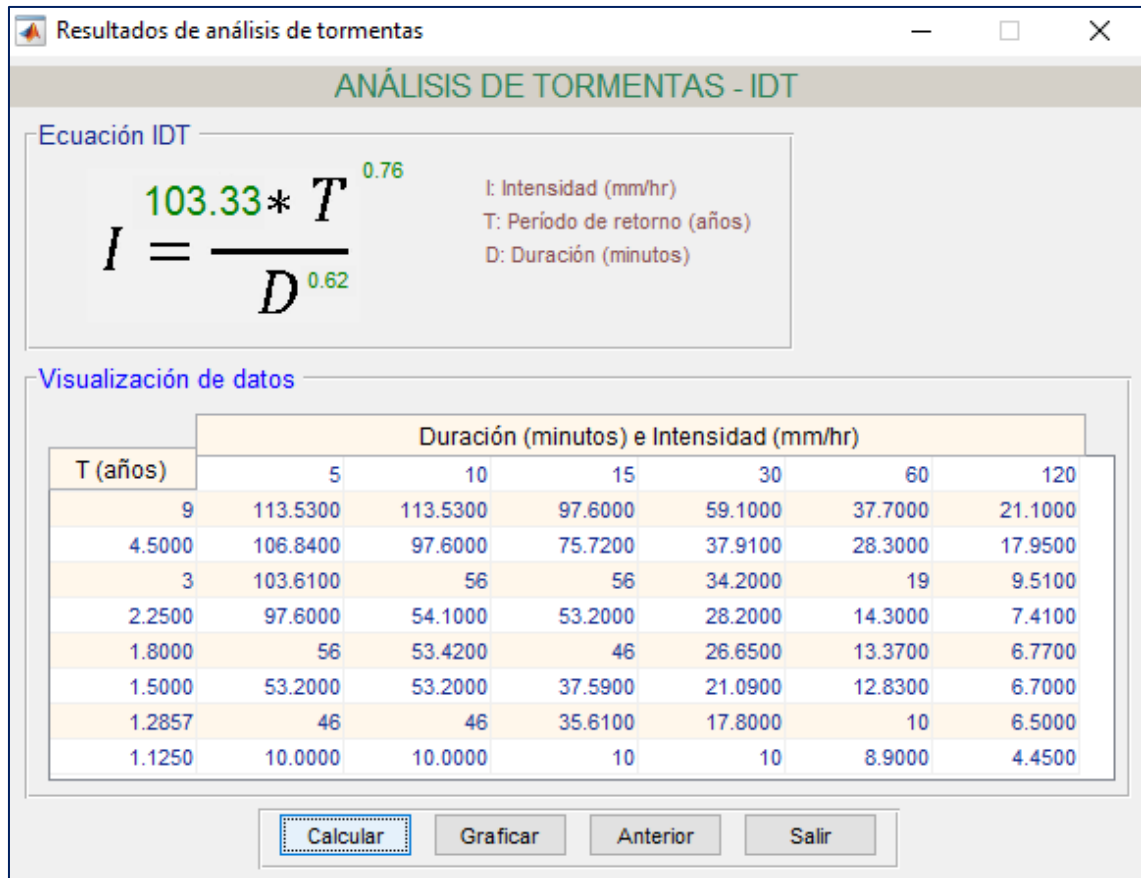


Figura 2.2: Curvas IDT para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años

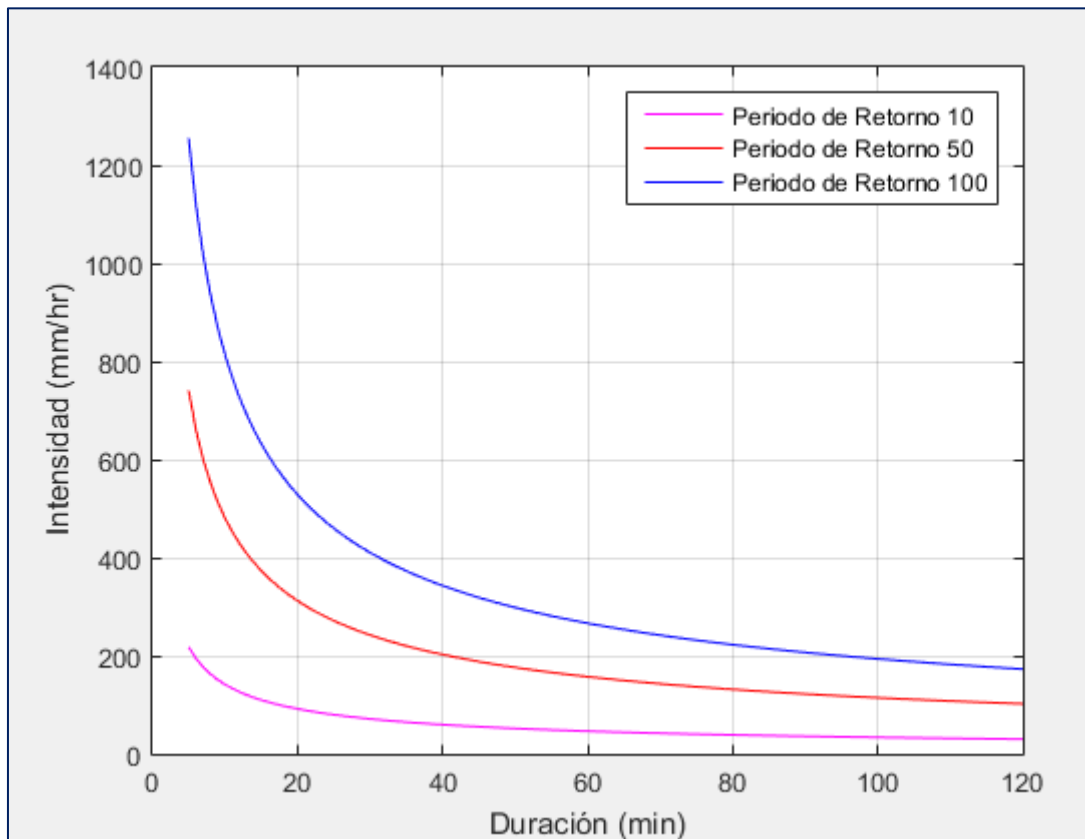


Tabla 2.5: Predicción y error cuadrático mínimo para diferentes distribuciones y para cada duración de lluvia

Predicciones para una duración de 5 minutos

PERIODO	Pmax Anual (mm)	Normal	Log Normal 2P	Log Normal 3P	Gumbel	Log Gumbel	Pearson	Log Pearson
9.00	9.4608	9.8165	13.1246	9.6712	9.8895	13.3765	9.9939	13.4426
4.50	8.9033	8.2888	8.8156	7.6506	8.0563	8.2975	8.3428	9.2621
3.00	8.6342	6.9829	6.2735	6.2546	6.8993	6.1384	7.2091	7.0583
2.25	8.1333	6.3299	5.2922	5.6527	6.0011	4.8578	6.2725	5.5747
1.80	4.6667	5.4158	4.1708	4.9031	5.2227	3.9661	5.4172	4.4475
1.50	4.4333	4.3711	3.177	4.1632	4.4883	3.2755	4.5713	3.5177
1.29	3.8333	3.6249	2.6158	3.7013	3.7284	2.6873	3.6559	2.69
1.12	0.8333	2.2813	1.8433	2.9894	2.8117	2.1164	2.499	1.868
Error cuadrático mínimo		3.031	5.604	4.269	3.563	6.12	3.079	5.318

Predicciones para una duración de 10 minutos

PERIODO	Pmax Anual (mm)	Normal	Log Normal 2P	Log Normal 3P	Gumbel	Log Gumbel	Pearson	Log Pearson
9.00	9.4608	16.4219	20.2385	16.5153	16.5469	20.5895	16.6989	20.6481
4.50	8.9033	13.8065	14.1206	13.5316	13.4085	13.368	13.9688	14.7871
3.00	8.6342	11.5707	10.3807	11.1595	11.4276	10.1782	12.0654	11.5806
2.25	8.1333	10.4528	8.9004	10.0315	9.8899	8.2369	10.4722	9.36
1.80	4.6667	8.8878	7.1758	8.5144	8.5572	6.8566	8.9991	7.6303
1.50	4.4333	7.0992	5.61	6.8651	7.2998	5.7671	7.5227	6.1683
1.29	3.8333	5.8216	4.7055	5.7399	5.999	4.8218	5.9002	4.8328
1.12	0.8333	3.5214	3.4287	3.8192	4.4294	3.885	3.8066	3.4644
Error cuadrático mínimo		5.416	5.737	5.49	5.6521	6.27	5.415	5.523

Predicciones para una duración de 15 minutos

PERIODO	Pmax Anual (mm)	Normal	Log Normal 2P	Log Normal 3P	Gumbel	Log Gumbel	Pearson	Log Pearson
9.00	9.4608	20.7881	24.8226	20.902	20.9441	25.226	21.1194	25.2894
4.50	8.9033	17.5209	17.7124	17.1018	17.0238	16.8257	17.7531	18.4975
3.00	8.6342	14.7281	13.2736	14.1191	14.5494	13.0307	15.393	14.7109
2.25	8.1333	13.3317	11.4906	12.7134	12.6285	10.6855	13.4083	12.0497
1.80	4.6667	11.3768	9.3894	10.836	10.9638	8.9973	11.5649	9.9491
1.50	4.4333	9.1425	7.4543	8.8132	9.3931	7.6498	9.7089	8.1498
1.29	3.8333	7.5466	6.3214	7.4443	7.7681	6.4677	7.6582	6.4825
1.12	0.8333	4.6733	4.698	5.1294	5.8075	5.2819	4.9931	4.7431
Error cuadrático mínimo		4.712	5.019	5.075	5.371	5.989	4.687	4.23

Predicciones para una duración de 30 minutos

PERIODO	Pmax Anual (mm)	Normal	Log Normal 2P	Log Normal 3P	Gumbel	Log Gumbel	Pearson	Log Pearson
9.00	9.4608	23.6122	24.708	23.6216	23.7881	25.0205	24.0742	25.0678
4.50	8.9033	19.9302	18.9929	19.0106	19.3699	18.2476	19.6409	19.647
3.00	8.6342	16.7827	15.168	15.5984	16.5813	14.9513	16.7521	16.4355
2.25	8.1333	15.209	13.555	14.0547	14.4164	12.8088	14.4731	14.0683
1.80	4.6667	13.0057	11.5807	12.0586	12.5403	11.2019	12.4862	12.1169
1.50	4.4333	10.4877	9.674	9.9932	10.7702	9.8712	10.6186	10.3717
1.29	3.8333	8.6891	8.5074	8.6465	8.9388	8.6606	8.7175	8.6764
1.12	0.8333	5.4509	6.7503	6.4648	6.7292	7.3958	6.515	6.8004
Error cuadrático mínimo		6.156	5.873	6.444	6.115	6.169	5.81	5.079

Predicciones para una duración de 60 minutos

PERIODO	Pmax Anual (mm)	Normal	Log Normal 2P	Log Normal 3P	Gumbel	Log Gumbel	Pearson	Log Pearson
9.00	9.4608	30.0186	29.1586	29.7614	30.2544	29.5032	30.5428	29.5553
4.50	8.9033	25.0825	22.8003	23.3359	24.3313	21.9626	24.2155	23.5338
3.00	8.6342	20.863	18.4767	18.7842	20.5929	18.2297	20.2377	19.9166
2.25	8.1333	18.7532	16.6328	16.7868	17.6908	15.7751	17.2033	17.2211
1.80	4.6667	15.7996	14.3563	14.2651	15.1756	13.9168	14.6499	14.977
1.50	4.4333	12.424	12.1336	11.7329	12.8027	12.3647	12.3457	12.9501
1.29	3.8333	10.0129	10.7599	10.1269	10.3476	10.9409	10.1186	10.9596
1.12	0.8333	5.6717	8.6668	7.6063	7.3854	9.4394	7.7312	8.7269
Error cuadrático mínimo		10.447	10.536	9.879	9.534	10.574	9.007	10.098

Predicciones para una duración de 120 minutos

PERIODO	Pmax Anual (mm)	Normal	Log Normal 2P	Log Normal 3P	Gumbel	Log Gumbel	Pearson	Log Pearson
9.00	9.4608	34.5823	33.2443	34.3046	34.8676	33.6657	35.233	33.7294
4.50	8.9033	28.6084	25.5392	26.5496	27.6994	24.5348	27.6173	26.4209
3.00	8.6342	23.5019	20.3855	21.0357	23.175	20.0936	22.8134	22.0931
2.25	8.1333	20.9486	18.2129	18.6099	19.6628	17.2081	19.1367	18.9043
1.80	4.6667	17.374	15.5546	15.541	16.6189	15.0447	16.0322	16.2766
1.50	4.4333	13.2888	12.9883	12.4515	13.747	13.2537	13.2192	13.9274
1.29	3.8333	10.3707	11.4187	10.4874	10.7758	11.6247	10.4859	11.6461
1.12	0.8333	5.1169	9.0554	7.3967	7.1908	9.9235	7.532	9.1227
Error cuadrático mínimo		14.31	14.411	13.479	13.387	14.631	12.83	14.049

ANEXO III

ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PARA LA MICROCUEENCA CHUIRUCO

Tabla 3.1: Registro pluviométrico de la estación Milpo

ESTACIÓN : MILPO DISTRITO : CATAC ALTITUD : 4400
 CÓDIGO : 150902 PROVINCIA : RECUAY LATITUD : 9°53'
 DEPARTAMENTO : ANCASH LONGITUD : 77°14'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1981	224.8	323.8	325.1	117.3	24.3	21.7	77	61.9	61.7	103.7	287.7	146.9
1982	66.8				101.5	65.4	30.2	20	135.6	415.8	212.3	112
1983	58.4	18	124.7	5.6	0	0	0	0.6	2.2	3	0.8	14.8
1984	77.3	27	71.2	63.3	0	0	0	0	13.4	34.4	81.4	60.5
1985	94	83.1	97.4	78.3	0	0	0	8.9	189.5	76.8	28.7	150.1
1986	45.5	64.5	100	128.6	70.6	1.1	0	12.3	75.1	35.7	57.5	177.3
1987	259.6	127.4	202	106.3	21.4	0	0	3	72.6	54.4	191.7	192.6
1988	319.9	166.7	177.2	214.4	67.6	13.6	0	7.8	40.7	117.1	48.8	71.8
1989					54.6	63.2	22.2	83	111.1	75.3	17.7	19.5
1990	33.2	91.5	80.2	21.4	5.5	4.6	0.4	9.5	5.6	46.6	72.4	23.7
1991			133.1	78.2	44.7	10	0	30.2	26.7	127.3	63.4	68.9
1992	49.2	52.7	95.4	54	12.6	0	12.7	8.4	4.4	120.6	47.3	35.8
1993	156.9	143.8	181.2	195	37.6	18.2	11.8	4.6	106.5	144.5	112.3	208.2
1994	280.9	250.9	221	109.7	57.6	11.3	6.4	12.7	53.6	81.3	75.9	111
1995	131.8	99	174.4	54.6	52.1	5.8	10	21.2	33.8	70.4	115.3	184.9
1996	142.3	140.2	154.9	119.2	47.6	7.7	0.9	9.9	40	78.5	71.8	85.7
1997	142.5	159	45.3	45.6	28.9	1.8	18.6	21	47.4	66.3	87.7	234.1
1998	256.2	200.5	190.5	129	23.6	22.1	0	9.9	17.8	127.4	40.9	79.9
1999	198.8	286.2	196.7	82.2	29.2	29.9	11	7.8	92.9	46.3	85.4	105.9
2000	135.3	188.9	211.5	43.7	98.4	6.5	6.9	18.7	60.2	67.7	34.7	172.6
2001	234.9	158.4	214.1	28.1	42.4	7.5	18.7	0.5	72.1	110.7	160.2	107.5
2002	89.8	220.4	284.8	87.9	28.3	10.5	6.2	4.1	39	221.5	135.5	131.8
2003	143	137.5	169.3	160.3	43.3	13.9	19.5	14.2	28.5	73.7	56.2	157.8
2004	85.3	358.2	82.8	114.1	57.5	16.8	45.1	5.2	26.9	131.7	169.7	136.9
2005	148.5	119.4	270.7	96	69.9	6.9	14.5	20.7	21.7	98.6	82	207.7
2006	95.1	155.6	329.6	320.1	42.2	36.6	6.1	7.6	39	63.1	192.8	240.3
2007	330.1	19.6	314.6	193.1	32.6	6	6	6.6	0	85.3	147.7	111.4
2008	231.1	160.6	308.2	60.6	0	23.6	25.8	67.8	49	163.4	30.6	116.6
2009	202.1	141.2	103.9	152.8	0	1.1	0	0	0	103	76.2	117.9
2010	39.4	23.3	102.2	5.6	8	0	0	0	15.2	40.1	147.3	199.3
2011	184.7	184.1	114.3	58.1	0	0	8.2	4.3	130.8	74.6	152.4	361.2

Tabla 3.2: Registro pluviométrico de la estación Chiquian

ESTACIÓN : CHIQUIAN DISTRITO : CHIQUIAN ALTITUD : 3350
 CÓDIGO : 000538 PROVINCIA : BOLOGNESI LATITUD : 10°09'
 DEPARTAMENTO : ANCASH LONGITUD : 77°14'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1981	105.2	345.5	259.9	105.6	0	0	0	50	0	254.8	371.2	59
1982	143	135.6	20.8	0	0	0	0	0	0	69.6	40.9	11.4
1983	71.4	101	0	0	0	18.2	0	0	0	0	30.4	58.8
1984	688.2	393.4	293.7		10	0	0	0	0	0	68.2	76
1985	126.2		71.6	30.4	0	0	0	0	0	0		
1986									15.5	3	39.8	154.8
1987	170.1	100.3	65.1	26.7	8.5	0	4.4	2.8		5.8	47.5	
1988	189	58.5	100.7	123.3	15.4	0.5	0	1.6	9.2	40.6	33.5	68.1
1989	214.7	167.9	100.8	31.4	5.2	3		0	3	32	11.5	12.4
1990	106.3	42.7	53.2	21.2	4	0	2	0	11.6	119.2	71.5	65.1
1991	80.3	81.8	145.9	73.3	71.4	0	0	2.5	28.4	68.2	35.1	62.1
1992	7.7	49.9	63.7	52.3	7.2	5	0	17.7	0	43	18.5	31
1993	190.6	202	224.8	181.6	17.9	0	4.5	10	12	72	129.3	88.6
1994	200.7	150.4	158	92.2	26.1	0	0	4	39	7.8	45.1	94
1995	75.8	111.5	133.5	79.5	18.5	2.5	0	0	9.3	21.3	72	104.6
1996	118.6	205.5	144	65.8	11.5	0	0	1.5	1.5	37	41.5	76.9
1997	83.7	174.9	58.8	51	6	0	0	2.8	28	27.8	46.7	164.3
1998	230.1	179.7	181.4	55.1	9.1	0	0	0	10.5	53.2	25.3	76
1999	124.1	270.2	136	49.5	14.8	3.2	0	0	11.5	25.7	24	128.4
2000	92	207	149.3	49.7	41.5	0	0	16.3	14.5	70.9	22.5	137.9
2001	229.7	139.9	266.1	46.3	6	0	2.5	0	37.2	59	134.1	96.5
2002	67.2	174.6	190.4	103.7	12.5	0	0	0	15	108.5	76.9	115.3
2003	102	78.7	130.6	69	3.5	0	0	0	0	27.3	15.8	126.5
2004	23.4	72.5	107.6	36.7	0	6.5	0	0	44.9	50.3	83.4	118
2005	67	84.9	172.3	50.5	8	0	0	3.5	0	22	15.5	110.8
2006	100.4	138.6	181.2	99	4.5	4.5	0	0	20	31	66	138.4
2007	108.4	53.5	157.2	119.2	20	0	0	0	0	48.2	16.7	46.5
2008	191.6	148.8	92.2	71	1	0	0	0	2	55.5	39	43.5
2009	112.1	177.6	162.8	105.8	21.5	0	0	0	0	14	46	93.2
2010	77	91.4	103.6	47.2	0	4.5	0	0	19	24.5	42.4	136.8
2011	146	57.5	131.4	97.5	0	0	0	0	0	9		150.9

Tabla 3.3: Registro pluviométrico de la estación Jacas Chico

ESTACIÓN : JACAS CHICODISTRITO : JACAS CHICO ALTITUD : 3558
 CÓDIGO : 000456 PROVINCIA : YAROWILCA LATITUD : 9°53'
 DEPARTAMENTO : HUÁNUCO LONGITUD : 76°30'

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1981	275.2	278.1	264	136.8	21.9	3.8	0.9	7.4	21.5	88.6	113	174.7
1982	199.4	201.5	191.3	99.1	15.9	2.8	0.6	5.3	15.6	64.2	81.9	126.6
1983	189.9	191.9	182.2	94.4	15.1	2.7	0.6	5.1	14.8	61.1	78	120.5
1984	284.9	287.9	273.3	141.6	22.7	4	0.9	7.6	22.2	91.7	117	180.8
1985	196.9	199	188.9	97.9	15.7	2.7	0.6	5.3	15.4	63.4	80.9	125
1986	215.4	217.6	206.6	107.1	17.1	3	0.7	5.8	16.8	69.3	88.5	136.7
1987	205.1	207.3	196.8	102	16.3	2.9	0.7	5.5	16	66	84.3	130.2
1988	214.1	216.4	205.4	106.4	17	3	0.7	5.7	16.7	68.9	87.9	135.9
1989	210.2	212.4	201.6	104.5	16.7	2.9	0.7	5.6	16.4	67.6	86.3	133.4
1990	204.5	206.6	196.1	101.7	16.3	2.9	0.7	5.5	16	65.8	84	129.8
1991	214.7	216.9	205.9	106.7	17.1	3	0.7	5.7	16.8	69.1	88.2	136.3
1992	191	193	183.2	95	15.2	2.7	0.6	5.1	14.9	61.5	78.5	121.2
1993	247.2	249.8	237.1	122.9	19.7	3.4	0.8	6.6	19.3	79.5	101.5	156.9
1994	226	228.3	216.8	112.3	18	3.2	0.7	6	17.6	72.7	92.8	143.4
1995	213.3	215.5	204.6	106.1	17	3	0.7	5.7	16.7	68.6	87.6	135.4
1996	218.3	220.6	209.5	108.6	17.4	3	0.7	5.8	17.1	70.3	89.7	138.6
1997	214.3	216.6	205.6	106.6	17	3	0.7	5.7	16.7	69	88	136
1998	226.2	228.6	217	112.5	18	3.2	0.7	6.1	17.7	72.8	92.9	143.6
1999	175.3	213.8	210.6	148.4	38.9	18.7	3	14	60.1	67.1	92.5	132.4
2000	127.4	149	291.7	89.4	27.5	17.7	32.6	62.2	33.3	73.8	83.2	144.5
2001	201.1	198.9	163.4	68	50.2	12.6	31.2	27.1	30.7	84.3	110.5	152.1
2002	54.6	163.5	164.9	88.3	37.1	2	51.7	13.4	56.4	126.1	158.8	150.4
2003	140.3	120.6	220.7	90.6	43.5	18	3.3	43.6	43	36.5	113.3	243.9
2004	35.6	134.1	119.8	28.2	79.2	36.3	22.2	56.9	62.2	134.3	87.8	184.1
2005	81.4	164.8	160.9	53	5.2	0	10.8	10.4	16.3	132.5	71.1	155.1
2006	194.1	112.6	178.8	84.3	15	26.3	0	4.7	43.8	127.5	111	166.4
2007	175.7	41.4	255.6	98.3	53.7	3	20.6	6.3	26.9	147.4	88.3	96.4
2008	161.6	187.3	113.8	149.1	24.6	15.4	4.2	12	95.5	81.7	70.5	172.3
2009	204.8	207.6	161.5	124.3	41.3	15.9	47.2	28.3	41.6	81.5	151.6	218.2
2010	75.8	198.3	203.1	65.6	20	2.8	13.7	1.8	48	107.1	107.5	124.9
2011	174	188.2	208.7		47.1	13.5	35.3	4.9	44.7	112.9	105.6	300.7

Tabla 3.4: Registro pluviométrico completado de la estación Milpo

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1981	224.8	323.8	325.1	117.3	24.3	21.7	77	61.9	61.7	103.7	287.7	146.9	1775.9
1982	66.8	274.3826	360.7784	191.0982	101.5	65.4	30.2	20	135.6	415.8	212.3	112	1985.9
1983	58.4	18	124.7	5.6	0	0	0	0.6	2.2	3	0.8	14.8	228.1
1984	77.3	27	71.2	63.3	0	0	0	0	13.4	34.4	81.4	60.5	428.5
1985	94	83.1	97.4	78.3	0	0	0	8.9	189.5	76.8	28.7	150.1	806.8
1986	45.5	64.5	100	128.6	70.6	1.1	0	12.3	75.1	35.7	57.5	177.3	768.2
1987	259.6	127.4	202	106.3	21.4	0	0	3	72.6	54.4	191.7	192.6	1231.0
1988	319.9	166.7	177.2	214.4	67.6	13.6	0	7.8	40.7	117.1	48.8	71.8	1245.6
1989	158.4164	143.158	188.2346	99.7047	54.6	63.2	22.2	83	111.1	75.3	17.7	19.5	1036.1
1990	33.2	91.5	80.2	21.4	5.5	4.6	0.4	9.5	5.6	46.6	72.4	23.7	394.6
1991	125.6264	113.5263	133.1	78.2	44.7	10	0	30.2	26.7	127.3	63.4	68.9	821.7
1992	49.2	52.7	95.4	54	12.6	0	12.7	8.4	4.4	120.6	47.3	35.8	493.1
1993	156.9	143.8	181.2	195	37.6	18.2	11.8	4.6	106.5	144.5	112.3	208.2	1320.6
1994	280.9	250.9	221	109.7	57.6	11.3	6.4	12.7	53.6	81.3	75.9	111	1272.3
1995	131.8	99	174.4	54.6	52.1	5.8	10	21.2	33.8	70.4	115.3	184.9	953.3
1996	142.3	140.2	154.9	119.2	47.6	7.7	0.9	9.9	40	78.5	71.8	85.7	898.7
1997	142.5	159	45.3	45.6	28.9	1.8	18.6	21	47.4	66.3	87.7	234.1	898.2
1998	256.2	200.5	190.5	129	23.6	22.1	0	9.9	17.8	127.4	40.9	79.9	1097.8
1999	198.8	286.2	196.7	82.2	29.2	29.9	11	7.8	92.9	46.3	85.4	105.9	1172.3
2000	135.3	188.9	211.5	43.7	98.4	6.5	6.9	18.7	60.2	67.7	34.7	172.6	1045.1
2001	234.9	158.4	214.1	28.1	42.4	7.5	18.7	0.5	72.1	110.7	160.2	107.5	1155.1
2002	89.8	220.4	284.8	87.9	28.3	10.5	6.2	4.1	39	221.5	135.5	131.8	1259.8
2003	143	137.5	169.3	160.3	43.3	13.9	19.5	14.2	28.5	73.7	56.2	157.8	1017.2
2004	85.3	358.2	82.8	114.1	57.5	16.8	45.1	5.2	26.9	131.7	169.7	136.9	1230.2
2005	148.5	119.4	270.7	96	69.9	6.9	14.5	20.7	21.7	98.6	82	207.7	1156.6
2006	95.1	155.6	329.6	320.1	42.2	36.6	6.1	7.6	39	63.1	192.8	240.3	1528.1
2007	330.1	19.6	314.6	193.1	32.6	6	6	6.6	0	85.3	147.7	111.4	1253.0
2008	231.1	160.6	308.2	60.6	0	23.6	25.8	67.8	49	163.4	30.6	116.6	1237.3
2009	202.1	141.2	103.9	152.8	0	1.1	0	0	0	103	76.2	117.9	898.2
2010	39.4	23.3	102.2	5.6	8	0	0	0	15.2	40.1	147.3	199.3	580.4
2011	184.7	184.1	114.3	58.1	0	0	8.2	4.3	130.8	74.6	152.4	361.2	1272.7

Tabla 3.5: Registro pluviométrico completado de la estación Chiquian

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1981	105.2	345.5	259.9	105.6	0	0	0	50	0	254.8	371.2	59	1551.2
1982	143	135.6	20.8	0	0	0	0	0	0	69.6	40.9	11.4	421.3
1983	71.4	101	0	0	0	18.2	0	0	0	0	30.4	58.8	279.8
1984	688.2	393.4	293.7	168.8764	10	0	0	0	0	0	68.2	76	1698.4
1985	126.2	78.1774	71.6	30.4	0	0	0	0	0	0	31.4943	54.0797	392.0
1986	116.4874	135.9443	128.1787	67.7715	12.6583	3.1817	0.285	3.9657	15.5	3	39.8	154.8	681.6
1987	170.1	100.3	65.1	26.7	8.5	0	4.4	2.8	9.1052	5.8	47.5	70.4753	510.8
1988	189	58.5	100.7	123.3	15.4	0.5	0	1.6	9.2	40.6	33.5	68.1	640.4
1989	214.7	167.9	100.8	31.4	5.2	3	0.2434	0	3	32	11.5	12.4	582.1
1990	106.3	42.7	53.2	21.2	4	0	2	0	11.6	119.2	71.5	65.1	496.8
1991	80.3	81.8	145.9	73.3	71.4	0	0	2.5	28.4	68.2	35.1	62.1	649.0
1992	7.7	49.9	63.7	52.3	7.2	5	0	17.7	0	43	18.5	31	296.0
1993	190.6	202	224.8	181.6	17.9	0	4.5	10	12	72	129.3	88.6	1133.3
1994	200.7	150.4	158	92.2	26.1	0	0	4	39	7.8	45.1	94	817.3
1995	75.8	111.5	133.5	79.5	18.5	2.5	0	0	9.3	21.3	72	104.6	628.5
1996	118.6	205.5	144	65.8	11.5	0	0	1.5	1.5	37	41.5	76.9	703.8
1997	83.7	174.9	58.8	51	6	0	0	2.8	28	27.8	46.7	164.3	644.0
1998	230.1	179.7	181.4	55.1	9.1	0	0	0	10.5	53.2	25.3	76	820.4
1999	124.1	270.2	136	49.5	14.8	3.2	0	0	11.5	25.7	24	128.4	787.4
2000	92	207	149.3	49.7	41.5	0	0	16.3	14.5	70.9	22.5	137.9	801.6
2001	229.7	139.9	266.1	46.3	6	0	2.5	0	37.2	59	134.1	96.5	1017.3
2002	67.2	174.6	190.4	103.7	12.5	0	0	0	15	108.5	76.9	115.3	864.1
2003	102	78.7	130.6	69	3.5	0	0	0	0	27.3	15.8	126.5	553.4
2004	23.4	72.5	107.6	36.7	0	6.5	0	0	44.9	50.3	83.4	118	543.3
2005	67	84.9	172.3	50.5	8	0	0	3.5	0	22	15.5	110.8	534.5
2006	100.4	138.6	181.2	99	4.5	4.5	0	0	20	31	66	138.4	783.6
2007	108.4	53.5	157.2	119.2	20	0	0	0	0	48.2	16.7	46.5	569.7
2008	191.6	148.8	92.2	71	1	0	0	0	2	55.5	39	43.5	644.6
2009	112.1	177.6	162.8	105.8	21.5	0	0	0	0	14	46	93.2	733.0
2010	77	91.4	103.6	47.2	0	4.5	0	0	19	24.5	42.4	136.8	546.4
2011	146	57.5	131.4	97.5	0	0	0	0	0	9	51.7511	150.9	644.1

Tabla 3.6: Registro pluviométrico completado de la estación Jacas Chico

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1981	275.2	278.1	264	136.8	21.9	3.8	0.9	7.4	21.5	88.6	113	174.7	1385.9
1982	199.4	201.5	191.3	99.1	15.9	2.8	0.6	5.3	15.6	64.2	81.9	126.6	1004.2
1983	189.9	191.9	182.2	94.4	15.1	2.7	0.6	5.1	14.8	61.1	78	120.5	956.3
1984	284.9	287.9	273.3	141.6	22.7	4	0.9	7.6	22.2	91.7	117	180.8	1434.6
1985	196.9	199	188.9	97.9	15.7	2.7	0.6	5.3	15.4	63.4	80.9	125	991.7
1986	215.4	217.6	206.6	107.1	17.1	3	0.7	5.8	16.8	69.3	88.5	136.7	1084.6
1987	205.1	207.3	196.8	102	16.3	2.9	0.7	5.5	16	66	84.3	130.2	1033.1
1988	214.1	216.4	205.4	106.4	17	3	0.7	5.7	16.7	68.9	87.9	135.9	1078.1
1989	210.2	212.4	201.6	104.5	16.7	2.9	0.7	5.6	16.4	67.6	86.3	133.4	1058.3
1990	204.5	206.6	196.1	101.7	16.3	2.9	0.7	5.5	16	65.8	84	129.8	1029.9
1991	214.7	216.9	205.9	106.7	17.1	3	0.7	5.7	16.8	69.1	88.2	136.3	1081.1
1992	191	193	183.2	95	15.2	2.7	0.6	5.1	14.9	61.5	78.5	121.2	961.9
1993	247.2	249.8	237.1	122.9	19.7	3.4	0.8	6.6	19.3	79.5	101.5	156.9	1244.7
1994	226	228.3	216.8	112.3	18	3.2	0.7	6	17.6	72.7	92.8	143.4	1137.8
1995	213.3	215.5	204.6	106.1	17	3	0.7	5.7	16.7	68.6	87.6	135.4	1074.2
1996	218.3	220.6	209.5	108.6	17.4	3	0.7	5.8	17.1	70.3	89.7	138.6	1099.6
1997	214.3	216.6	205.6	106.6	17	3	0.7	5.7	16.7	69	88	136	1079.2
1998	226.2	228.6	217	112.5	18	3.2	0.7	6.1	17.7	72.8	92.9	143.6	1139.3
1999	175.3	213.8	210.6	148.4	38.9	18.7	3	14	60.1	67.1	92.5	132.4	1174.8
2000	127.4	149	291.7	89.4	27.5	17.7	32.6	62.2	33.3	73.8	83.2	144.5	1132.3
2001	201.1	198.9	163.4	68	50.2	12.6	31.2	27.1	30.7	84.3	110.5	152.1	1130.1
2002	54.6	163.5	164.9	88.3	37.1	2	51.7	13.4	56.4	126.1	158.8	150.4	1067.2
2003	140.3	120.6	220.7	90.6	43.5	18	3.3	43.6	43	36.5	113.3	243.9	1117.3
2004	35.6	134.1	119.8	28.2	79.2	36.3	22.2	56.9	62.2	134.3	87.8	184.1	980.7
2005	81.4	164.8	160.9	53	5.2	0	10.8	10.4	16.3	132.5	71.1	155.1	861.5
2006	194.1	112.6	178.8	84.3	15	26.3	0	4.7	43.8	127.5	111	166.4	1064.5
2007	175.7	41.4	255.6	98.3	53.7	3	20.6	6.3	26.9	147.4	88.3	96.4	1013.6
2008	161.6	187.3	113.8	149.1	24.6	15.4	4.2	12	95.5	81.7	70.5	172.3	1088.0
2009	204.8	207.6	161.5	124.3	41.3	15.9	47.2	28.3	41.6	81.5	151.6	218.2	1323.8
2010	75.8	198.3	203.1	65.6	20	2.8	13.7	1.8	48	107.1	107.5	124.9	968.6
2011	174	188.2	208.7	125.7692	47.1	13.5	35.3	4.9	44.7	112.9	105.6	300.7	1361.4

Tabla 3.7: Precipitación acumulada de las tres estaciones ó Analisis de doble masa

AÑO	MILPO		CHIQUIAN		JACAS CHICO		PROMEDIO	
	P	P acum	P	P acum	P	P acum	P	P acum
1981	1775.9	1775.9	1551.2	1551.2	1385.9	1385.9	1571.0	1571.0
1982	1985.9	3761.8	421.3	1972.5	1004.2	2390.1	1137.1	2708.1
1983	228.1	3989.9	279.8	2252.3	956.3	3346.4	488.1	3196.2
1984	428.5	4418.4	1698.4	3950.7	1434.6	4781.0	1187.2	4383.3
1985	806.8	5225.2	392.0	4342.6	991.7	5772.7	730.2	5113.5
1986	768.2	5993.4	681.6	5024.2	1084.6	6857.3	844.8	5958.3
1987	1231.0	7224.4	510.8	5535.0	1033.1	7890.4	925.0	6883.2
1988	1245.6	8470.0	640.4	6175.4	1078.1	8968.5	988.0	7871.3
1989	1036.1	9506.1	582.1	6757.5	1058.3	10026.8	892.2	8763.5
1990	394.6	9900.7	496.8	7254.3	1029.9	11056.7	640.4	9403.9
1991	821.7	10722.3	649.0	7903.3	1081.1	12137.8	850.6	10254.5
1992	493.1	11215.4	296.0	8199.3	961.9	13099.7	583.7	10838.1
1993	1320.6	12536.0	1133.3	9332.6	1244.7	14344.4	1232.9	12071.0
1994	1272.3	13808.3	817.3	10149.9	1137.8	15482.2	1075.8	13146.8
1995	953.3	14761.6	628.5	10778.4	1074.2	16556.4	885.3	14032.1
1996	898.7	15660.3	703.8	11482.2	1099.6	17656.0	900.7	14932.8
1997	898.2	16558.5	644.0	12126.2	1079.2	18735.2	873.8	15806.6
1998	1097.8	17656.3	820.4	12946.6	1139.3	19874.5	1019.2	16825.8
1999	1172.3	18828.6	787.4	13734.0	1174.8	21049.3	1044.8	17870.6
2000	1045.1	19873.7	801.6	14535.6	1132.3	22181.6	993.0	18863.6
2001	1155.1	21028.8	1017.3	15552.9	1130.1	23311.7	1100.8	19964.5
2002	1259.8	22288.6	864.1	16417.0	1067.2	24378.9	1063.7	21028.2
2003	1017.2	23305.8	553.4	16970.4	1117.3	25496.2	896.0	21924.1
2004	1230.2	24536.0	543.3	17513.7	980.7	26476.9	918.1	22842.2
2005	1156.6	25692.6	534.5	18048.2	861.5	27338.4	850.9	23693.1
2006	1528.1	27220.7	783.6	18831.8	1064.5	28402.9	1125.4	24818.5
2007	1253.0	28473.7	569.7	19401.5	1013.6	29416.5	945.4	25763.9
2008	1237.3	29711.0	644.6	20046.1	1088.0	30504.5	990.0	26753.9
2009	898.2	30609.2	733.0	20779.1	1323.8	31828.3	985.0	27738.9
2010	580.4	31189.6	546.4	21325.5	968.6	32796.9	698.5	28437.3
2011	1272.7	32462.3	644.1	21969.6	1361.4	34158.3	1092.7	29530.1

Tabla 3.8: Registro pluviométrico corregido de la estación Milpo

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1981	244.44	357.50	358.98	121.68	15.48	12.51	75.66	58.42	58.19	106.15	316.27	155.48	1880.8
1982	64.01	301.07	399.73	205.96	103.64	62.41	22.22	10.57	142.58	462.56	230.17	115.63	2120.5
1983	54.42	8.28	130.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.63	197.5
1984	76.00	18.56	69.04	60.01	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	27.01	80.68	56.82	391.2
1985	95.07	82.63	98.96	77.14	0.00	0.00	0.00	0.00	204.13	75.43	20.50	159.14	813.0
1986	39.69	61.38	101.92	134.59	68.35	0.00	0.00	1.77	73.49	28.50	53.39	190.20	753.3
1987	284.18	133.22	218.41	109.12	12.17	0.00	0.00	0.00	70.63	49.85	206.64	207.67	1291.9
1988	353.05	178.09	190.09	232.57	64.92	3.26	0.00	0.00	34.21	121.45	43.46	69.72	1290.8
1989	168.64	151.21	202.69	101.59	50.08	59.90	13.08	82.51	114.60	73.72	7.94	10.00	1035.9
1990	25.64	92.22	79.31	12.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.94	70.41	14.79	335.5
1991	131.19	117.37	139.72	77.03	38.77	0.00	0.00	22.22	18.22	133.10	60.13	66.41	804.2
1992	43.91	47.91	96.67	49.39	2.12	0.00	2.23	0.00	0.00	125.45	41.74	28.61	438.0
1993	166.90	151.94	194.65	210.41	30.67	8.51	1.20	0.00	109.35	152.74	115.97	225.49	1367.8
1994	308.51	274.25	240.10	113.00	53.51	0.63	0.00	2.23	48.94	80.57	74.40	114.49	1310.6
1995	138.24	100.78	186.89	50.08	47.22	0.00	0.00	11.94	26.33	68.12	119.40	198.88	947.9
1996	150.23	147.83	164.62	123.85	42.09	0.00	0.00	0.00	33.41	77.37	69.72	85.59	894.7
1997	150.46	169.30	39.46	39.80	20.73	0.00	8.97	11.71	41.86	63.44	87.88	255.06	888.7
1998	280.30	216.69	205.27	135.04	14.68	12.97	0.00	0.00	8.05	133.22	34.43	78.97	1119.6
1999	214.75	314.56	212.35	81.60	21.07	21.87	0.29	0.00	93.82	40.60	85.25	108.66	1194.8
2000	142.24	203.45	229.26	37.63	100.10	0.00	0.00	9.08	56.47	65.04	27.35	184.83	1055.4
2001	255.98	168.62	232.22	19.82	36.15	0.00	9.08	0.00	70.06	114.14	170.67	110.49	1187.2
2002	90.28	239.42	312.96	88.11	20.05	0.00	0.00	0.00	32.26	240.67	142.47	138.24	1304.5
2003	151.03	144.75	181.06	170.79	37.17	3.60	10.00	3.94	20.27	71.89	51.91	167.93	1014.3
2004	85.14	396.78	82.28	118.03	53.39	6.91	39.23	0.00	18.45	138.13	181.52	144.06	1263.9
2005	157.31	124.08	296.86	97.36	67.55	0.00	4.29	11.37	12.51	100.33	81.37	224.92	1177.9
2006	96.33	165.42	364.12	353.27	35.92	29.52	0.00	0.00	32.26	59.79	207.90	262.14	1606.7
2007	330.10	19.60	314.60	193.10	32.60	6.00	6.00	6.60	0.00	85.30	147.70	111.40	1253.0
2008	231.10	160.60	308.20	60.60	0.00	23.60	25.80	67.80	49.00	163.40	30.60	116.60	1237.3
2009	202.10	141.20	103.90	152.80	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	103.00	76.20	117.90	898.2
2010	39.40	23.30	102.20	5.60	8.00	0.00	0.00	0.00	15.20	40.10	147.30	199.30	580.4
2011	184.70	184.10	114.30	58.10	0.00	0.00	8.20	4.30	130.80	74.60	152.40	361.20	1272.7

Tabla 3.9: Registro pluviométrico corregido de la estación Chiquian

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
1981	82.7369	244.4663	186.8548	83.0061	11.934	11.934	11.934	45.5855	11.934	183.4223	261.7632	51.6428	1187.2
1982	108.1774	103.197	25.933	11.934	11.934	11.934	11.934	11.934	11.934	58.777	39.461	19.6065	426.8
1983	59.9884	79.9101	11.934	11.934	11.934	24.1832	11.934	11.934	11.934	11.934	32.3941	51.5082	331.5
1984	475.114	276.7044	209.6032	125.5931	18.6643	11.934	11.934	11.934	11.934	11.934	57.8347	63.0844	1286.3
1985	96.8705	64.5498	60.123	32.3941	11.934	11.934	11.934	11.934	11.934	11.934	33.1306	48.3313	407.0
1986	90.3336	103.4287	98.2022	57.5463	20.4534	14.0754	12.1258	14.603	22.366	13.9531	38.7206	116.1192	601.9
1987	126.4166	79.439	55.7483	29.9039	17.6548	11.934	14.8953	13.8185	18.0621	15.8376	43.903	59.3661	487.0
1988	139.1369	51.3063	79.7082	94.9187	22.2987	12.2705	11.934	13.0108	18.1259	39.2591	34.4805	57.7674	574.2
1989	156.4338	124.9359	79.7755	33.0672	15.4337	13.9531	12.0978	11.934	13.9531	33.471	19.6738	20.2796	535.0
1990	83.4772	40.6724	47.7392	26.2022	14.6261	11.934	13.28	11.934	19.7411	92.1593	60.0557	55.7483	477.6
1991	65.9784	66.9879	110.1292	61.2672	59.9884	11.934	11.934	13.6166	31.0481	57.8347	35.5574	53.7292	580.0
1992	17.1163	45.5182	54.8061	47.1335	16.7798	15.2991	11.934	23.8466	11.934	40.8743	24.3851	32.798	342.4
1993	140.2137	147.8863	163.2314	134.1564	23.9812	11.934	14.9626	18.6643	20.0104	60.3922	98.9569	71.5645	906.0
1994	147.0113	113.1579	118.2729	73.9875	29.5001	11.934	11.934	14.6261	38.1822	17.1836	42.2877	75.1989	693.3
1995	62.9497	86.977	101.7836	65.44	24.3851	13.6166	11.934	11.934	18.1932	26.2696	60.3922	82.333	566.2
1996	91.7555	150.2419	108.8505	56.2194	19.6738	11.934	11.934	12.9435	12.9435	36.8361	39.8648	63.6901	616.9
1997	68.2667	129.6471	51.5082	46.2586	15.9722	11.934	11.934	13.8185	30.7789	30.6443	43.3645	122.513	576.6
1998	166.7985	132.8777	134.0218	49.018	18.0586	11.934	11.934	11.934	19.0008	47.7392	28.9617	63.0844	695.4
1999	95.4572	193.787	103.4662	45.249	21.8948	14.0877	11.934	11.934	19.6738	29.2309	28.0867	98.3512	673.2
2000	73.8529	151.2514	112.4175	45.3836	39.8648	11.934	11.934	22.9044	21.6929	59.6519	27.0772	104.745	682.7
2001	166.5292	106.091	191.0276	43.0953	15.9722	11.934	13.6166	11.934	36.9707	51.6428	102.1875	76.8815	827.9
2002	67.2	174.6	190.4	103.7	12.5	0	0	0	15	108.5	76.9	115.3	864.1
2003	102	78.7	130.6	69	3.5	0	0	0	0	27.3	15.8	126.5	553.4
2004	23.4	72.5	107.6	36.7	0	6.5	0	0	44.9	50.3	83.4	118	543.3
2005	67	84.9	172.3	50.5	8	0	0	3.5	0	22	15.5	110.8	534.5
2006	100.4	138.6	181.2	99	4.5	4.5	0	0	20	31	66	138.4	783.6
2007	108.4	53.5	157.2	119.2	20	0	0	0	0	48.2	16.7	46.5	569.7
2008	191.6	148.8	92.2	71	1	0	0	0	2	55.5	39	43.5	644.6
2009	112.1	177.6	162.8	105.8	21.5	0	0	0	0	14	46	93.2	733.0
2010	77	91.4	103.6	47.2	0	4.5	0	0	19	24.5	42.4	136.8	546.4
2011	146	57.5	131.4	97.5	0	0	0	0	0	9	51.7511	150.9	644.1

Tabla 3.10: Precipitación máxima en 24 horas (mm) - Estación Milpo

N°	AÑO	MES	MÁXIMO	CORREGIDO
1	1981	Febreto	19.2	21.696
2	1982	Setiembre	50.2	56.726
3	1983	Enero	13	14.69
4	1984	Diciembre	16.6	18.758
5	1985	Setiembre	24.7	27.911
6	1986	Diciembre	11.5	12.995
7	1987	Enero	18.1	20.453
8	1988	Abril	21.6	24.408
9	1989	Octubre	12.9	14.577
10	1990	Marzo	12.1	13.673
11	1991	Marzo	26.8	30.284
12	1992	Marzo	16.8	18.984
13	1993	Diciembre	33.5	37.855
14	1994	Marzo	31.6	35.708
15	1995	Enero	28.2	31.866
16	1996	Mayo	122	137.86
17	1997	Diciembre	25.4	28.702
18	1998	Enero	44.8	50.624
19	1999	Enero	40.8	46.104
20	2000	Marzo	41	46.33
21	2001	Marzo	28.4	32.092
22	2002	Marzo	55.6	62.828
23	2003	Febreto	24.6	27.798
24	2004	Abril	29.5	33.335
25	2005	Noviembre	28.2	31.866
26	2006	Abril	43.2	48.816
27	2007	Enero	39.4	44.522
28	2008	Marzo	53.8	60.794
29	2009	Octubre	37.2	42.036
30	2010	Noviembre	52.7	59.551
31	2011	Diciembre	98.5	111.305

*** Se ha corregido por el factor 1.13*

Figura 3.1: Histograma de precipitación mensual de la estación Milpo

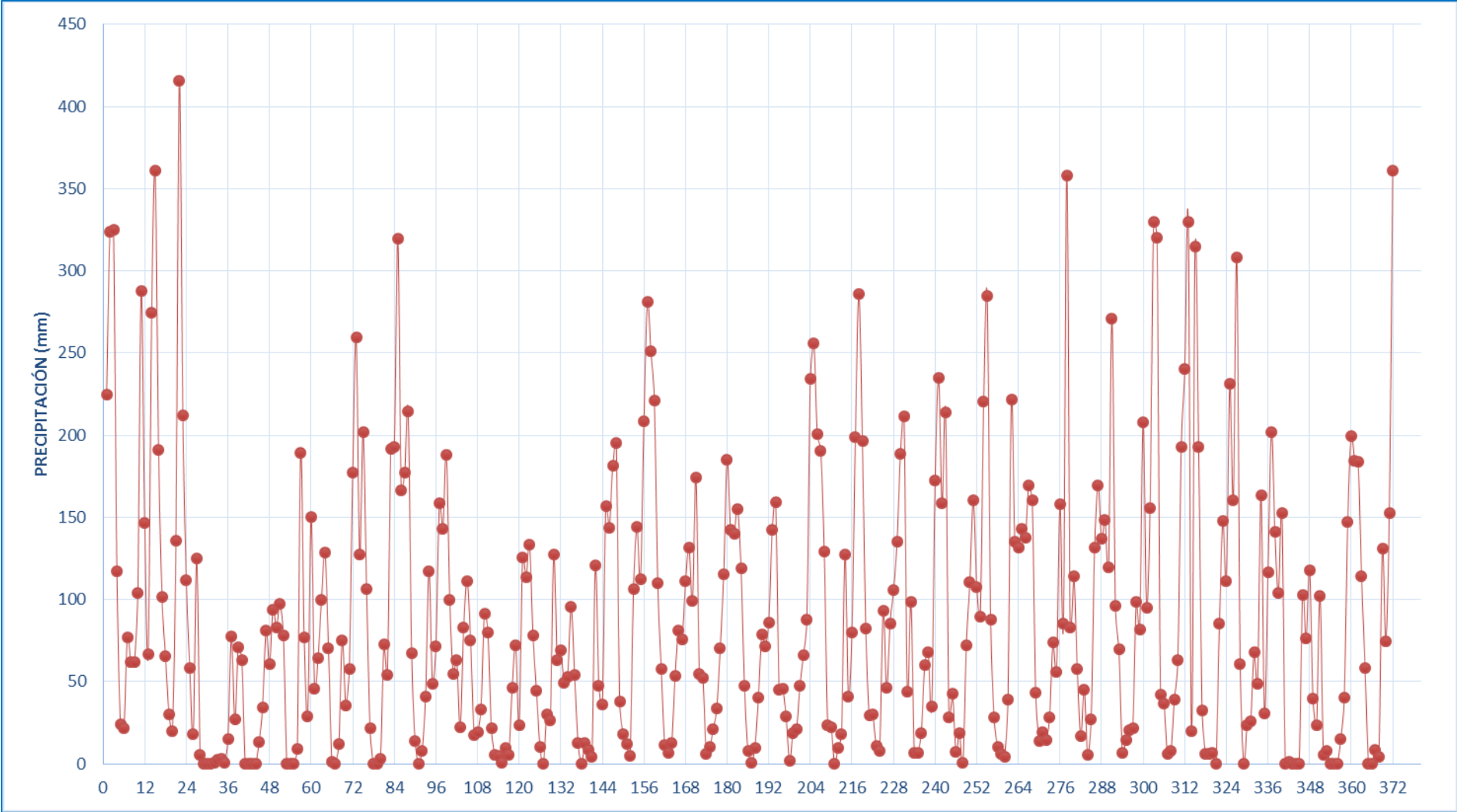


Figura 3.2: Histograma de precipitación mensual de la estación Chiquian

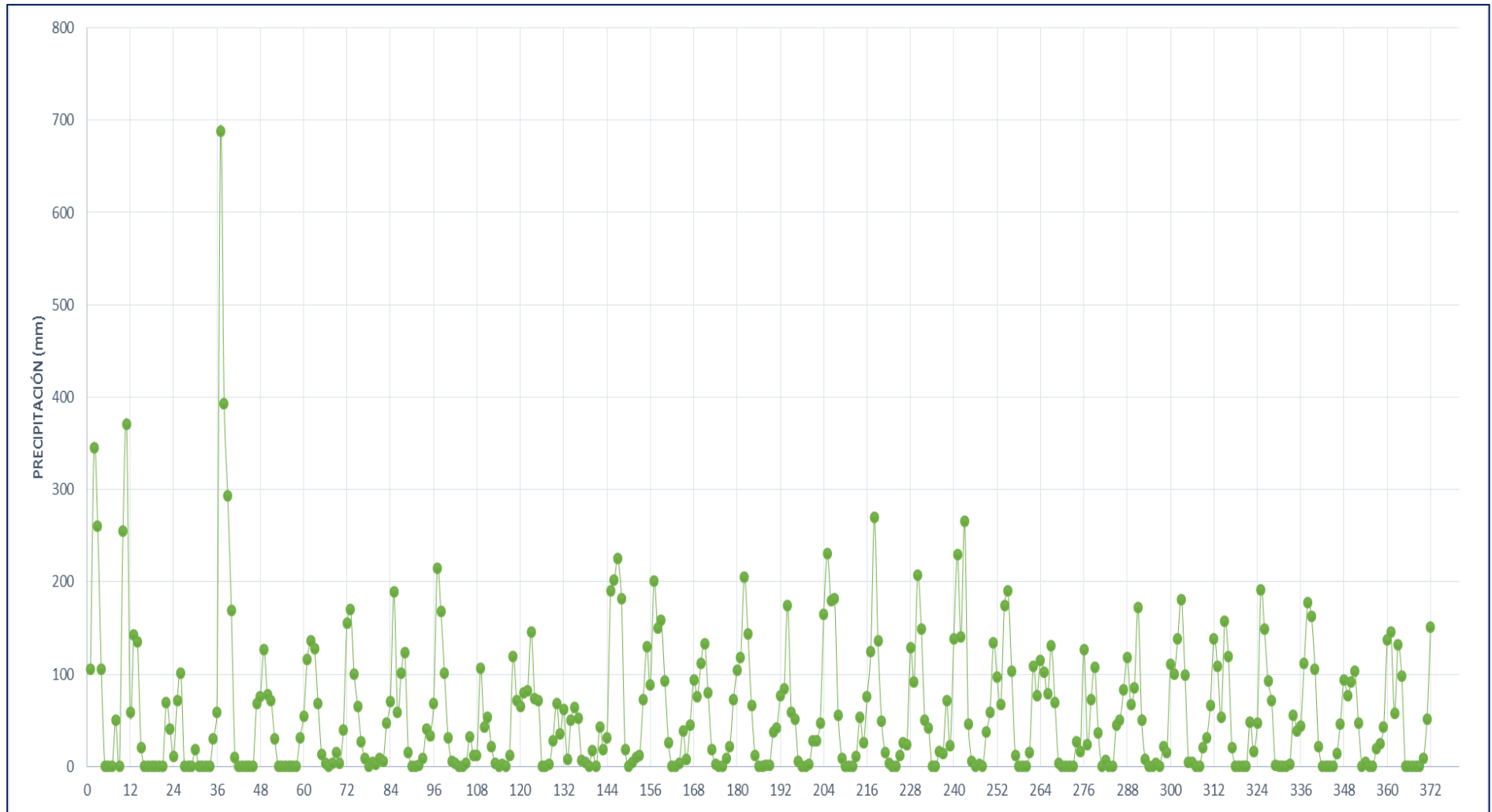


Figura 3.3: Histograma de precipitación mensual de la estación Jacas Chico

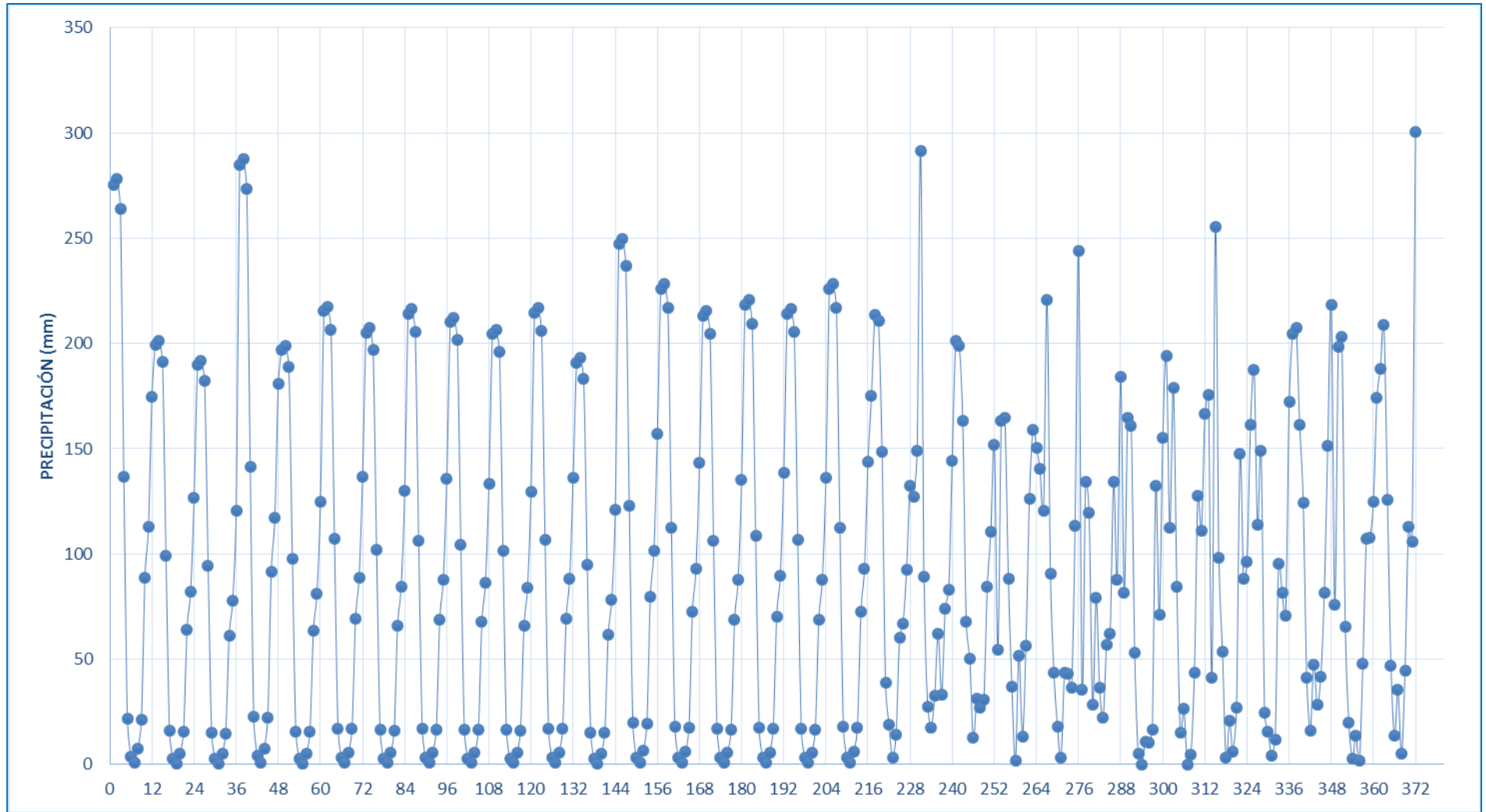
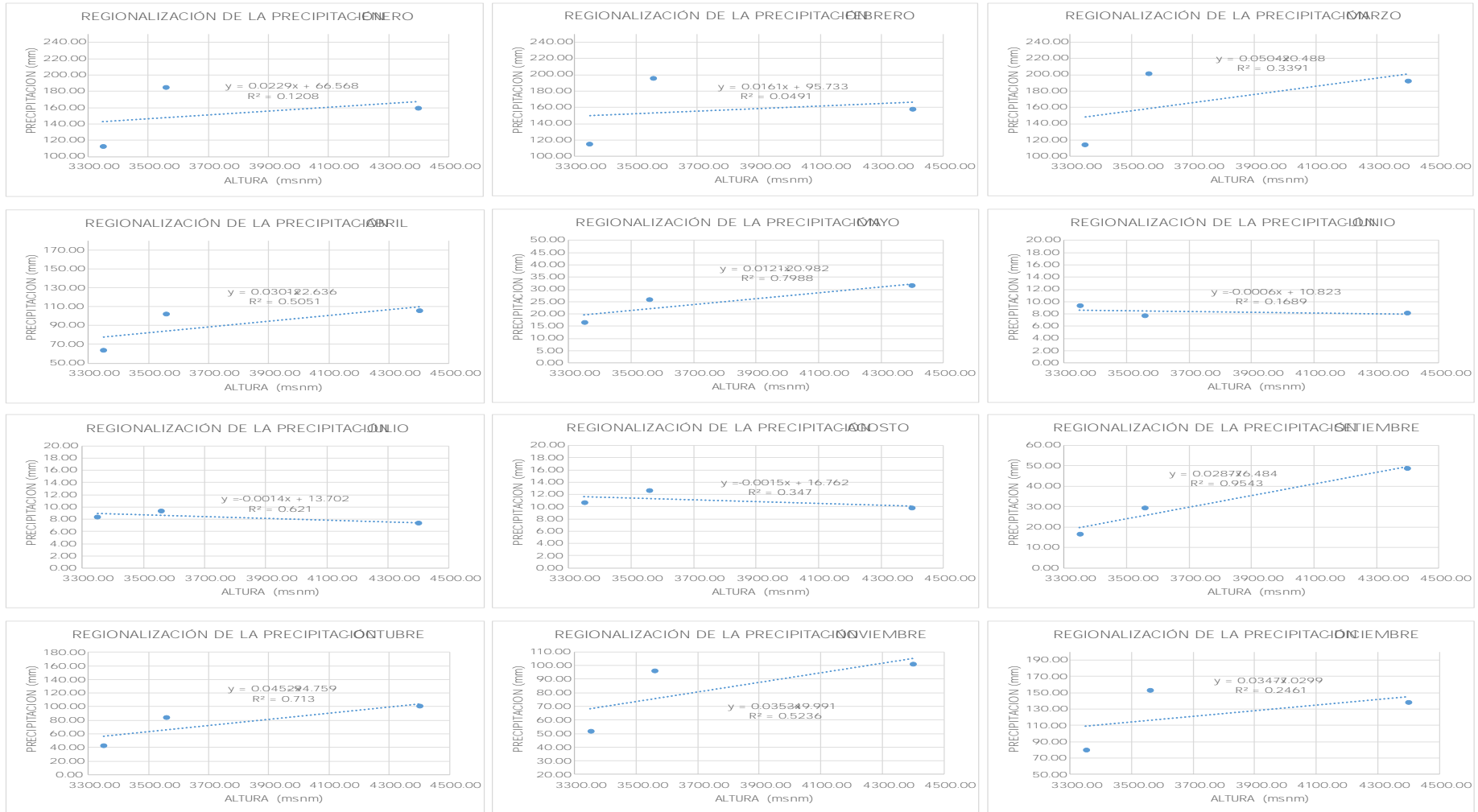


Figura 3.4: Extrapolación de la precipitación de la microcuenca Chuiruco



ANEXO IV

TABLAS Y GRAFICOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CÓDIGO

ANEXO 4.1

Tabla de Distribución F de Fisher

alfa =	0.05	Grados de libertad del numerador													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	60	100	1000
Grados de libertad del denominador	1	161.45	199.5	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	248.02	252.2	253.04	254.3
	2	18.513	19	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.446	19.479	19.486	19.496
	3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0134	8.9407	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855	8.6602	8.572	8.5539	8.5267
	4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3882	6.2561	6.1631	6.0942	6.041	5.9988	5.9644	5.8025	5.6878	5.664	5.6284
	5	6.6079	5.7861	5.4094	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351	4.5581	4.4314	4.4051	4.3654
	6	5.9874	5.1432	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.099	4.06	3.8742	3.7398	3.7117	3.6693
	7	5.5915	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.866	3.7871	3.7257	3.6767	3.6365	3.4445	3.3043	3.2749	3.2302
	8	5.3176	4.459	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472	3.1503	3.0053	2.9747	2.9281
	9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373	2.9365	2.7872	2.7556	2.7072
	10	4.9646	4.1028	3.7083	3.478	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782	2.774	2.6211	2.5884	2.5384
	11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.948	2.8962	2.8536	2.6464	2.4901	2.4566	2.405
	12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964	2.7534	2.5436	2.3842	2.3498	2.2967
	13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144	2.671	2.4589	2.2966	2.2614	2.207
	14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458	2.6022	2.3879	2.2229	2.187	2.1313
	15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876	2.5437	2.3275	2.1601	2.1234	2.0664
	16	4.494	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377	2.4935	2.2756	2.1058	2.0685	2.0102
	17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.81	2.6987	2.6143	2.548	2.4943	2.4499	2.2304	2.0584	2.0204	1.961
	18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563	2.4117	2.1906	2.0166	1.978	1.9175
	19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227	2.3779	2.1555	1.9795	1.9403	1.8787
	20	4.3513	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.599	2.514	2.4471	2.3928	2.3479	2.1242	1.9464	1.9066	1.8438
	21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3661	2.321	2.096	1.9165	1.8761	1.8124
	22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419	2.2967	2.0707	1.8894	1.8486	1.7838
	23	4.2793	3.4221	3.028	2.7955	2.64	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201	2.2747	2.0476	1.8648	1.8234	1.7577
	24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002	2.2547	2.0267	1.8424	1.8005	1.7338
	25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.603	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821	2.2365	2.0075	1.8217	1.7794	1.7117
	26	4.2252	3.369	2.9752	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655	2.2197	1.9898	1.8027	1.7599	1.6913
	27	4.21	3.3541	2.9603	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501	2.2043	1.9736	1.7851	1.7419	1.6724
	28	4.196	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.236	2.19	1.9586	1.7689	1.7251	1.6548
	29	4.183	3.3277	2.934	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2782	2.2229	2.1768	1.9446	1.7537	1.7096	1.6384
	30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107	2.1646	1.9317	1.7396	1.695	1.623
	40	4.0847	3.2317	2.8387	2.606	2.4495	2.3359	2.249	2.1802	2.124	2.0773	1.8389	1.6373	1.5892	1.5098
	50	4.0343	3.1826	2.79	2.5572	2.4004	2.2864	2.1992	2.1299	2.0733	2.0261	1.7841	1.5757	1.5249	1.4392
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2541	2.1665	2.097	2.0401	1.9926	1.748	1.5343	1.4814	1.3903	
70	3.9778	3.1277	2.7355	2.5027	2.3456	2.2312	2.1435	2.0737	2.0166	1.9689	1.7223	1.5046	1.4498	1.354	
80	3.9604	3.1108	2.7188	2.4859	2.3287	2.2142	2.1263	2.0564	1.9991	1.9512	1.7032	1.4821	1.4259	1.3259	
90	3.9469	3.0977	2.7058	2.4729	2.3157	2.2011	2.1131	2.043	1.9856	1.9376	1.6883	1.4645	1.407	1.3032	
100	3.9362	3.0873	2.6955	2.4626	2.3053	2.1906	2.1025	2.0323	1.9748	1.9267	1.6764	1.4504	1.3917	1.2845	
200	3.8884	3.0411	2.6498	2.4168	2.2592	2.1441	2.0556	1.9849	1.9269	1.8783	1.6233	1.3856	1.3206	1.1903	
300	3.8726	3.0258	2.6347	2.4017	2.2441	2.1288	2.0402	1.9693	1.9112	1.8623	1.6057	1.3634	1.2958	1.1521	
400	3.8648	3.0183	2.6272	2.3943	2.2366	2.1212	2.0325	1.9616	1.9033	1.8544	1.5969	1.3522	1.2831	1.1303	
500	3.8601	3.0138	2.6227	2.3898	2.232	2.1167	2.0279	1.9569	1.8986	1.8496	1.5916	1.3455	1.2753	1.1159	
600	3.857	3.0107	2.6198	2.3868	2.229	2.1137	2.0248	1.9538	1.8955	1.8465	1.5881	1.341	1.2701	1.1055	
700	3.8548	3.0086	2.6176	2.3847	2.2269	2.1115	2.0226	1.9516	1.8932	1.8442	1.5856	1.3377	1.2664	1.0976	
800	3.8531	3.007	2.616	2.3831	2.2253	2.1099	2.021	1.95	1.8916	1.8425	1.5837	1.3353	1.2635	1.0912	
900	3.8518	3.0057	2.6148	2.3818	2.224	2.1086	2.0197	1.9487	1.8903	1.8412	1.5822	1.3334	1.2613	1.0861	
1000	3.8508	3.0047	2.6138	2.3808	2.2231	2.1076	2.0187	1.9476	1.8892	1.8402	1.5811	1.3318	1.2596	1.0818	
1500	3.8477	3.0017	2.6108	2.3779	2.2201	2.1046	2.0157	1.9446	1.8861	1.837	1.5775	1.3273	1.2542	1.0675	
2000	3.8461	3.0002	2.6094	2.3764	2.2186	2.1031	2.0142	1.943	1.8846	1.8354	1.5758	1.325	1.2516	1.0593	
10000	3.8424	2.9966	2.6058	2.3728	2.215	2.0995	2.0105	1.9393	1.8808	1.8316	1.5716	1.3194	1.2451	1.0334	

ANEXO 4.2

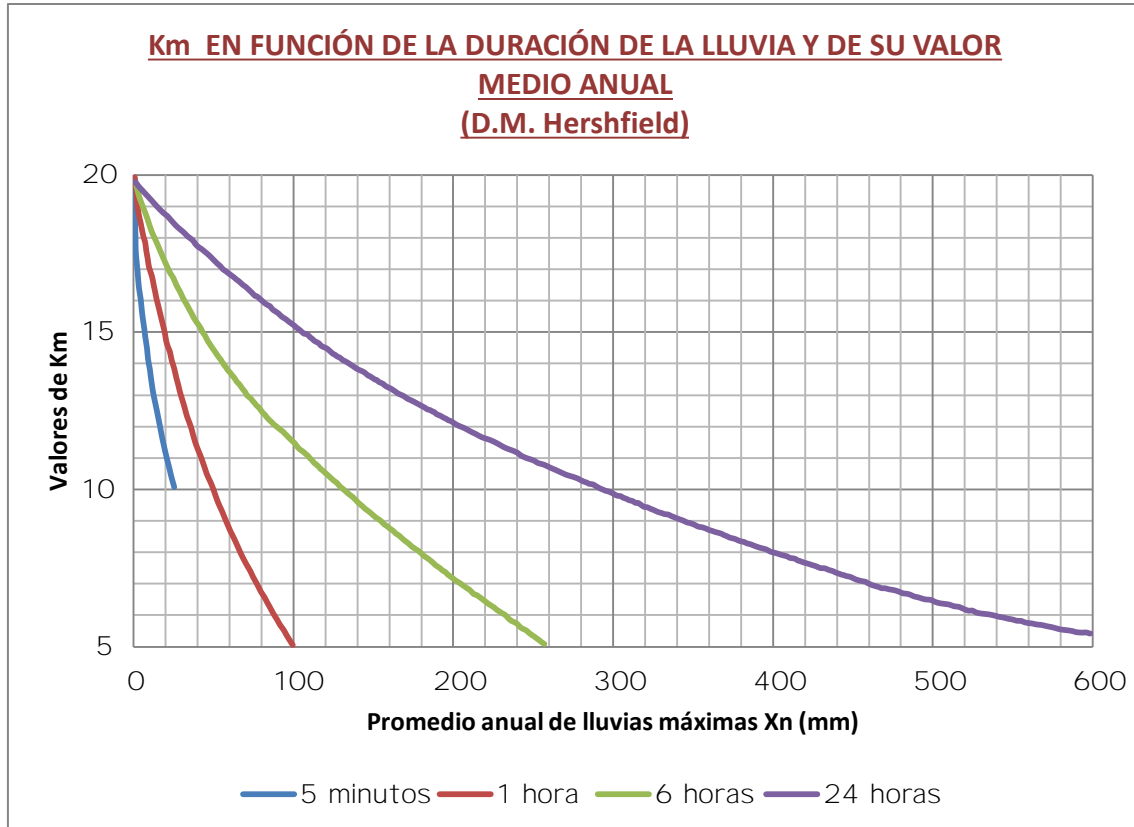
Tabla de Distribución t de Student

Distribución t de Student					
Grados de libertad	5% de nivel de significancia		Grados de libertad	5% de nivel de significancia	
	Una cola	Dos colas		Una cola	Dos colas
1	6.314	12.706	18	1.734	2.101
2	2.920	4.303	19	1.729	2.093
3	2.353	3.182	20	1.725	2.086
4	2.132	2.776	21	1.721	2.080
5	2.015	2.571	22	1.717	2.074
6	1.943	2.447	23	1.714	2.069
7	1.895	2.365	24	1.711	2.064
8	1.860	2.306	25	1.708	2.060
9	1.833	2.262	26	1.706	2.056
10	1.812	2.228	27	1.703	2.052
11	1.796	2.201	28	1.701	2.048
12	1.782	2.179	29	1.699	2.045
13	1.771	2.160	30	1.697	2.042
14	1.761	2.145	40	1.684	2.021
15	1.753	2.131	60	1.671	2.000
16	1.746	2.120	120	1.658	1.980
17	1.740	2.110	inf	1.645	1.960

Fuente: Eduardo Chávarri Velarde

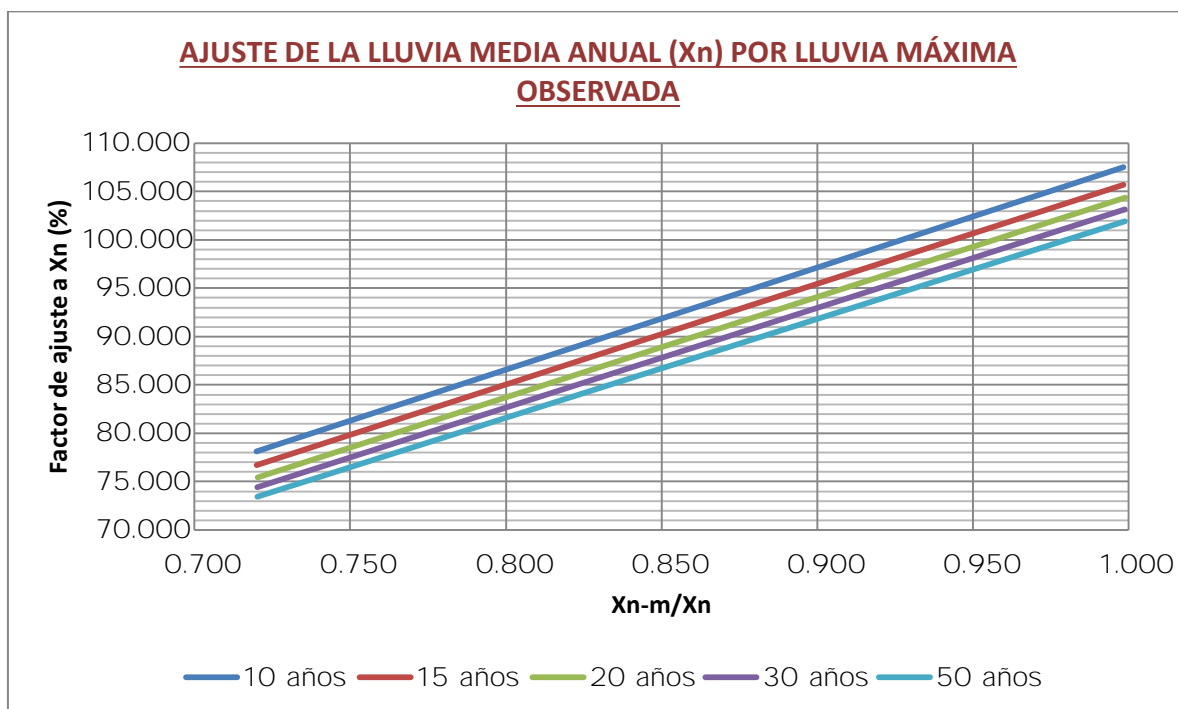
ANEXO 4.3

Km en función de la duración de la lluvia y de su valor medio



ANEXO 4.4

Ajuste de la lluvia media anual (X_n) por lluvia máxima observada

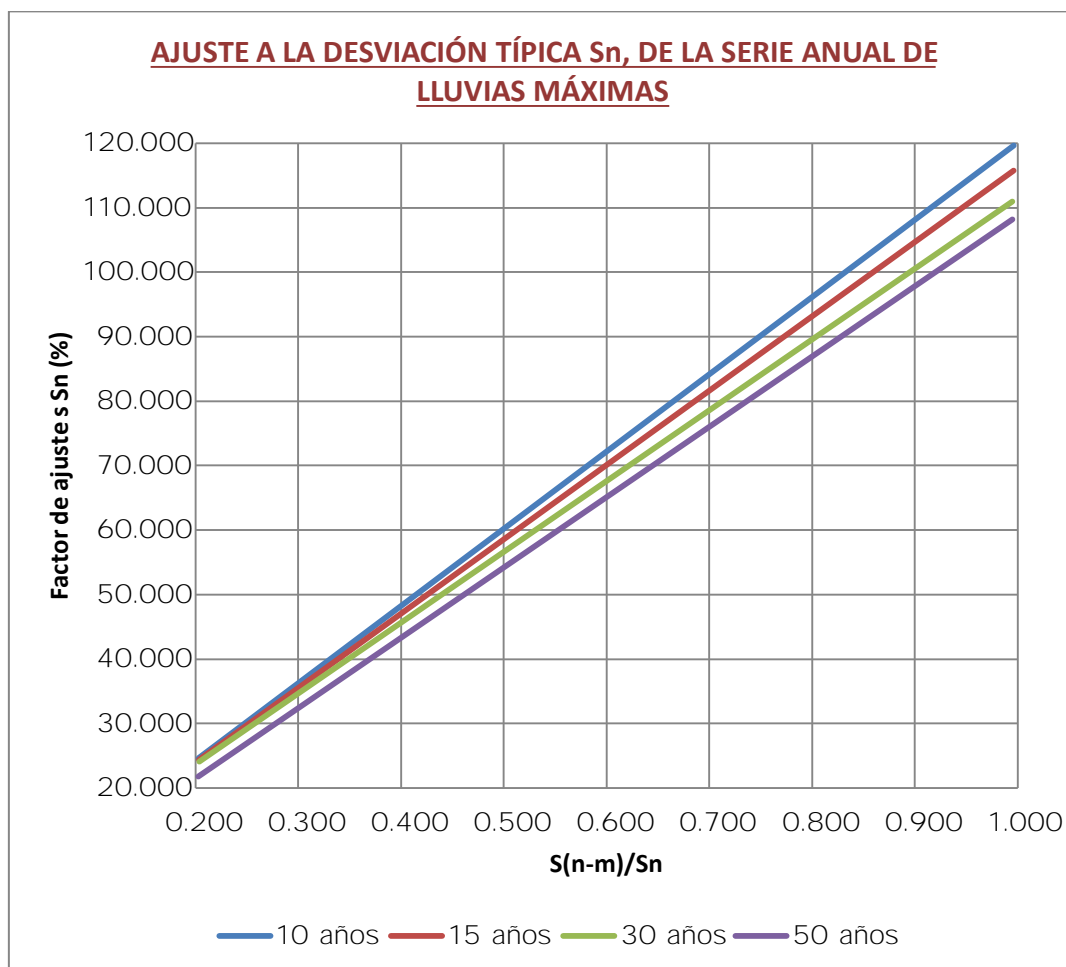


Puntos de las curvas $X(n-m)/X_n$ – Factor de ajuste a X_n

$X(n-m)/X_n$	LONGITUD DE REGISTRO (años)				
	10	15	20	30	50
0.7	76.0212	74.6326	73.3275	72.3466	71.3791
0.71	77.077	75.6739	74.366	73.3777	72.4013
0.72	78.1328	76.7152	75.4045	74.4088	73.4235
0.73	79.1886	77.7565	76.443	75.4399	74.4457
0.74	80.2444	78.7978	77.4815	76.471	75.4679
0.75	81.3002	79.8391	78.52	77.5021	76.4901
0.76	82.356	80.8804	79.5585	78.5332	77.5123
0.77	83.4118	81.9217	80.597	79.5643	78.5345
0.78	84.4676	82.963	81.6355	80.5954	79.5567
0.79	85.5234	84.0043	82.674	81.6265	80.5789
0.8	86.5792	85.0456	83.7125	82.6576	81.6011
0.81	87.635	86.0869	84.751	83.6887	82.6233
0.82	88.6908	87.1282	85.7895	84.7198	83.6455
0.83	89.7466	88.1695	86.828	85.7509	84.6677
0.84	90.8024	89.2108	87.8665	86.782	85.6899
0.85	91.8582	90.2521	88.905	87.8131	86.7121
0.86	92.914	91.2934	89.9435	88.8442	87.7343
0.87	93.9698	92.3347	90.982	89.8753	88.7565
0.88	95.0256	93.376	92.0205	90.9064	89.7787
0.89	96.0814	94.4173	93.059	91.9375	90.8009
0.9	97.1372	95.4586	94.0975	92.9686	91.8231
0.91	98.193	96.4999	95.136	93.9997	92.8453
0.92	99.2488	97.5412	96.1745	95.0308	93.8675
0.93	100.3046	98.5825	97.213	96.0619	94.8897
0.94	101.3604	99.6238	98.2515	97.093	95.9119
0.95	102.4162	100.6651	99.29	98.1241	96.9341
0.96	103.472	101.7064	100.3285	99.1552	97.9563
0.97	104.5278	102.7477	101.367	100.1863	98.9785
0.98	105.5836	103.789	102.4055	101.2174	100.0007
0.99	106.6394	104.8303	103.444	102.2485	101.0229
1	107.6952	105.8716	104.4825	103.2796	102.0451

ANEXO 4.5

Ajuste de la desviación típica S, de la serie anual de lluvias máximas

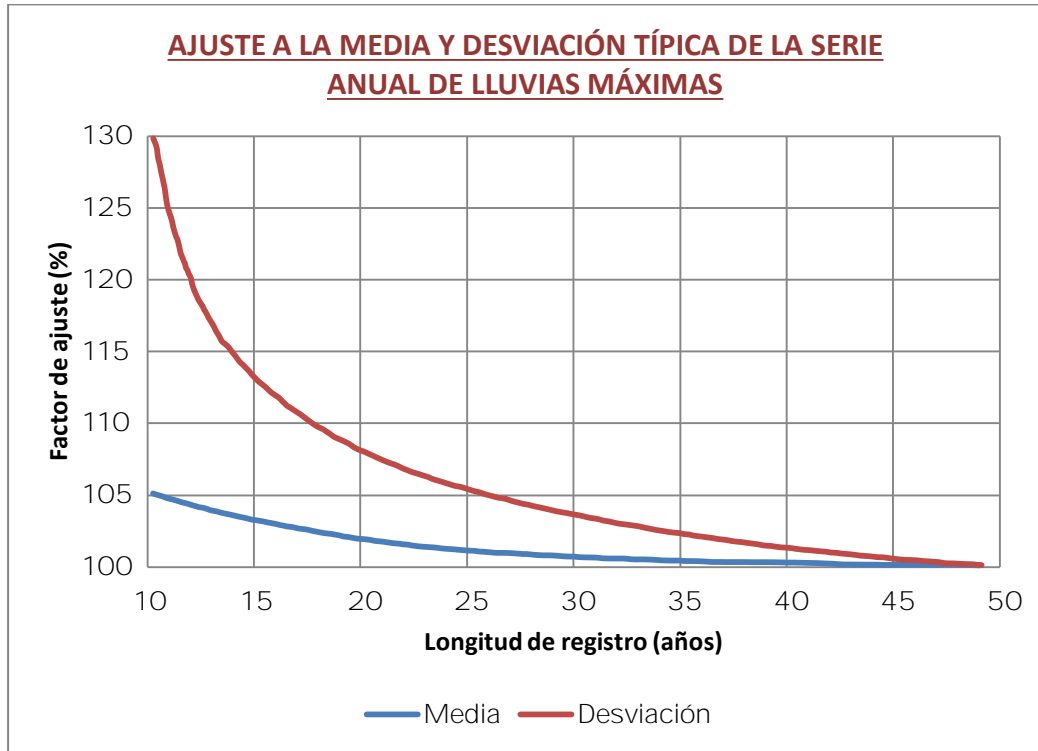


Puntos de las curvas $S(n-m)/S_n$ – Factor de ajuste a S_n

$X(n-m)/X_n$	LONGITUD DE REGISTRO (años)					$X(n-m)/X_n$	LONGITUD DE REGISTRO (años)				
	10	15	20	30	50		10	15	20	30	50
0.7	76.0212	74.6326	73.3275	72.3466	71.3791	0.86	92.914	91.2934	89.9435	88.8442	87.7343
0.71	77.077	75.6739	74.366	73.3777	72.4013	0.87	93.9698	92.3347	90.982	89.8753	88.7565
0.72	78.1328	76.7152	75.4045	74.4088	73.4235	0.88	95.0256	93.376	92.0205	90.9064	89.7787
0.73	79.1886	77.7565	76.443	75.4399	74.4457	0.89	96.0814	94.4173	93.059	91.9375	90.8009
0.74	80.2444	78.7978	77.4815	76.471	75.4679	0.9	97.1372	95.4586	94.0975	92.9686	91.8231
0.75	81.3002	79.8391	78.52	77.5021	76.4901	0.91	98.193	96.4999	95.136	93.9997	92.8453
0.76	82.356	80.8804	79.5585	78.5332	77.5123	0.92	99.2488	97.5412	96.1745	95.0308	93.8675
0.77	83.4118	81.9217	80.597	79.5643	78.5345	0.93	100.3046	98.5825	97.213	96.0619	94.8897
0.78	84.4676	82.963	81.6355	80.5954	79.5567	0.94	101.3604	99.6238	98.2515	97.093	95.9119
0.79	85.5234	84.0043	82.674	81.6265	80.5789	0.95	102.4162	100.6651	99.29	98.1241	96.9341
0.8	86.5792	85.0456	83.7125	82.6576	81.6011	0.96	103.472	101.7064	100.3285	99.1552	97.9563
0.81	87.635	86.0869	84.751	83.6887	82.6233	0.97	104.5278	102.7477	101.367	100.1863	98.9785
0.82	88.6908	87.1282	85.7895	84.7198	83.6455	0.98	105.5836	103.789	102.4055	101.2174	100.0007
0.83	89.7466	88.1695	86.828	85.7509	84.6677	0.99	106.6394	104.8303	103.444	102.2485	101.0229
0.84	90.8024	89.2108	87.8665	86.782	85.6899	1	107.6952	105.8716	104.4825	103.2796	102.0451
0.85	91.8582	90.2521	88.905	87.8131	86.7121						

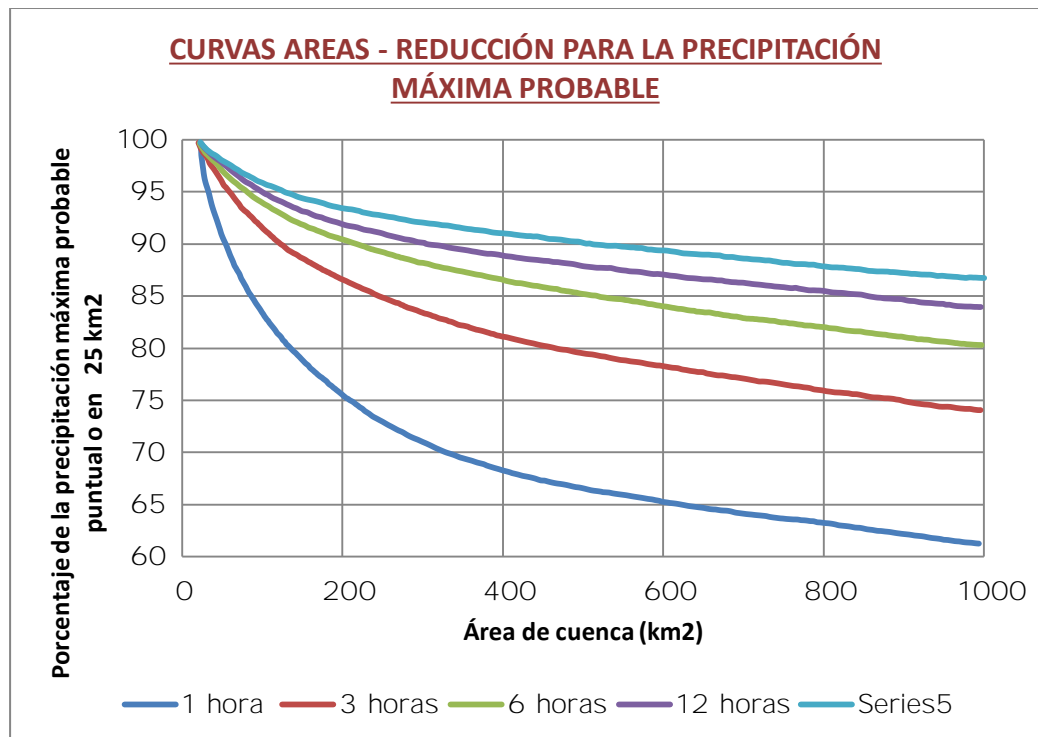
ANEXO 4.6

Ajuste a la media y desviación típica de la serie anual de lluvias máximas



ANEXO 4.7

Curvas Áreas – Reducción para la precipitación máxima probable



ANEXO 4.8

Ajuste por intervalo fijo de observaciones



ANEXO 4.9

Tabla 21: Valores críticos de la distribución Chi cuadrado

Valores Críticos de la Distribución Chi Cuadrado (1 cola)															
GL/alfa	0.999	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
1	0	0	0	0.001	0.004	0.016	0.102	0.455	1.328	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879	10.828
2	0.002	0.01	0.02	0.051	0.103	0.211	0.575	1.386	2.778	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597	13.816
3	0.024	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.366	4.108	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838	16.266
4	0.099	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.357	5.385	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860	18.465
5	0.2	0.412	0.554	0.833	1.145	1.61	2.675	4.351	6.626	9.236	11.07	12.832	15.086	16.75	20.51
6	0.381	0.675	0.872	1.237	1.635	2.204	3.455	5.343	7.841	10.645	12.592	14.449	16.812	18.543	22.45
7	0.599	0.989	1.239	1.69	2.167	2.833	4.255	6.345	9.037	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278	24.32
8	0.857	1.344	1.647	2.18	2.733	3.44	5.071	7.344	10.219	13.362	15.507	17.535	20.09	21.955	26.12
9	1.152	1.735	2.083	2.7	3.325	4.168	5.899	8.343	11.389	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589	27.87
10	1.479	2.156	2.553	3.247	3.94	4.865	6.737	9.342	12.549	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188	29.58
11	1.833	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	7.584	10.341	13.701	17.275	19.675	21.92	24.725	26.757	31.26
12	2.214	3.074	3.571	4.404	5.225	6.304	8.438	11.34	14.845	18.549	21.025	23.337	26.217	28	32.90
13	2.617	3.565	4.107	5.002	5.892	7.041	9.299	12.34	15.984	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819	34.52
14	3.041	4.075	4.66	5.629	6.571	7.79	10.165	13.339	17.117	21.064	23.665	26.119	29.141	31.319	36.12
15	3.483	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	11.037	14.339	18.245	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801	37.69
16	3.942	5.142	5.812	6.903	7.962	9.312	11.912	15.333	19.369	23.542	26.296	28.845	32	34.247	39.25
17	4.416	5.697	6.403	7.564	8.672	10.085	12.792	16.335	20.459	24.769	27.587	30.191	33.409	35.713	40.79
18	4.905	6.265	7.015	8.237	9.39	10.865	13.675	17.338	21.605	25.989	28.869	31.525	34.805	37.155	42.31
19	5.407	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	14.562	18.338	22.718	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582	43.81
20	5.921	7.434	8.26	9.591	10.851	12.443	15.452	19.337	23.828	28.412	31.4	34.17	37.566	39.997	45.31
21	6.447	8.034	8.897	10.283	11.597	13.24	16.344	20.337	24.935	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401	46.79
22	6.983	8.643	9.542	10.982	12.333	14.041	17.24	21.337	26.039	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796	48.26
23	7.529	9.26	10.196	11.689	13.091	14.843	18.137	22.337	27.141	32.007	35.172	38.076	41.633	44.181	49.72
24	8.085	9.885	10.855	12.401	13.843	15.659	19.037	23.337	28.241	33.195	36.415	39.364	42.93	45.588	51.17
25	8.649	10.52	11.524	13.12	14.611	16.473	19.939	24.337	29.339	34.382	37.652	40.646	44.311	46.938	52.61
26	9.222	11.16	12.198	13.844	15.379	17.292	20.843	25.336	30.435	35.563	38.885	41.923	45.642	48.29	54.05
27	9.803	11.803	12.873	14.573	16.15	18.114	21.749	26.336	31.528	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645	55.47
28	10.391	12.441	13.565	15.303	16.923	18.937	22.657	27.336	32.62	37.915	41.337	44.461	48.273	50.994	56.89
29	10.985	13.12	14.255	16.047	17.703	19.763	23.567	28.336	33.711	39.087	42.557	45.722	49.583	52.335	58.30
30	11.583	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	24.473	29.336	34.8	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672	59.70
31	12.195	14.453	15.655	17.539	19.281	21.434	25.39	30.336	35.887	41.422	44.985	48.232	52.191	55.002	61.09
32	12.81	15.134	16.362	18.291	20.072	22.271	26.304	31.336	36.973	42.585	46.194	49.43	53.486	56.328	62.48
33	13.431	15.815	17.073	19.047	20.867	23.1	27.219	32.336	38.058	43.745	47.4	50.725	54.775	57.643	63.86
34	14.057	16.501	17.789	19.805	21.664	23.952	28.136	33.336	39.141	44.903	48.602	51.965	56.061	58.964	65.24
35	14.683	17.192	18.509	20.569	22.465	24.797	29.054	34.336	40.223	46.059	49.802	53.203	57.342	60.275	66.61
36	15.324	17.887	19.233	21.335	23.269	25.643	29.973	35.336	41.304	47.212	50.998	54.437	58.619	61.581	67.98
37	15.965	18.585	19.96	22.105	24.075	26.492	30.893	36.336	42.383	48.363	52.192	55.668	59.893	62.883	69.34
38	16.611	19.287	20.691	22.873	24.884	27.343	31.815	37.336	43.462	49.513	53.384	56.895	61.162	64.181	70.70
39	17.261	19.995	21.425	23.654	25.695	28.195	32.737	38.336	44.539	50.66	54.572	58.12	62.423	65.475	72.05
40	17.917	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	33.65	39.336	45.615	51.805	55.758	59.342	63.691	66.765	73.40

41	18575	21421	22906	25215	27326	29907	34585	40335	46692	52949	56942	60561	6495	68053	7474
42	19233	22133	2365	25999	28144	30765	3551	41335	47766	5409	58124	61777	66206	69336	7608
43	19905	2286	24398	26785	28965	31625	36436	42335	4884	5523	59304	6299	67459	70615	7741
44	20576	23584	25143	27575	29787	32487	37363	43335	49913	56369	60481	64201	6871	71892	7874
45	21251	24311	25901	28366	30612	3335	38291	44335	50985	57505	61655	654	69957	73165	8007
46	21922	25041	26657	2916	31439	34215	3922	45335	52056	58641	6283	66615	7120	74437	814
47	2261	25775	27415	29956	32263	35081	40149	46335	53127	59774	64001	67821	72443	75704	827
48	23294	26511	28177	30734	33093	35949	41079	47335	54195	60907	65171	69023	73683	76969	8403
49	23983	27249	28941	31555	3393	36813	4201	48335	55265	62033	66339	70222	74919	78231	853
50	24674	27991	29707	32357	34764	37689	42942	49335	56334	63167	67505	7142	76154	7949	866
51	25368	28735	30475	33162	356	3855	43874	50335	57401	64295	68669	72615	77385	80746	8796
52	26065	29481	31245	33963	36437	39433	44807	51335	58468	65422	69832	7381	78615	82001	8927
53	26765	3023	32019	34775	37275	40303	45741	52335	59534	66548	70993	75002	79843	83253	9057
54	27467	30981	32793	35586	38116	41183	46676	53335	606	67673	72153	76192	81069	84502	9187
55	28173	31735	33571	36393	38958	4206	4761	54335	61665	68796	73311	7738	82292	85749	9316
56	28881	32491	34335	37212	39801	42937	48546	55335	62729	69919	74468	78567	83514	86994	9446
57	29592	33243	35131	38027	40646	43815	49482	56335	63793	7104	75624	79752	84733	88237	957
58	30305	34003	35914	38844	41492	44696	50419	57335	64857	7216	76773	80936	8595	89477	9703
59	31021	3477	36693	39662	42339	45577	51355	58335	65919	73279	7793	82117	87165	90715	9832
60	31738	35534	37485	40482	43183	46459	52294	59335	66981	74397	79082	83293	88379	91952	9960
61	32458	363	38273	41303	44038	47342	53232	60335	68043	75514	80232	84475	89591	93185	10088
62	33181	37063	39063	42125	44889	48226	54171	61335	69104	7663	81381	85654	90802	94419	10216
63	33905	37833	39855	4295	45741	49111	5511	62335	70165	77475	82259	8683	9201	95649	10344
64	34632	386	40649	43775	46595	49996	5606	63335	71225	7886	83675	88004	93217	96873	10471
65	35362	39383	41444	44603	4745	50883	5699	64335	72285	79973	84821	89177	94422	98105	10598
66	36092	40153	4224	45431	48305	5177	57931	65335	73344	81085	85965	90349	95625	9933	10725
67	36826	40935	43033	46261	49162	52639	58872	66335	74403	82197	87103	91519	96823	100554	10852
68	37561	41714	43833	47092	5002	53545	59814	67335	75461	83303	8825	92688	98023	101775	10979
69	38298	42493	44639	47924	50879	54433	60756	68335	76519	84413	89391	93856	99227	102996	11105
70	39036	43275	45442	48733	51739	55329	61693	69334	77577	85527	90531	95023	100425	104215	11231
71	39775	44058	46246	49592	526	56221	62641	70334	78634	86635	9167	96189	101621	105432	11357
72	4052	44843	47051	50423	53462	57113	63585	71334	7969	87743	92808	97353	102816	106647	11483
73	41263	45629	47853	51265	54325	58006	64523	72334	80747	8885	93945	98515	10401	107862	11609
74	42009	46417	48666	52103	55189	589	65472	73334	81803	89956	95081	99673	105202	109074	11734
75	42757	47206	49475	52942	56054	59795	66417	74334	82858	91061	96217	100839	106393	110285	11859
76	43507	47995	50286	53782	5692	6066	67362	75334	83913	92166	97351	101999	107582	111495	1198
77	44257	48783	51097	54623	57785	61585	68307	76334	84963	9327	98484	103153	108771	112704	12110
78	45011	49581	5191	55466	58634	62483	69252	77334	86022	94374	99617	104316	109953	113911	12234
79	45764	50376	52725	56309	59522	6333	70193	78334	87077	95476	100749	105473	111144	115116	12359
80	4652	51172	5354	57153	60391	64273	71145	79334	8813	96573	101879	106629	112329	116321	12483
81	47275	51969	54357	57993	61262	65175	72091	80334	89184	9763	10301	107783	113152	117524	12608
82	48036	52767	55174	58845	62132	66075	73033	81334	90237	9873	104139	108937	114695	118725	12732
83	48795	53567	55993	59692	63004	66975	73985	82334	91289	9983	105267	11009	115875	119927	12856
84	49558	54368	56813	6054	63876	67875	74933	83334	92342	10093	106395	111242	117057	121126	12980
85	5032	5511	57634	61389	64749	68777	75881	84334	93394	102079	107522	112393	118235	122324	13104
86	51084	55973	58456	62239	65623	69679	76829	85334	94446	103177	108648	113544	119414	123522	13227
87	51845	56777	59279	63089	66498	70581	77777	86334	95497	104275	109773	114693	120591	124713	13351
88	52611	57582	60103	63941	67373	71484	78725	87334	96548	105372	110893	115841	121767	125912	13474
89	53385	58389	60923	64793	68249	72387	79675	88334	97599	106469	112022	116989	122942	127105	13597
90	54155	59195	61754	65647	69125	73291	80625	89334	9865	107565	113145	118135	124115	128299	13720
91	54925	60005	62581	66501	70003	74195	81574	90334	997	108661	114268	119282	125289	129449	13843
92	55698	60815	63409	67355	70882	751	82524	91334	10075	109756	11539	120427	126462	130681	13966
93	56471	61625	64233	68211	7174	76006	83474	92334	1013	11085	116511	121571	127633	131871	14089
94	57246	62437	65063	69068	7264	76912	84425	93334	10285	111944	117632	122715	128803	133059	14211
95	58022	6325	65893	69925	7352	77815	85376	94334	103899	113033	118752	123858	129973	134247	14334
96	588	64063	6673	70783	74401	78225	86327	95334	104948	114131	119871	123	13114	135433	14456
97	59577	64873	67562	71642	75282	79633	87273	96334	105997	115223	12099	126141	132309	136619	14573
98	60356	65693	68396	72501	76164	80541	88229	97334	107045	116315	122103	127282	133476	137803	14700
99	61136	6651	6923	73361	77046	81449	89181	98334	108093	117407	123225	128422	134641	138937	1482
100	61913	67323	70065	74222	77929	82333	90133	99334	109141	118493	124342	129561	135807	140117	14944
500	407946	422303	429387	439936	449147	459926	478333	499334	52095	54093	553127	563851	576493	585206	60344

ANEXO 4.10

Áreas de la distribución normal entre 0 y Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.00000	0.00399	0.00798	0.01197	0.01595	0.01994	0.02392	0.02790	0.03188	0.03586
0.1	0.03983	0.0438	0.04776	0.05172	0.05567	0.05962	0.0636	0.06749	0.07142	0.07535
0.2	0.07926	0.08317	0.08706	0.09095	0.09483	0.09871	0.10257	0.10642	0.11026	0.11409
0.3	0.11791	0.12172	0.12552	0.1293	0.13307	0.13683	0.14058	0.14431	0.14803	0.15173
0.4	0.15542	0.1591	0.16276	0.1664	0.17003	0.17364	0.17724	0.18082	0.18439	0.18793
0.5	0.19146	0.19497	0.19847	0.20194	0.2054	0.20884	0.21226	0.21566	0.21904	0.22240
0.6	0.22575	0.22907	0.23237	0.23565	0.23891	0.24215	0.24537	0.24857	0.25175	0.25490
0.7	0.25804	0.26115	0.26424	0.2673	0.27035	0.27337	0.27637	0.27935	0.28230	0.28524
0.8	0.28814	0.29103	0.29389	0.29673	0.29955	0.30234	0.30511	0.30785	0.31057	0.31327
0.9	0.31594	0.31859	0.32121	0.32381	0.32639	0.32894	0.33147	0.33398	0.33646	0.33891
1.0	0.34134	0.34375	0.34614	0.34849	0.35083	0.35314	0.35543	0.35769	0.35993	0.36214
1.1	0.36433	0.3665	0.36864	0.37076	0.37286	0.37493	0.37698	0.37900	0.38100	0.38298
1.2	0.38493	0.38686	0.38877	0.39065	0.39251	0.39435	0.39617	0.39796	0.39973	0.40147
1.3	0.4032	0.4049	0.40658	0.40824	0.40988	0.41149	0.41308	0.41466	0.41621	0.41774
1.4	0.41924	0.42073	0.4222	0.42364	0.42507	0.42647	0.42785	0.42922	0.43056	0.43189
1.5	0.43319	0.43448	0.43574	0.43699	0.43822	0.43943	0.44062	0.44179	0.44295	0.44408
1.6	0.4452	0.4463	0.44738	0.44845	0.4495	0.45053	0.45154	0.45254	0.45352	0.45449
1.7	0.45543	0.45637	0.45728	0.45818	0.45907	0.45994	0.4608	0.46164	0.46246	0.46327
1.8	0.46407	0.46485	0.46562	0.46638	0.46712	0.46784	0.46856	0.46926	0.46995	0.47062
1.9	0.47128	0.47193	0.47257	0.4732	0.47381	0.47441	0.475	0.47558	0.47615	0.47670
2.0	0.47725	0.47778	0.47831	0.47882	0.47932	0.47982	0.4803	0.48077	0.48124	0.48169
2.1	0.48214	0.48257	0.483	0.48341	0.48382	0.48422	0.48461	0.48500	0.48537	0.48574
2.2	0.4861	0.48645	0.48679	0.48713	0.48745	0.48778	0.48809	0.48840	0.48870	0.48899
2.3	0.48928	0.48956	0.48983	0.4901	0.49036	0.49061	0.49086	0.49111	0.49134	0.49158
2.4	0.4918	0.49202	0.49224	0.49245	0.49266	0.49286	0.49305	0.49324	0.49343	0.49361
2.5	0.49379	0.49396	0.49413	0.4943	0.49446	0.49461	0.49477	0.49492	0.49506	0.49520
2.6	0.49534	0.49547	0.4956	0.49573	0.49585	0.49598	0.49609	0.49621	0.49632	0.49643
2.7	0.49653	0.49664	0.49674	0.49683	0.49693	0.49702	0.49711	0.49720	0.49728	0.49736
2.8	0.49744	0.49752	0.4976	0.49767	0.49774	0.49781	0.49788	0.49795	0.49801	0.49807
2.9	0.49813	0.49819	0.49825	0.49831	0.49836	0.49841	0.49846	0.49851	0.49856	0.49861
3.0	0.49865	0.49869	0.49874	0.49878	0.49882	0.49886	0.49889	0.49893	0.49896	0.49900
3.1	0.49903	0.49906	0.4991	0.49913	0.49916	0.49918	0.49921	0.49924	0.49926	0.49929
3.2	0.49931	0.4993	0.49936	0.49938	0.4994	0.49942	0.49944	0.49946	0.49948	0.49950
3.3	0.49952	0.49953	0.49955	0.49957	0.49958	0.49959	0.49961	0.49962	0.49964	0.49965
3.4	0.49966	0.49968	0.49969	0.4997	0.49971	0.49972	0.49973	0.49974	0.49975	0.49976
3.5	0.49977	0.49978	0.49978	0.49979	0.4998	0.49981	0.49981	0.49982	0.49983	0.49983
3.6	0.49984	0.49985	0.49985	0.49986	0.49986	0.49987	0.49987	0.49988	0.49988	0.49989
3.7	0.49989	0.4999	0.4999	0.4999	0.49991	0.49991	0.49992	0.49992	0.49992	0.49992
3.8	0.49993	0.49993	0.49993	0.49994	0.49994	0.49994	0.49994	0.49995	0.49995	0.49995
3.9	0.49995	0.49995	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49996	0.49997	0.49997

ANEXO 4.11

Distribución normal acumulada

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.83493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90980	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96276	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99769	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99941	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997

ANEXO V

CÓDIGOS EN MATLAB

ANEXO 5.1

Código en Matlab del Método racional deductivo

```
function varargout = Completacion_de_datos_MRD(varargin)
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
kkk=size(pt);
P=pt(:,2:kkk(2));
A=pt(:,1);
Az=isnan(P);
n1=size(P);
for i=1:n1(1) %Filas
    for j=1:n1(2) %Columnas
        if Az(i,j)==1
            A(i)=i;
            MI(i,j)=j;
        end
    end
end
end
AI1=unique(AI);
nb=length(AI1);
n=AI1(2:nb);
MI=zeros(length(MI(:,1)),12);
MI(:,1:length(MI(1,:)))=MI;
for kl=1:length(n)
    MI(kl,1:12)=MI(n(kl),:);
    NM(kl)=length(unique(MI(n(kl),:)))-1;
end
xx=size(MI);
MI=reshape(MI',1,xx(1)*xx(2));
[elemento, repitencia]=find(MI==0);
MI(repitencia)=[];
N=[0 NM];
for i=1:length(n)
    for j=1+sum(N(1:i)):sum(NM(1:i))
        P(n(i),MI(j))=0;
    end
end
end
```

```

PS=sum(P,2);
PP=mean(P,2);
Porc=zeros();
for i=1:12
    for j=1:length(A)
        Porc(j,i)=P(j,i)*100/PP(j);
    end
end
for i=1:length(n)
    Porc(n(i),:)=0;
end
SP=sum(Porc)/(length(A)-length(n));
for i=1:length(n)
    for j=1+sum(N(1:i)):sum(NM(1:i))
        Porc(n(i),MI(j))=SP(MI(j));
    end
end
PS1=sum(Porc,2);
for i=1:length(n)
    for j=1+sum(N(1:i)):sum(NM(1:i))
        P(n(i),MI(j))=(PS(n(i))/(1200-PS1(n(i))))*SP(MI(j));
    end
end
end
%Exportación de datos
bbb=[A P];
set(handles.tabla1,'Data',bbb)
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.im,'String','')
size_table=cell(100,13);
set(handles.tabla1,'Data',size_table)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end

```

```

set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc,nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=13;
size_table=cell(fil,col);
size_table(:,col)={' '};
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)

```

ANEXO 5.2

Código en Matlab del Método USNWS

```

function varargout = Completacion_de_datos_USNWS(varargin)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Pp
ed1=str2double(get(handles.edit5, 'String'));
ed2=str2double(get(handles.edit6, 'String'));
ed3=str2double(get(handles.edit7, 'String'));
ed4=str2double(get(handles.edit8, 'String'));
valor=get(handles.popupmenu1, 'Value');
switch valor
    case 1
        D=[ed1 ed2];
    case 2
        D=[ed1 ed2 ed3];
    case 3
        D=[ed1 ed2 ed3 ed4];
end
n=length(Pp(:,1));
W=1./D.^2;
PP=zeros(n,1);
for i=1:n
    PP(i,1)=dot(Pp(i,:),W)/sum(W);
end
lp=zeros(n,2);
lp(:,2)=PP;
set(handles.tabla2, 'Data', lp)

```

```

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.edit5, 'String', '')
set(handles.edit6, 'String', '')
set(handles.edit7, 'String', '')
set(handles.edit8, 'String', '')
set(handles.im, 'String', '')
size_table=cell(12,4);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
size_table1=cell(12,2);
set(handles.tabla2, 'Data', size_table1)

```

```

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

```

```

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Pp
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
Pp=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(Pp);
fil=nm(1);
col=4;
size_table=cell(fil, col);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', Pp)

```

```

function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
valor1=get(handles.popupmenu1, 'Value');

```

```

switch valor1
    case 1
        set(handles.edit7, 'String', '')
        set(handles.edit8, 'String', '')
        set(handles.edit7, 'Enable', 'off')
        set(handles.edit8, 'Enable', 'off')
        set(handles.edit5, 'Enable', 'on')

```

```

        set(handles.edit6, 'Enable', 'on')
        set(handles.text7, 'String', '')
        set(handles.text8, 'String', '')
    case 2
        set(handles.edit8, 'Enable', 'off')
        set(handles.edit8, 'String', '')
        set(handles.edit5, 'Enable', 'on')
        set(handles.edit6, 'Enable', 'on')
        set(handles.edit7, 'Enable', 'on')
        set(handles.text7, 'String', 'EA 3')
        set(handles.text8, 'String', '')
    case 3
        set(handles.edit8, 'Enable', 'on')
        set(handles.edit5, 'Enable', 'on')
        set(handles.edit6, 'Enable', 'on')
        set(handles.edit7, 'Enable', 'on')
        set(handles.text7, 'String', 'EA 3')
        set(handles.text8, 'String', 'EA 4')
end

```

ANEXO 5.3

Código en Matlab de los métodos paramétricos

```

function varargout = Analisis_de_consistencia_Parametricas(varargin)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
PT=pt(:,2);
n1a=str2double(get(handles.edit1, 'String'));
n11a=str2double(get(handles.edit2, 'String'));
n2b=str2double(get(handles.edit3, 'String'));
n21b=str2double(get(handles.edit4, 'String'));
popup_sel_index = get(handles.popupmenu1, 'Value');
switch popup_sel_index
    case 1
        N1=[n1a n11a];
        N2=[n2b n21b];

```

```

n1=abs(N1(2)-N1(1)+1);
n2=abs(N2(2)-N2(1)+1);
X1=mean(PT(1:n1)); %Media
X2=mean(PT(n1+1:n2+n1));
S1=std(PT(1:n1)); %Desviación estandard
S2=std(PT(n1+1:n2+n1));
td=abs(X1-X2)/((n1*S1^2+n2*S2^2)/(n1+n2-2)*(1/n1+1/n2))^0.5;
v=n1+n2-2; %Grados de libertad
%Tabla de datos de distrubicion T de Student
DC1=[12.706 4.303 3.182 2.776 2.571 2.447 2.365 2.306 2.262
2.228 2.201];
DC2=[2.179 2.160 2.145 2.131 2.120 2.110 2.101 2.093 2.086
2.080 2.074];
DC3=[2.069 2.064 2.060 2.056 2.052 2.048 2.045 2.042 2.021
2.000 1.980];
DC=[DC1 DC2 DC3];
g1=[1:30,40,60,120];
%Interpolando
Tc=interp1(g1,DC,v,'spline');
set(handles.text21,'String',X1)
set(handles.text22,'String',X2)
set(handles.text23,'String',S1^2)
set(handles.text24,'String',S2^2)
set(handles.text25,'String',td)
set(handles.text26,'String',Tc)

if td<Tc
set(handles.text6,'String',{'Elregistro es homogéneo; td<Tc'})
else
set(handles.text6,'String',{'Elregistroesnohomogéneo; td>Tc'})
end
%Gráfica
axes(handles.axes2)
plot(pt(:,1),pt(:,2),'m',pt(:,1),pt(:,2),'.b')
xlabel('Años')
ylabel('Datos')
title('T de STUDENT')
grid on

```


case 2

```
n=length(PT);
N=[pt(1,1) pt(n,1)];
N1=[n1a n11a];
n1=abs(N1(1)-N(1)+1);
nn=abs(N1(2)-N1(1)+1);
X=mean(PT); %Media
Xk=mean(PT(n1:n1+nn-1));
S=std(PT); %Desviación estandard
kk=abs(X-Xk)/S;
tk=(nn*(n-2)/(n-nn*(1+kk^2)))^0.5*kk;
v=n-2; %Grados de libertad

%Tabla de datos de distrubicion T de Student
DC1=[12.706 4.303 3.182 2.776 2.571 2.447 2.365 2.306 2.262
2.228 2.201];
DC2=[2.179 2.160 2.145 2.131 2.120 2.110 2.101 2.093 2.086
2.080 2.074];
DC3=[2.069 2.064 2.060 2.056 2.052 2.048 2.045 2.042 2.021
2.000 1.980];
DC=[DC1 DC2 DC3];
gl=[1:30,40,60,120];

%Interpolando
Tc=interp1(gl,DC,v,'spline');
set(handles.text21,'String',X)
set(handles.text22,'String',Xk)
set(handles.text23,'String',S^2)
set(handles.text24,'String',kk)
set(handles.text25,'String',tk)
set(handles.text26,'String',Tc)

if tk<Tc
set(handles.text6,'String',{'El registroes homogéneo;tk<Tc'})
else
set(handles.text6,'String',{'El registroesnohomogéneo;tk>Tc'})
end

%Gráfica
axes(handles.axes2)
plot(pt(:,1),pt(:,2),'m',pt(:,1),pt(:,2),'.b')
```

```

        xlabel('Años')
        ylabel('Datos')
        title('CRAMER')
        grid on
end

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end

set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=2;
size_table=cell(fil, col);
size_table(:, col)={' '};
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)

function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
popup_sel_index1 = get(handles.popupmenu1, 'Value');
switch popup_sel_index1
    case 2
        set(handles.text15, 'String', {'Media del registro total'})
        set(handles.text16, 'String', {'Media del subperiodo'})
        set(handles.text17, 'String', {'Varianza del registro total'})
        set(handles.text18, 'String', {'El valor de  $(X_k - \bar{X})/S$ '})
        set(handles.text19, 'String', {'Estadístico de Cramer (tk)'})
        set(handles.text20, 'String', {'Distribución de la T de Student
obtenido de tabla (Tc)'});
        set(handles.text3, 'String', '')
        set(handles.text5, 'String', '')
        set(handles.text2, 'String', {'Ingrese rango de años a analizar
con el total'})
        set(handles.edit3, 'Enable', 'off')
        set(handles.edit4, 'Enable', 'off')

```

```

set(handles.edit3,'String','')
set(handles.edit4,'String','')
set(handles.text21,'String','')
set(handles.text22,'String','')
set(handles.text23,'String','')
set(handles.text24,'String','')
set(handles.text25,'String','')
set(handles.text26,'String','')
set(handles.text6,'String','')
case 1
set(handles.text15,'String',{'Media del primer rango'})
set(handles.text16,'String',{'Media del segundo rango'})
set(handles.text17,'String',{'Varianza del primer rango'})

set(handles.text18,'String',{'Varianza del segundo rango'})
set(handles.text19,'String',{'EstadísticodelaTdeStudent
(td)'})
set(handles.text20,'String',{'Distribución de la T de Student
obtenido de tabla (Tc)'})
set(handles.text3,'String',{'Ingrese segundo rango de años a
análizar'})
set(handles.text5,'String','-')
set(handles.text2,'String',{'Ingrese primer rango de años a
análizar'})
set(handles.edit3,'Enable','on')
set(handles.edit4,'Enable','on')
set(handles.text21,'String','')
set(handles.text22,'String','')
set(handles.text23,'String','')
set(handles.text24,'String','')
set(handles.text25,'String','')
set(handles.text26,'String','')
set(handles.text6,'String','')
end

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla(handles.axes2)
set(handles.text21,'String','')
set(handles.text22,'String','')
set(handles.text23,'String','')

```

```

set(handles.text24,'String','')
set(handles.text25,'String','')
set(handles.text26,'String','')
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.edit2,'String','')
set(handles.edit3,'String','')
set(handles.edit4,'String','')
set(handles.im,'String','')
set(handles.text6,'String','')
title('')
size_table=cell(50,2);
set(handles.tabla1,'Data',size_table)

```

ANEXO 5.4

Código en Matlab de los métodos no paramétricos

```
function varargout =Analisis_de_consistencia_No_Parametricas(varargin)
```

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)
```

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
global pt
```

```
PT=pt(:,2);
```

```
popup_sel_index = get(handles.popupmenu1, 'Value');
```

```
switch popup_sel_index
```

```
case 1
```

```
    n=length(PT);
```

```
    Prom=mean(PT); %Promedio de toda la serie de datos
```

```
    H=zeros(n,1);
```

```
    for i=1:n
```

```
        H(i,1)=(PT(i)-Prom)/abs(PT(i)-Prom);
```

```
    end
```

```
    S=zeros(n,1);
```

```
    C=zeros(n,1);
```

```
    for i=2:n
```

```
        if H(i)/H(i-1)==1
```

```
            S(i)=abs(H(i));
```

```

elseif H(i)/H(i-1)==-1
    C(i)=abs(H(i));
end
end
Cambios=sum(C);
Secuencia=sum(S);
SC=Secuencia-Cambios;
Rango=sqrt(n-1);

if SC>=-Rango && SC<=Rango
    set(handles.text6,'String',{'El registro es homogéneo
(Secuencias - Cambios) está dentro al rango.' })
else
    set(handles.text6,'String',{'El registro es no homogéneo,
(Secuencias - Cambios) no está dentro al rango.' })
end
set(handles.text21,'String',Prom)
set(handles.text22,'String',Cambios)
set(handles.text23,'String',Secuencia)
set(handles.text24,'String',SC)
set(handles.text25,'String',-Rango)
set(handles.text28,'String',Rango)

%Gráfica
axes(handles.axes2)
plot(pt(:,1),pt(:,2),'m',pt(:,1),pt(:,2),'.b')
xlabel('Años')
ylabel('Datos')
title('HELMERT')
grid on

case 2
n=length(PT(:,1));
Prom=mean(PT); %Promedio de toda la serie de datos
H=zeros(n,1);
for i=1:n
    H(i,1)=(PT(i)-Prom)/abs(PT(i)-Prom);
end
A=zeros(n,1);

```

```

for i=2:n
    if H(i)~=H(i-1)
        A(i)=abs(H(i));
    end
end
U=sum(A)+1;
%Datos para interpolar
m=[12:2:40,50:10:80,100]';
u1=[5 5 6 7 8 9 9 10 11 12 13 14 15 16 16 22 26 31 35 45]';
u2=[8 10 11 12 13 14 16 17 18 19 20 21 22 23 25 30 36 41 47
57]';
%Rango de U
R1=interp1(m,u1,n,'linear');
R2=interp1(m,u2,n,'linear');

%Resultados
if U<=R2 && U>=R1
    set(handles.text6,'String',{'El registro es homogéneo, "U" está
dentro del rango' })
else
    set(handles.text6,'String',{'El registro es no homogéneo, "U"
no está dentro del rango' })
end
end
set(handles.text21,'String',Prom)
set(handles.text23,'String',U)
set(handles.text25,'String',R1)
set(handles.text28,'String',R2)

%Gráfica
axes(handles.axes2)
plot(pt(:,1),pt(:,2),'m',pt(:,1),pt(:,2),'.b')
xlabel('Años')
ylabel('Datos')
title('SECUENCIAS')
grid on
end

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');

```

```

if nombre==0
    return
end
set(handles.im,'String',direc)
pt=xlsread(fullfile(direc,nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=2;
size_table=cell(fil,col);
size_table(:,col)={' '};

set(handles.tabla1,'Data',size_table)
set(handles.tabla1,'Data',pt)

function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
popup_sel_index1 = get(handles.popupmenu1, 'Value');
switch popup_sel_index1
    case 2
        set(handles.text15,'String',{'Media'})
        set(handles.text16,'String',{' '})
        set(handles.text17,'String',{'Número de secuencias (U)'})
        set(handles.text18,'String',{' '})
        set(handles.text19,'String',{'Rango aceptable'})
        set(handles.text21,'String','')
        set(handles.text22,'String','')
        set(handles.text23,'String','')
        set(handles.text24,'String','')
        set(handles.text25,'String','')
        set(handles.text28,'String','')
        set(handles.text22,'BackgroundColor',[0.94, 0.94, 0.94])
        set(handles.text24,'BackgroundColor',[0.94, 0.94, 0.94])
        set(handles.text6,'String','')

    case 1
        set(handles.text21,'String','')
        set(handles.text22,'String','')
        set(handles.text23,'String','')
        set(handles.text24,'String','')
        set(handles.text25,'String','')
        set(handles.text28,'String','')

```

```

set(handles.text15,'String',{'Media'})
set(handles.text16,'String',{'Número de cambios'})
set(handles.text17,'String',{'Número de secuencias'})
set(handles.text18,'String',{'Secuencias - Cambios'})
set(handles.text19,'String',{'Rango aceptable'})
set(handles.text22,'BackgroundColor',[1 1 1])
set(handles.text24,'BackgroundColor',[1 1 1])
set(handles.text6,'String','')
end

```

```

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla(handles.axes2)
set(handles.text21,'String','')
set(handles.text22,'String','')
set(handles.text23,'String','')
set(handles.text24,'String','')
set(handles.text25,'String','')
set(handles.im,'String','')
set(handles.text6,'String','')
set(handles.text28,'String','')
title('')
size_table=cell(50,2);
set(handles.tabla1,'Data',size_table)

```

ANEXO 5.5

Código de los Promedios móviles

```

function varargout = Promedios_moviles(varargin)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
cla
PT=pt(:,2);
n=length(PT);
N=str2double(get(handles.edit1,'String'));
A=[pt(1,1) pt(n,1)];
Prom=mean(PT); %Promedio de toda la serie de datos
P5=zeros(n,1);

```



```

for i=1:n-N
    P5(i+N)=mean(PT(i:i+N-1));
end
PP=P5(N+1:n)-Prom;
%Gráficas
PProm=zeros(n,1);
for i=1:n
    PProm(i)=Prom;
end
axes(handles.axes1)
valor1=get(handles.checkbox1,'Value');
valor2=get(handles.checkbox2,'Value');
valor3=get(handles.checkbox3,'Value');
valor4=get(handles.checkbox4,'Value');
valor5=get(handles.checkbox5,'Value');

if valor1==1
    plot(A(1):A(2),PT,'blue')
end
hold on
if valor2==1
    plot(A(1):A(2),PProm,'m')
end
hold on
if valor3==1
    plot(A(1)+N:A(2),P5(N+1:n),'red')
end
hold on
if valor4==1
    grid on
else
    grid off
end
if valor5==1
    plot(A(1):A(2),PT,'oblack')
end
xlabel('Años del registro')
ylabel('Lluvia anual (mm)')
title('PROMEDIO MÓVIL')

```

```

%Exportación de resultados
PP1=1:n;PP1(1:N)=0;PP1(N+1:n)=PP;
ww=(A(1):A(2))';
hh=[ww PT P5 PP1'];
set(handles.tabla1,'Data',hh)
set(handles.text5,'String',Prom)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im,'String',direc)
pt=xlsread(fullfile(direc,nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=4;
size_table=cell(fil,col);
size_table(:,col)={' '};
set(handles.tabla1,'Data',size_table)
set(handles.tabla1,'Data',pt)

function checkbox4_Callback(hObject, eventdata, handles)
valor4=get(handles.checkbox4,'Value');
if valor4==1
    grid on
else
    grid off
end

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.im,'String','')
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.text5,'String','')
cla(handles.axes1)
size_table=cell(50,4);

```

```

set(handles.tabla1,'Data',size_table)
xlabel('')
ylabel('')
title('')

```

ANEXO 5.6

Código de la prueba F de Fisher

```

function varargout = Prueba_de_Fisher(varargin)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
PT=pt(:,2);
n1a=str2double(get(handles.edit1,'String'));
n11a=str2double(get(handles.edit2,'String'));
n2b=str2double(get(handles.edit3,'String'));
n21b=str2double(get(handles.edit4,'String'));
N1=[n1a n11a];
N2=[n2b n21b];
n1=abs(N1(2)-N1(1)+1);
n2=abs(N2(2)-N2(1)+1);
X1=mean(PT(1:n1)); %Media
X2=mean(PT(n1+1:n2+n1));
S1=std(PT(1:n1)); %Desviación estandard
S2=std(PT(n1+1:n2+n1));
%F calculado
if S1^2>S2^2
    Fc=S1^2/S2^2;
elseif S2^2>S1^2
    Fc=S2^2/S1^2;
end
vn=n1-1; %Grados de libertad numerado
vd=n2-1; %Grados de libertad denominador

%Tabla de datos de distrubicion T de Student
gln=xlsread('tabla_fisher.xlsx','Hojal','B2:O2');

```

```

gld=xlsread('tabla_fisher.xlsx','Hoja1','A3:A51');
f=xlsread('tabla_fisher.xlsx','Hoja1','B3:O51');

%Interpolando
Ft=interp2(gln,gld,f,vn,vd,'spline');
set(handles.text21,'String',X1)
set(handles.text22,'String',X2)
set(handles.text23,'String',S1^2)
set(handles.text24,'String',S2^2)
set(handles.text25,'String',Fc)
set(handles.text26,'String',Ft)

if Fc<=Ft
    set(handles.text6,'String',{'Existe consistencia en la variancia;
Fc<=Ft' })
else
    set(handles.text6,'String',{'No existe consistencia en la
variancia; Fc>Ft' })
end
%Gráfica
axes(handles.axes2)
plot(pt(:,1),pt(:,2),'m',pt(:,1),pt(:,2),'.b')
xlabel('Años')
ylabel('Datos')
title('F de FISHER')
grid on

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'},'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im,'String',direc)
pt=xlsread(fullfile(direc,nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=2;

```

```

size_table=cell(fil,col);
size_table(:,col)={' '};
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla(handles.axes2)
set(handles.text21, 'String', '')
set(handles.text22, 'String', '')
set(handles.text23, 'String', '')
set(handles.text24, 'String', '')
set(handles.text25, 'String', '')
set(handles.text26, 'String', '')
set(handles.edit1, 'String', '')
set(handles.edit2, 'String', '')
set(handles.edit3, 'String', '')
set(handles.edit4, 'String', '')
set(handles.im, 'String', '')
set(handles.text6, 'String', '')
size_table=cell(50,2);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)

```

ANEXO 5.7

Código de corrección (análisis de saltos)

```

function varargout = correccion_analisis_de_saltos(varargin)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc,nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=3;
size_table=cell(fil,col);

```

```

set(handles.tabla1,'Data',size_table)
set(handles.tabla1,'Data',pt)
axes(handles.axes1)
plot(pt(:,1),pt(:,2),'blue')
ylabel('Datos')
xlabel('años')
title('CORRECCIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SALTOS')
legend('Datos observados')

function radiobutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global val
val=get(handles.radiobutton4,'Value');
if val==1
    grid on
else
    grid off
end

function radiobutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla
legend('')

function uipanel6_SelectionChangeFcn(hObject, eventdata, handles)
global pt val
n1a=str2double(get(handles.edit5,'String'));
n11a=str2double(get(handles.edit6,'String'));
PT=pt(:,2);
N1=[n1a n11a];
n1=abs(N1(2)-N1(1)+1);
n2=length(PT)-n1;
X1=mean(PT(1:n1)); %Media
X2=mean(PT(n1+1:n2+n1));
S1=std(PT(1:n1)); %Desviación estandard
S2=std(PT(n1+1:n2+n1));
if hObject==handles.radiobutton1
    cla
    PT1=PT(1:n1);
    Xt1=(PT1-X1)./S1*S2+X2;
    Xt11=zeros(length(PT),3);

```

```

Xtt1(:,1:2)=pt;
Xtt1(1:n1,3)=Xt1;
set(handles.tabla1,'Data',Xtt1)
axes(handles.axes1)
plot(pt(:,1),pt(:,2),'blue',pt(1:n1,1),Xt1,'red')
xlabel('Años')
ylabel('Datos')
title('CORRECCIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SALTOS')
legend('Datos observados','Primer periodo corregido')
if val==1
    grid on
else
    grid off
end
elseif hObject==handles.radiobutton2
    cla
    Xt2=(PT(n1+1:n1+n2)-X2)./S2.*S1+X1;
    Xtt2=zeros(length(PT),3);
    Xtt2(:,1:2)=pt;
    Xtt2(n1+1:n1+n2,3)=Xt2;
    set(handles.tabla1,'Data',Xtt2)
    plot(pt(:,1),pt(:,2),'blue',pt(1+n1:n1+n2,1),Xt2,'black')
    xlabel('Años')
    ylabel('Datos')
    title('CORRECCIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SALTOS')
    legend('Datos observados','Segundo periodo corregido')
    if val==1
        grid on
    else
        grid off
    end
elseif hObject==handles.radiobutton3
    cla
    Xt1=(PT(1:n1)-X1)./S1*S2+X2;
    Xt2=(PT(n1+1:n1+n2)-X2)./S2*S1+X1;
    Xtt1=[Xt1; Xt2];
    Xtt=[pt Xtt1];
    set(handles.tabla1,'Data',Xtt)
    plot(pt(:,1),pt(:,2),'blue',pt(:,1),Xtt1,'m')
    xlabel('Años')

```

```

ylabel('Datos')
title('CORRECCIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SALTOS')
legend('Datos observados','Curva corregida')
if val==1
    grid on
else
    grid off
end
end
end

```

ANEXO 5.8

Código de Persistencia

```

function varargout = Analisis_de_persistencia(varargin)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=13;
size_table=cell(fil, col);
size_table(:, col)={' '};
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global valor
valor = get(handles.popupmenu1, 'Value');
Resultados_Analisis_de_persistencia
close(gcf)

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

```



```

function varargout = Resultados_Analisis_de_persistencia(varargin)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global P25 P50 P75 P95 Prom pt
P=pt(:,2:13);
n=length(P(:,1));
Pers=zeros(n,1);
PP=sort(P);
Pp=zeros(n,12);
for i=1:n
    for j=1:12
        Pers(i,1)=i*100/(n+1);
        Pp(i,j)=PP(n+1-i,j);
    end
end
end
%Interpolación
P25=interp2(1:12,Pers,Pp,1:12,25,'linear');
P50=interp2(1:12,Pers,Pp,1:12,50,'linear');
P75=interp2(1:12,Pers,Pp,1:12,75,'linear');
P95=interp2(1:12,Pers,Pp,1:12,95,'linear');
Prom=mean(P);
%Condiciones de no negatividad
for i=1:12
    if P25(i)<0
        P25(i)=0;
    elseif P50(i)<0
        P50(i)=0;
    elseif P75(i)<0
        P75(i)=0;
    elseif P95(i)<0
        P95(i)=0;
    end
end
end
%Exportando Datos
set(handles.tabla2,'Data',[Prom; P25; P50; P75; P95])
set(handles.tabla3,'Data',[Pers Pp])

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global P25 P50 P75 P95 Prom valor

```

```

switch valor
case 1
    figure
    qw25=interp1(1:12,P25,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw25,'blue')
    hold on
    qw50=interp1(1:12,P50,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw50,'m')
    qw75=interp1(1:12,P75,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw75,'g')
    qw95=interp1(1:12,P95,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw95,'r')
    qwp=interp1(1:12,Prom,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qwp,'black')
    grid on
    legend('25% Persistencia','50% Persistencia','75%
Persistencia','95% Persistencia','Precipitación promedio')
    xlabel('Meses')
    ylabel('Precipitación (mm)')
    title('ANÁLISIS DE PERSISTENCIA')
case 2
    figure
    qw25=interp1(1:12,P25,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw25,'blue')
    hold on
    qw50=interp1(1:12,P50,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw50,'m')
    qw75=interp1(1:12,P75,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw75,'g')
    qw95=interp1(1:12,P95,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qw95,'r')
    qwp=interp1(1:12,Prom,1:0.1:12,'cubic');
    plot(1:0.1:12,qwp,'black')
    grid on
    legend('25% Persistencia','50% Persistencia','75%
Persistencia','95% Persistencia','Caudal promedio')
    xlabel('Meses')
    ylabel('Caudal (m3/seg)')
    title('ANÁLISIS DE PERSISTENCIA')
end

```

```
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
close (gcbf)
```

```
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
Analisis_de_persistencia
close (gcbf)
```

ANEXO 5.9

Código del análisis IDT – Modelo de Bell y Yance Tueros

```
function varargout = Analisis_de_tormentas(varargin)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global xx yy yy1 yy2
III=str2double(get(handles.tabla1, 'Data'));
I=III(:,2);
D=[5 10 15 20 30 60];
T1=III(:,1);
n=length(T1);
m=length(D);
Pp=zeros(n,m);
I1=zeros(n,m);
Pers=1./T1;%Persistencia
for i=1:n
    if T1(i)==10
        P24=I(i);
        break;
    end
end
P60=0.4602*P24^0.9721; %Precipitación máxima en 60 minutos (mm/hr)
for i=1:n
    for j=1:m %Intensidad (mm/hora)
        I1(i,j)=((0.21*log(T1(i))+0.52)*(0.54*(D(j))^0.25-
0.5)*P60)*60/D(j);
    end
end
PP=sort(I1); %Ordenado de forma ascendente
```

```

for i=1:n
    for j=1:m
        Pp(i,j)=PP(n+1-i,j); %Precipitación
    end
end
end
%Regresión lineal multiple
% De:  $I = (k \cdot T^f) / (D^g)$ , linealizando:
%  $\log I = \log k + f \cdot \log T - g \cdot \log D$ 
% Equivalente a:  $y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2$ 
X1=zeros(n,m);
X2=zeros(n,m);
Y=log(Pp);
for i=1:m
    for j=1:n
        X1(j,i)=log(T1(j));
        X2(j,i)=log(D(i));
    end
end
end

x1=reshape(X1,n*m,1);
x2=reshape(X2,n*m,1);
y=reshape(Y,n*m,1);
X=[ones(size(x1)) x1 x2];
c=X\y;
k=exp(c(1));
f=c(2);
g=-c(3);
%Gráficas
xx=5:120;
yy=k*10^f./xx.^g;
yy1=k*50^f./xx.^g;
yy2=k*100^f./xx.^g;

%Exportación de resultados
set(handles.tabla2,'Data',[Pers Pp])
set(handles.text3,'String',k)
set(handles.text2,'String',f)
set(handles.text4,'String',g)

```

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text2, 'String', '')
set(handles.text3, 'String', '')
set(handles.text4, 'String', '')
cel=cell(8,2);
cel(:,:)={' '};
set(handles.tabla1, 'Data', cel)
cell=cell(8,7);
set(handles.tabla2, 'Data', cell)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global xx yy yy1 yy2
figure
plot(xx,yy, 'm')
hold on
plot(xx,yy1, 'red')
plot(xx,yy2, 'blue')
xlabel('Duración (min)')
ylabel('Intensidad (mm/hr)')
grid on
legend('Periodo de Retorno 10', 'Periodo de Retorno 50', 'Periodo de
Retorno 100')

function axes2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
a=imread('IDT.jpg');
imshow(a)
axis off

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

```

ANEXO 5.10

Código del análisis IDT – Regresión lineal múltiple

```
function varargout = Analisis_de_tormentas_datos(varargin)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Ppp
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
Ppp=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(Ppp);
fil=nm(1);
col=nm(2);
size_table=cell(fil, col);
size_table(:, col)={' '};
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', Ppp)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)
Analisis_de_tormentas_duracion

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.im, 'String', '')
size_table=cell(50, 7);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)

function varargout = Analisis_de_tormentas_duracion(varargin)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Ppp xx yy yy1 yy2
xo=size(Ppp);
I=Ppp(2:xo(1), 2:xo(2));
```

```

D=Ppp(1,2:xo(2));
n=length(I(:,1));
m=length(D);
Pers=zeros(n,1);
T=zeros(n,1);
I1=zeros(n,m);
Pp=zeros(n,m);
for i=1:m
    for j=1:n %Precipitación por la duración
        I1(j,i)=I(j,i)*60/D(i); % Por hora
    end
end
PP=sort(I1); %Ordenado de forma ascendente
for i=1:n
    Pers(i,1)=i/(n+1); %Frecuencia
    T(i,1)=(n+1)/i; %Periodo
end

for i=1:n
    for j=1:m
        Pp(i,j)=PP(n+1-i,j); %Precipitación
    end
end

%Regresión lineal multiple
% De:  $I = (k \cdot T^f) / (D^g)$ , linealizando:
%  $\log I = \log k + f \cdot \log T - g \cdot \log D$ 
% Equivalente a:  $y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2$ 
X1=zeros(n,m);
X2=zeros(n,m);
Y=log(Pp);

for i=1:m
    for j=1:n
        X1(j,i)=log(T(j));
        X2(j,i)=log(D(i));
    end
end
x1=reshape(X1,n*m,1);
x2=reshape(X2,n*m,1);
y=reshape(Y,n*m,1);

```

```

X=[ones(size(x1)) x1 x2];
c=X\y;
k=exp(c(1));
f=c(2);
g=-c(3);
%Gráficas
xx=5:120;
yy=k*10^f./xx.^g;
yy1=k*50^f./xx.^g;
yy2=k*100^f./xx.^g;

%Exportación de resultados
xxyy1=zeros(xo(1),xo(2));
xxyy1(1,2:xo(2))=D;
xxyy1(2:xo(1),2:xo(2))=Pp;
xxyy1(2:xo(1),1)=Pers;
set(handles.tabla2,'Data',xxyy1)
set(handles.text3,'String',k)
set(handles.text2,'String',f)
set(handles.text4,'String',g)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
Análisis_de_tormentas_datos
close(gcf)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global xx yy yy1 yy2
figure
plot(xx,yy,'m')
hold on
plot(xx,yy1,'red')
plot(xx,yy2,'blue')
xlabel('Duración (min)')
ylabel('Intensidad (mm/hr)')
grid on
legend('Periodo de Retorno 10','Periodo de Retorno 50','Periodo de
Retorno 100')

```



```

function axes2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
a=imread('IDT.jpg');
imshow(a)
axis off

function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

```

ANEXO 5.11

Código de la Precipitación máxima probable

```

function varargout = Precipitacion_maxima_probable(varargin)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=2;
size_table=cell(fil, col);
size_table(:, col)={' '};

set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
Area=str2double(get(handles.edit1, 'String'));
IF=str2double(get(handles.edit2, 'String'));
xx=size(pt);
I=pt(:, 2:xx(2));
[Imax, m]=max(I);
n=length(I);
Xn=mean(I); %Promedio del total de la muestra

```

```

Xnm=mean(I(m+1:n));%Promedio parcial de la muestra
Sn=std(I); %Desviación estandar del total de la muestra
Snm=std(I(m+1:n)); %Desviación estandar parcial de la muestra
Xnm_Xn=Xnm/Xn;
if Xnm_Xn>1
    Xnm_Xn=1;
end
Snm_Sn=Snm/Sn;
if Snm_Sn>1
    Snm_Sn=1;
end
%Determinación de Km para 24 horas
M1=xlsread('PMP.xlsx','Km','H5:I293');
Km=interp1(M1(:,1),M1(:,2),Xn,'linear');
%Ajuste de la lluvia media anual (en porcentaje)
M2=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Xn','I9:M9');
M3=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Xn','H10:H40');
M4=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Xn','I10:M40');
F1Xn=interp2(M2,M3,M4,n,Xnm_Xn,'linear');
%Ajuste de la desviación típica (en porcentaje)
M5=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Sn','D9:G9');
M6=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Sn','C10:C50');
M7=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Sn','D10:G50');
F1Sn=interp2(M5,M6,M7,n,Snm_Sn,'linear');
%Ajuste a la media y desviación típica (en porcentaje)
M8=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Xn_Sn','B4:C147');
M9=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_Xn_Sn','D4:E232');
F2Xn=interp1(M8(:,1),M8(:,2),n,'linear');

F2Sn=interp1(M9(:,1),M9(:,2),n,'linear');
%Corrección total de la media y desviación típica
XN=Xn*F1Xn*F2Xn/10000; %Media corregida
SN=Sn*F1Sn*F2Sn/10000; %Desviación corregida
%Precipitación máxima probable en 24 horas
PMP1=XN+SN*Km;
%Factor de ajuste por intervalo fijo y único de observación (en
porcentaje)
N1=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_IFU','B4:B152');
N2=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_IFU','C4:C152');
FAI=interp1(N1,N2,IF,'linear');

```

```

%Corrección de la PMP por intervalo fijo y único de observación
PMP2=PMP1*FAI/100;
%Factor de corrección de la PMP por tamaño de cuenca (en porcentaje)
M10=xlsread('PMP.xlsx','Ajuste_área','J5:K230');
FC=interp1(M10(:,1),M10(:,2),Area,'linear');
%Precipitación máxima probable para 24 horas corregida
PMP24=PMP2*FC/100;

```

```

%Ploteo de Resultados

```

```

set(handles.text8,'String',PMP24)
set(handles.text9,'String',XN)
set(handles.text10,'String',SN)
set(handles.text11,'String',Km)
set(handles.text12,'String',F1Xn)
set(handles.text13,'String',F1Sn)
set(handles.text21,'String',F2Xn)
set(handles.text22,'String',F2Sn)
set(handles.text23,'String',FAI)
set(handles.text24,'String',FC)

```

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

set(handles.text8,'String','')
set(handles.text9,'String','')
set(handles.text10,'String','')
set(handles.text11,'String','')
set(handles.text12,'String','')
set(handles.text13,'String','')
set(handles.text21,'String','')
set(handles.text22,'String','')
set(handles.text23,'String','')
set(handles.text24,'String','')
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.edit2,'String','')
set(handles.im,'String','')
size_table=cell(50,2);
set(handles.tabla1,'Data',size_table)

```

```

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

close(gcf)

```

ANEXO 5.12

Código de la distribución de frecuencias

```
function varargout = Distribuciones(varargin)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global P
cla
cel=cell(8,3);
set(handles.tabla2, 'Data', cel)
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
Pn=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(Pn);
P=zeros(nm(1), 2);
P(:, 2)=sort(Pn);
for i=1:nm(1)
    P(i, 1)=i/(nm(1)+1);
End

fil=nm(1);
col=2;
size_table=cell(fil, col);
size_table(:, col)={' '};
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', P)

function radiobutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
val=get(handles.radiobutton8, 'Value');
if val==1
    grid on
else
    grid off
end

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global media medial des desl Kk Xo Uy sy alfa beta yt
```

```

valor1=get(handles.radiobutton1,'Value');
valor2=get(handles.radiobutton2,'Value');
valor3=get(handles.radiobutton3,'Value');
valor4=get(handles.radiobutton4,'Value');
valor5=get(handles.radiobutton5,'Value');
valor6=get(handles.radiobutton6,'Value');
valor7=get(handles.radiobutton7,'Value');

if valor1==1
    T=str2double(get(handles.edit2,'String'));
    y1=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),T,'linear');
    Qp1=media+y1*des;
    set(handles.edit1,'String',Qp1)
elseif valor2==1
    T=str2double(get(handles.edit2,'String'));
    y1=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),T,'linear');
    Qp1=exp(media1+y1*des1);
    set(handles.edit1,'String',Qp1)
elseif valor3==1
    T=str2double(get(handles.edit2,'String'));
    K1=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),T,'linear');
    Y1=Uy+K1*sqrt(sy);
    Qp1=Xo+exp(Y1);
    set(handles.edit1,'String',Qp1)
elseif valor4==1
    T=str2double(get(handles.edit2,'String'));
    Y1=-log(-log(1-1/T));
    Qp1=Y1*alfa+beta;
    set(handles.edit1,'String',Qp1)
elseif valor5==1
    T=str2double(get(handles.edit2,'String'));
    Y1=-log(-log(1-1/T));
    Qp1=exp(Y1*alfa+beta);
    set(handles.edit1,'String',Qp1)
elseif valor6==1
    T=str2double(get(handles.edit2,'String'));
    Y1=gammaincinv((1-1/T),yt);
    Qp1=Y1*beta+Xo;
    set(handles.edit1,'String',Qp1)
elseif valor7==1
    T=str2double(get(handles.edit2,'String'));

```

```

        Y1=gammaincinv((1-1/T),yt);
        Qp1=exp(Y1*beta+Xo);
        set(handles.edit1,'String',Qp1)
end

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
global media media1 des des1 Kk Xo Uy sy alfa beta yt
valor1=get(handles.radiobutton1,'Value');
valor2=get(handles.radiobutton2,'Value');
valor3=get(handles.radiobutton3,'Value');
valor4=get(handles.radiobutton4,'Value');
valor5=get(handles.radiobutton5,'Value');
valor6=get(handles.radiobutton6,'Value');
valor7=get(handles.radiobutton7,'Value');
Qp2=str2double(get(handles.edit1,'String'));
if valor1==1
    y1=(Qp2-media)/des;
    T=interp1(Kk(:,2),Kk(:,1),y1,'linear');
    set(handles.edit2,'String',T)
elseif valor2==1
    y1=((log(Qp2)-media1)/des1);
    T=interp1(Kk(:,2),Kk(:,1),y1,'linear');
    set(handles.edit2,'String',T)
elseif valor3==1
    K1=(log(Qp2-Xo)-Uy)/sqrt(sy);
    T=interp1(Kk(:,2),Kk(:,1),K1,'linear');
    set(handles.edit2,'String',T)
elseif valor4==1
    Y1=(Qp2-beta)/alfa;
    T1=exp(-exp(-Y1));
    T=1/(1-T1);
    set(handles.edit2,'String',T)
elseif valor5==1
    Y1=(log(Qp2)-beta)/alfa;
    T1=exp(-exp(-Y1));
    T=1/(1-T1);
    set(handles.edit2,'String',T)

elseif valor6==1
    x=0:0.001:0.999;

```

```

        y=gammaincinv(x,yt);
        Qp=y.*beta+Xo;
        T1=interp1(Qp,x,Qp2,'linear');
        T=1/(1-T1);
        set(handles.edit2,'String',T)
elseif valor7==1
    x=0:0.001:0.999;
    y=gammaincinv(x,yt);
    Qp=exp(y.*beta+Xo);
    T1=interp1(Qp,x,Qp2,'linear');
    T=1/(1-T1);
    set(handles.edit2,'String',T)
end

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global media media1 des des1 Kk Xo Uy sy alfa beta yt
valor1=get(handles.radiobutton1,'Value');
valor2=get(handles.radiobutton2,'Value');
valor3=get(handles.radiobutton3,'Value');
valor4=get(handles.radiobutton4,'Value');
valor5=get(handles.radiobutton5,'Value');
valor6=get(handles.radiobutton6,'Value');
valor7=get(handles.radiobutton7,'Value');
Qp2=str2double(get(handles.edit1,'String'));

if valor1==1
    y1=(Qp2-media)/des;
    T=interp1(Kk(:,2),Kk(:,1),y1,'linear');
    set(handles.edit3,'String',1-1/T)
elseif valor2==1
    y1=((log(Qp2)-media1)/des1);
    T=interp1(Kk(:,2),Kk(:,1),y1,'linear');
    set(handles.edit3,'String',1-1/T)

elseif valor3==1
    K1=(log(Qp2-Xo)-Uy)/sqrt(sy);
    T=interp1(Kk(:,2),Kk(:,1),K1,'linear');
    set(handles.edit3,'String',1-1/T)
elseif valor4==1
    Y1=(Qp2-beta)/alfa;

```

```

T1=exp(-exp(-Y1));
T=1/(1-T1);
set(handles.edit3,'String',1-1/T)
elseif valor5==1
Y1=(log(Qp2)-beta)/alfa;
T1=exp(-exp(-Y1));
T=1/(1-T1);
set(handles.edit3,'String',1-1/T)
elseif valor6==1
x=0:0.001:0.999;
y=gammaincinv(x, yt);
Qp=y.*beta+Xo;
T1=interp1(Qp,x,Qp2,'linear');
T=1/(1-T1);
set(handles.edit3,'String',1-1/T)
elseif valor7==1
x=0:0.001:0.999;
y=gammaincinv(x, yt);
Qp=exp(y.*beta+Xo);
T1=interp1(Qp,x,Qp2,'linear');
T=1/(1-T1);
set(handles.edit3,'String',1-1/T)
end

function uipanel1_SelectionChangeFcn(hObject, eventdata, handles)
global P media media1 des des1 Xo Uy sy alfa beta Kk yt
sesgo=xlsread('Kdata.xlsx','Hojal','C3:K33');
Tper=xlsread('Kdata.xlsx','Hojal','C2:K2');
Kdat=xlsread('Kdata.xlsx','Hojal','B3:B33');
valor =get(handles radiobutton8,'Value');
media=mean(P(:,2));
des=std(P(:,2));
media1=mean(log(P(:,2)));
des1=std(log(P(:,2)));
PR=[100 75 50 25 20 10 5 2]';
Kk=[1000 500 100 50 20 10 5 2 1.25 1.11 1.05 1.02 1.01 1; 3.0902
2.8782 2.3264 2.0538 1.6449 1.2816 0.8416 0 -0.8416 -1.2816 -1.6449 -
2.0538 -2.3264 -3.0902]';

```



```

if hObject==handles.radiobutton1
    cla
    K=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),PR,'linear');
    Fre=1-PR.^-1;
    Q=media+K.*des;
    tabla=[Fre PR Q];
    set(handles.tabla2,'Data',tabla)
    axes=handles.axes1;
    %Gráfica
    x=min(P(:,1)):0.01:max(Fre);
    y=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),(1-x).^-1,'linear');
    Qp=media+y.*des;
    plot(P(:,1),sort(P(:,2)),'red',x,Qp,'blue')
    xlabel('Weibull')
    ylabel('Datos y Predicción')
    title('DISTRIBUCIÓN NORMAL')
    legend('Frecuencia observada','Frecuencia teórica');

if valor==1
    grid on
else
    grid off
end

elseif hObject==handles.radiobutton2
    cla
    K=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),PR,'linear');
    Fre=1-PR.^-1;
    Q=exp(media1+K.*des1);
    tabla=[Fre PR Q];
    set(handles.tabla2,'Data',tabla)
    axes=handles.axes1;
    %Gráfica
    x=min(P(:,1)):0.01:max(Fre);
    y=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),(1-x).^-1,'linear');
    Qp=exp(media1+y.*des1);
    plot(P(:,1),sort(P(:,2)),'red',x,Qp,'blue')
    legend('Frecuencia observada','Frecuencia teórica');
    xlabel('Weibull')
    ylabel('Datos y Predicción')

```

```

title('DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2P')
if valor==1
    grid on
else
    grid off
end
elseif hObject==handles.radiobutton3
    cla
    suma1=(P(:,2)-media).^3;
    suma=sum(suma1);
    sesgo=length(P(:,1))*suma/((length(P(:,1))-1)*(length(P(:,1))-
2)* (des^3));
    sy=(sesgo-0.52)/4.85;
    Uy=(log(des^2/(exp(sy)-1))-sy)/2;
    Xo=media-exp(Uy+0.5*sy);
    K=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),PR,'linear');
    Y=Uy+K.*sqrt(sy);
    Q=Xo+exp(Y);
    Fre=1-PR.^-1;
    tabla=[Fre PR Q];
    set(handles.tabla2,'Data',tabla)
    axes=handles.axes1;
    %Gráfica
    x=min(P(:,1)):0.01:max(Fre);

    y=interp1(Kk(:,1),Kk(:,2),(1-x).^-1,'linear');
    Yy=Uy+y.*sqrt(sy);
    Qp=Xo+exp(Yy);
    plot(P(:,1),sort(P(:,2)),'red',x,Qp,'blue')
    legend('Frecuencia observada','Frecuencia teórica');
    xlabel('Weibull')
    ylabel('Datos y Predicción')
    title('DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3P')
    if valor==1
        grid on
    else
        grid off
    end
end

```

```

elseif hObject==handles.radiobutton4
    cla
    Fre=1-PR.^-1;
    Y=-log(-log(Fre));
    alfa=des/1.283;
    beta=media-0.45*des;
    Q=Y.*alfa+beta;
    tabla=[Fre PR Q];
    set(handles.tabla2,'Data',tabla)
    axes=handles.axes1;
    %Gráfica
    x=min(P(:,1)):0.01:max(Fre);
    y=-log(-log(x));
    Qp=y.*alfa+beta;
    plot(P(:,1),sort(P(:,2)),'red',x,Qp,'blue')
    legend('Frecuencia observada','Frecuencia teórica');
    xlabel('Weibull')
    ylabel('Datos y Predicción')
    title('DISTRIBUCIÓN GUMBEL')
    if valor==1
        grid on
    else
        grid off
    end

elseif hObject==handles.radiobutton5
    cla
    Fre=1-PR.^-1;
    Y=-log(-log(Fre));
    alfa=des1/1.283;
    beta=media1-0.45*des1;
    Q=exp(Y.*alfa+beta);
    tabla=[Fre PR Q];
    set(handles.tabla2,'Data',tabla)
    axes=handles.axes1;
    %Gráfica
    x=min(P(:,1)):0.01:max(Fre);
    y=-log(-log(x));
    Qp=exp(y.*alfa+beta);
    plot(P(:,1),sort(P(:,2)),'red',x,Qp,'blue')

```

```

legend('Frecuencia observada','Frecuencia teórica');
xlabel('Weibull')
ylabel('Datos y Predicción')
title('DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL')
if valor==1
    grid on
else
    grid off
end

elseif hObject==handles.radiobutton6
    cla
    suma1=(P(:,2)-media).^3;
    suma=sum(suma1);
    sesgo=length(P(:,1))*suma/((length(P(:,1))-1)*(length(P(:,1))-
2)*(des^3));
    Fre=1-PR.^-1;
    yt=(2/sesgo)^2;
    beta=des/(sqrt(yt));
    Xo=media-beta*yt;
    Y=gammaincinv(Fre,yt);
    Q=Y.*beta+Xo;
    tabla=[Fre PR Q];
    set(handles.tabla2,'Data',tabla)
    axes=handles.axes1;

%Gráfica
x=min(P(:,1)):0.01:max(Fre);
y=gammaincinv(x,yt);
Qp=y.*beta+Xo;
plot(P(:,1),sort(P(:,2)),'red',x,Qp,'blue')
legend('Frecuencia observada','Frecuencia teórica');
xlabel('Weibull')
ylabel('Datos y Predicción')
title('DISTRIBUCIÓN PEARSON III')
if valor==1
    grid on
else
    grid off
end

```

```

elseif hObject==handles.radiobutton7
    cla
    suma1=(log(P(:,2))-medial).^3;
    suma=sum(suma1);
    sesgo=length(P(:,1))*suma/((length(P(:,1))-1)*(length(P(:,1))-
    2)*(des^3));
    Fre=1-PR.^-1;
    yt=(2/sesgo)^2;
    beta=des1/(sqrt(yt));
    Xo=medial-beta*yt;
    Y=gammaincinv(Fre,yt);
    Q=exp(Y.*beta+Xo);
    tabla=[Fre PR Q];
    set(handles.tabla2,'Data',tabla)
    axes=handles.axes1;
    %Gráfica
    x=min(P(:,1)):0.01:max(Fre);
    y=gammaincinv(x,yt);
    Qp=exp(y.*beta+Xo);
    plot(P(:,1),sort(P(:,2)),'red',x,Qp,'blue')
    legend('Frecuencia observada','Frecuencia teórica');
    xlabel('Weibull')
    ylabel('Datos y Predicción')
    title('DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON III')

    if valor==1
        grid on
    else
        grid off
    end
end

end

```

ANEXO 5.13

Código de la Prueba de ajuste – Chi cuadrado

```
function varargout = Chi_cuadrado2(varargin)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt n
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=2;
n=length(pt);
Inter=[1:n]';
size_table=cell(fil, col);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', [Inter pt])

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt n
alfa=str2double(get(handles.edit2, 'String')); %Nivel de significación
Np=str2double(get(handles.edit1, 'String')); %Número de parámetros

%Número de intervalos de clase
NI=round(1+1.33*log(n));
%Amplitud de cada intervalo
Amp=round((max(pt)-min(pt))/(NI-1));
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%Tabla de Frecuencia observada
%Intervalos de clase
Li(1,1)=min(pt)-Amp/2;
Ls(1,1)=Li(1,1)+Amp;
for i=2:NI
    Li(i,1)=Li(i-1,1)+Amp;
    Ls(i,1)=Ls(i-1,1)+Amp;
end
```

```

%Marcas de clases
Xi=(Li+Ls)/2;
%Frecuencia observada
for j=1:n
    for ji=1:NI
        if pt(j)>=Li(ji) && pt(j)<Ls(ji)
            su(j,ji)=1;
        end
    end
end
Fo=sum(su)';
Fobs=[Li Ls Fo];
set(handles.tabla2,'Data',Fobs)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
gl=NI-1-Np;
Gl=xlsread('tabla_fisher.xlsx','Hoja2','A3:A103');
alf=xlsread('tabla_fisher.xlsx','Hoja2','B2:P2');
Xt=xlsread('tabla_fisher.xlsx','Hoja2','B3:P103');
X2t=interp2(alf,Gl,Xt,alfa,gl,'spline');
set(handles.text9,'String',gl)
set(handles.text11,'String',X2t)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Tabla de Frecuencia esperada
Lc=unique([Li;Ls]); %Limite de clase
Prom=sum(Xi.*Fo)/n; %Media de datos agrupados
Des=sqrt(sum((Xi-Prom).^2.*Fo)/(n-1)); %Desviación estandar de datos
agrupados
Z=(Lc-Prom)/Des;
alf1=xlsread('Chi2_Kolmogorov.xlsx','Chi2','B2:K2');
z1=xlsread('Chi2_Kolmogorov.xlsx','Chi2','A3:A42');
Ar=xlsread('Chi2_Kolmogorov.xlsx','Chi2','B3:K42');
Abc=interp2(alf1,z1,Ar,alfa,abs(Z),'linear'); %Área bajo la curva
normal
%Colocación del signo
As=Abc;
leng=length(As);
for nm=1:length(As);
    if Z(nm)<0
        As(nm)=-Abc(nm);
    end
end
end

```

```

Frel=abs(As(1:leng-1)-As(2:leng)); %Frecuencia relativa
Fesp=floor(Frel*n); %Redondeo hacia cero
%%Convirtiendo valores igual a cero a uno
for kj=1:length(Fesp)
    if Fesp(kj)<=0 && sum(Fesp)<n
        Fesp(kj)=1;
    end
end
%Redondeando valores
deci=Frel*n-Fesp;
while 1
    if sum(Fesp)<n
        [I,J]=max(deci);
        Fesp(J)=1+Fesp(J);
        deci(J)=0;
    else
        break;
    end
end

Fes=[[0;Li] [0;Ls] Lc Z Abc [0;Frel] [0;Fesp]];
set(handles.tabla3,'Data',Fes)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Chi cuadrado calculado
X2=(Fo-Fesp).^2./Fesp;
set(handles.text10,'String',sum(X2))

if X2<=X2t
    set(handles.text2,'String',{'Los datos siguen la distribución
probada; X2c<=X2t' })
else
    set(handles.text2,'String',{'Los datos no siguen la distribución
probada; X2c>X2t' })
end

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.im,'String','')
set(handles.text9,'String','')
set(handles.text10,'String','')
set(handles.text11,'String','')

```



```

set(handles.text2,'String','')
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.edit2,'String','')
size_table=cell(100,2);
set(handles.tabla1,'Data',size_table)
size_table1=cell(10,3);
set(handles.tabla2,'Data',size_table1)
size_table2=cell(10,7);
set(handles.tabla3,'Data',size_table1)

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

```

ANEXO 5.14

Código de la prueba de normalidad de Anderson Darling

```

function varargout = Anderson_Darling(varargin)

function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)

global pt n
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'Abrir');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im,'String',direc)
pt=xlsread(fullfile(direc,nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=2;
n=length(pt);
Inter=[1:n]';
size_table=cell(fil,col);
set(handles.uitable1,'Data',size_table)
set(handles.uitable1,'Data',[Inter pt])

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt n
alfa=str2double(get(handles.edit1,'String')); %Nivel de significación
V2=str2double(get(handles.edit3,'String')); %Valor crítico
med=mean(pt);
des=std(pt);
I=2*(1:n) '-1;
Yi=sort(pt);
Yn=fliplr(Yi)';
Zi=(Yi-med)/des;
Zn=(Yn-med)/des;
alf=xlsread('Chi2_Kolmogorov.xlsx','Kolmogorov','B2:K2');
z1=xlsread('Chi2_Kolmogorov.xlsx','Kolmogorov','A3:A42');
Ar=xlsread('Chi2_Kolmogorov.xlsx','Kolmogorov','B3:K42');

```

```

FYi=zeros(n,1);
FYn=zeros(n,1);
for i=1:n
    if Zi(i)<0
        FYi(i,1)=1-interp2(alf,z1,Ar,alfa,abs(Zi(i)),'linear');
    elseif Zi(i)>=0
        FYi(i,1)=interp2(alf,z1,Ar,alfa,abs(Zi(i)),'linear');
    end
end
for i=1:n
    if Zn(i)<0
        FYn(i,1)=1-interp2(alf,z1,Ar,alfa,abs(Zn(i)),'linear');
    elseif Zn(i)>=0
        FYn(i,1)=interp2(alf,z1,Ar,alfa,abs(Zn(i)),'linear');
    end
end
LNi=log(FYi);
LNN=log(1-FYn);
Si=I.*(LNi+LNN)/n;
S=sum(Si);
A2=-n-S;
set(handles.uitable2,'Data',[I Yi Yn Zi Zn FYi FYn LNi LNN Si])
set(handles.text7,'String',med)
set(handles.text8,'String',des)
set(handles.text9,'String',A2)

if A2<=V2
    set(handles.text3,'String',{'El estadístico de Anderson calculado
es menor que el valor crítico, por lo tanto: Los datos observados
tienen naturaleza de distribución normal.'})
else
    set(handles.text3,'String',{'El estadístico de Anderson calculado
es mayor que el valor crítico, por lo tanto: Los datos observados no
tienen naturaleza de distribución normal.'})
end

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

set(handles.im,'String','')
set(handles.text7,'String','')
set(handles.text8,'String','')
set(handles.text9,'String','')
set(handles.text3,'String','')
size_table=cell(100,2);
set(handles.uitable1,'Data',size_table)
size_table1=cell(100,10);
set(handles.uitable2,'Data',size_table1)

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

```

ANEXO 5.15

Código del método racional

```
function varargout = PE_Metodo_Racional(varargin)
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
C=str2double(get(handles.edit1,'String'));
I=str2double(get(handles.edit2,'String'));
A=str2double(get(handles.edit3,'String'));
Q=C*I*A/360;
set(handles.text7,'String',Q)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text7,'String','')
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.edit2,'String','')
set(handles.edit3,'String','')
function uipushtool1_ClickedCallback(hObject, eventdata, handles)
Coef_esc_tabla1
Coef_esc_tabla2
```

ANEXO 5.16

Código del Método NRSC

```
function varargout = PE_Metodo_SCS(varargin)
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
P=str2double(get(handles.edit1,'String'));
CN=str2double(get(handles.edit2,'String'));
%Retención máxima potencial (mm)
S=25400/CN-254;
set(handles.text8,'String',S)
%Esgurrimiento medio (mm)
Q=(P-0.2*S)^2/(P+0.8*S);
set(handles.text6,'String',Q)

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text6,'String','')
set(handles.text8,'String','')
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.edit2,'String','')

function uipushtool1_ClickedCallback(hObject, eventdata, handles)
Curva_Numero_tabla
```

ANEXO 5.17

Código del Hidrograma unitario

```
function varargout = H_unitario(varargin)

function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
Ti=pt(:,1);
Qt=pt(:,2);
Qb=pt(:,3);
D=str2double(get(handles.edit3,'String'));
A=str2double(get(handles.edit4,'String'));
L=str2double(get(handles.edit5,'String'));

%Caudal directo m3/s
Qd=Qt-Qb;
%Volumen de escorrentia directa m3
Tt=min(Ti):D/10:max(Ti);
Qdi=interp1(Ti,Qd,Tt,'linear');
VE=trapz(Tt,Qdi)*3600;

%Altura de lluvia efectiva mm
he=VE/(A*10^3);
%Caudal unitario m3/s
Qu=Qd*L/he;
%Exportación
tabla=[pt Qu];
set(handles.tabla1,'Data',tabla)
%Gráfica
valor1=get(handles.radiobutton1,'Value');
valor2=get(handles.radiobutton2,'Value');
valor3=get(handles.radiobutton4,'Value');
if valor1==1
    hold off
    plot(Ti,Qt,'Blue',Ti,Qb,'red')
    xlabel('Tiempo (Horas)')
    ylabel('Caudal total (m3/s)')
    title('HIDROGRAMA OBSERVADO')
    legend('Hidrograma observado','Separación del caudal base')
```

```

elseif valor2==1
    hold off
    plot(Ti,Qu,'m')
    xlabel('Tiempo (Horas)')
    ylabel('Caudal unitario (m3/s)')
    title('HIDROGRAMA UNITARIO')
end
if valor2==1 && valor3==1
    bar(Ti,Qu)
    colormap(cool)
    hold on
    plot(Ti,Qu,'m')
    xlabel('Tiempo (Horas)')
    ylabel('Caudal total (m3/s)')
    title('HIDROGRAMA UNITARIO')
end
end
%Grilla
val=get(handles.radiobutton3,'Value');
if val==1
    grid on
else
    grid off
end
function pushbutton11_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla
set(handles.edit3,'String','')
set(handles.im,'String','')
set(handles.edit4,'String','')
set(handles.edit5,'String','')
cel=cell(100,4);
set(handles.tabla1,'data',cel)
xlabel('')
ylabel('')
title('')
legend('')

```

```

function pushbutton12_Callback(hObject, eventdata, handles)
close (gcbf)

function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'Abrir tabla de excel');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=4;
size_table=cell(fil, col);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)

function radiobutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
val1=get(handles.radiobutton3, 'Value');
if val1==1
    grid on
else
    grid off
end

```

ANEXO 5.18

Código de la curva S

```

function varargout = Curva_S(varargin)
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
D=str2double(get(handles.edit1, 'String'));
dD=str2double(get(handles.edit2, 'String'));
Qu=pt(:, 2);
Qr=zeros(2*length(Qu)-1, length(Qu));
for i=1:length(Qu)
    Qr(i:length(Qu)-1+i, i)=Qu;
End

```

```

suma=sum(Qr(1:length(Qu),:),2);

%Curva S desfasado Grafica
valor1=get(handles.radiobutton1,'Value');
valor2=get(handles.radiobutton2,'Value');
valor3=get(handles.radiobutton3,'Value');

%Hidrograma unitario resultante
Tiempo=pt(:,1)+D;
Tp=(0:max(pt(:,1)))';
Qq=interp1(pt(:,1),suma,Tp,'linear');
yp=(0:max(Tiempo))'; %Tiempo por cada hora
Qu1(1:length(yp),1)=max(suma);
Qu1(1:length(Qq))=Qq; %Curva S sin desplazar
Qu2=zeros(length(yp),1);
Qu2(D+1:max(yp)+1)=Qq; %Curva S sin desplazar

%Hidrograma estimado
QHU=(Qu1-Qu2)*dD/D;
%Exporando datos
Qhu=interp1(yp,QHU,pt(:,1),'linear');
tab=[pt Qhu];
set(handles.tabla1,'data',tab);

%Gráficas
if valor1==1
    hold off
    plot(pt(:,1),Qu,'m')
    xlabel('Tiempo (horas)')
    ylabel('Caudal (m3/s*cm)')
    title('HIDROGRAMA UNITARIO INICIAL')

elseif valor2==1
    hold off
    plot(pt(:,1),suma,'-*r',Tiempo,suma,'o-m')
    xlabel('Tiempo (horas)')
    ylabel('Caudal (m3/s*cm)')
    title('DESPLAZAMIENTO DE LA CURVA S')
    legend('Curva S','Curva S desplazado')

```

```

elseif valor3==1
    hold off
    plot(yp,QHU,'m')
    xlabel('Tiempo (horas)')
    ylabel('Caudal (m3/s*cm)')
    title('HIDROGRAMA UNITARIO ESTIMADO')
end

val1=get(handles.radiobutton4,'Value');
val2=get(handles.radiobutton8,'Value');
if val1==1
    grid on
else
    grid off
end
if val2==1 && valor1==1
    hold on
    bar(pt(:,1),Qu)
    plot(pt(:,1),Qu,'m')
    colormap(cool)
    xlabel('Tiempo (horas)')
    ylabel('Caudal (m3/s)')
    title('HIDROGRAMA UNITARIO INICIAL')

elseif val2==1 && valor3==1
    hold on
    bar(pt(:,1),Qhu)
    plot(yp,QHU,'m')
    colormap(cool)
    xlabel('Tiempo (horas)')
    ylabel('Caudal (m3/s)')
    title('HIDROGRAMA UNITARIO ESTIMADO')
end

function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.edit2,'String','')
set(handles.im,'String','')
cel=cell(100,3);

```



```
set(handles.tabla1, 'data', cel)
xlabel('')
ylabel('')
title('')
legend('')
```

```
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)
```

```
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'Abrir tabla de excel');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=3;
size_table=cell(fil, col);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)
```

```
function radiobutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
val=get(handles.radiobutton4, 'Value');
if val==1
    grid on
else
    grid off
end
```

ANEXO 5.19

Código del Hidrograma unitario sintético de Snyder

```
function varargout = Snyder(varargin)

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla
set(handles.edit1, 'String', '')
set(handles.edit2, 'String', '')
set(handles.edit3, 'String', '')
set(handles.edit4, 'String', '')
set(handles.edit5, 'String', '')
set(handles.edit6, 'String', '')
c=cell(50,2);
set(handles.tabla1, 'data', c)
xlabel('')
ylabel('')
title('')
grid off

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
TR=str2double(get(handles.edit1, 'String'));
Ct=str2double(get(handles.edit2, 'String'));
A=str2double(get(handles.edit3, 'String'));
L=str2double(get(handles.edit4, 'String'));
Lc=str2double(get(handles.edit5, 'String'));
Cp=str2double(get(handles.edit6, 'String'));
%Tiempos de retaro o pico (Horas)
Tp=Ct*0.75*(L*Lc)^0.3;
Tr=Tp/5.5; %Tiempo de duración para el hidrograma estándar
TpR=Tp-(Tr-TR)/4;

%Caudal pico (m3/s*cm)
Qp=2.75*Cp*A/Tp;
QpR=Qp*Tp/TpR;
```

```

%Anchos del hidrograma sintético (horas)
W75=1.22*(QpR/A)^-1.08;
W50=2.14*(QpR/A)^-1.08;
%Tiempo base (horas)
Tb=5.56*A/QpR;
%coordenadas
W=TpR+TR/2;
X=[0 (W-W50/3) (W-W75/3) W (W+2*W75/3) (W+2*W50/3) Tb]';
Y=[0 0.5*QpR 0.75*QpR QpR 0.75*QpR 0.5*QpR 0]';
%Interpolando
for k=1:floor(Tb/TR)+1
    Xx(k,1)=-TR+TR*k;
end
Yy=interp1(X,Y,Xx,'linear');
%Importando
Xx1=[Xx;Tb];
Yy1=[Yy;0];
set(handles.tabla1,'data',[Xx1 Yy1])
%Graficando
axes(handles.axes1)
plot(X,Y,'red')
xlabel('Tiempo (Horas)')
ylabel('Caudal (m3/s*cm)')
title('HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO DE SNYDER')
grid on

% -----
function uipushtool1_ClickedCallback(hObject, eventdata, handles)
Snyder_1

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.edit1,'String','')
set(handles.edit2,'String','')
set(handles.edit3,'String','')
set(handles.edit4,'String','')
set(handles.edit5,'String','')
set(handles.edit6,'String','')
set(handles.edit7,'String','')
set(handles.edit8,'String','')

```

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
TR=str2double(get(handles.edit1, 'String'));
TpR=str2double(get(handles.edit2, 'String'));
A=str2double(get(handles.edit3, 'String'));
L=str2double(get(handles.edit4, 'String'));
Lc=str2double(get(handles.edit5, 'String'));
QpR=str2double(get(handles.edit6, 'String'));
Tr=(4*TpR-TR)/21; %Horas
Tp=5.5*Tr; %Horas
%Coeficiente empírico que depende de las características de la cuenca
Ct=Tp/(0.7517*(L*Lc)^0.3);
%Coeficiente empírico de retención y almacenamiento
Cp=QpR*TpR/(2.75*A);
set(handles.edit7, 'String', Ct)
set(handles.edit8, 'String', Cp)

```

ANEXO 5.20

Código del Hidrograma unitario sintético SCS

```

function varargout = SCS(varargin)

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla
set(handles.edit1, 'String', '')
set(handles.edit2, 'String', '')
set(handles.edit3, 'String', '')
c=cell(50,2);
set(handles.tabla1, 'data', c)
xlabel('')
ylabel('')
title('')
grid off

```

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcbf)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
D=str2double(get(handles.edit1,'String'));
Tc=str2double(get(handles.edit2,'String'));
A=str2double(get(handles.edit3,'String'));

%Tiempo de retardo tp
tp=0.6*Tc; %Horas
%Tiempo de ocurrencia del pico Tp
Tp=D/2+tp;
%Caudal pico qp
qp=0.208*A/Tp;
%coordenadas
X=[0 Tp 2.67*Tp]';
Y=[0 qp 0]';
%Interpolando
for k=1:floor(2.67*Tp/D)+1
    Xx(k,1)=-D+D*k;
end
Yy=interp1(X,Y,Xx,'linear');

%Importando
Xx1=[Xx;2.67*Tp];
Yy1=[Yy;0];
set(handles.tabla1,'data',[Xx1 Yy1])
%Graficando
axes(handles.axes1)
plot(X,Y,'red')
xlabel('Tiempo (Horas)')
ylabel('Caudal (m3/s*mm)')
title('HIDROGRAMA UNITARIO SCS')
grid on

```

ANEXO 5.21

Código del caudal base

```
function varargout = Caudal_base(varargin)

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt
[nombre direc]=uigetfile({'*.xlsx'; '*.xls'}, 'Abrir hoja de calculo');
if nombre==0
    return
end
set(handles.im, 'String', direc)
pt=xlsread(fullfile(direc, nombre));
nm=size(pt);
fil=nm(1);
col=3;
size_table=cell(fil, col);
set(handles.tabla1, 'Data', size_table)
set(handles.tabla1, 'Data', pt)

function popupmenu2_Callback(hObject, eventdata, handles)
valor1=get(handles.popupmenu2, 'Value');
switch valor1
    case 1
        a=imread('chua1.png');
        image(a)

        axis off
        set(handles.edit1, 'Enable', 'on')
        set(handles.edit1, 'String', '')
        set(handles.text4, 'String', {'Área de la cuenca (Km2):'})
    case 2
        a=imread('chua2.png');
        image(a)
        axis off
        set(handles.edit1, 'Enable', 'off')
        set(handles.edit1, 'String', '')
        set(handles.text4, 'String', '')
```

```

case 3
    a=imread('chua3.png');
    image(a)
    axis off
    set(handles.edit1,'Enable','off')
    set(handles.edit1,'String','')
    set(handles.text4,'String','')
case 4
    a=imread('chua4.png');
    image(a)
    axis off
    set(handles.edit1,'Enable','on')
    set(handles.edit1,'String','0.001')
    set(handles.text4,'String','Tolerancia')
end

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt Hor Inc Qc N p t Q Qq i
area=str2double(get(handles.edit1,'String'));
valor2=get(handles.popupmenu2,'Value');
switch valor2
    case 1
        [M p]=max(pt(:,2));
        N=24*0.827*area^0.2;
        Hor=interp1([pt(1) pt(p,1)],[pt(1,2)
pt(1,2)],pt(1:p,1),'linear');
        %Linea inclinada
        Qc=interp1(pt(:,1),pt(:,2),(pt(p,1)+N),'linear');
        Inc=interp1([pt(p,1) (pt(p,1)+N)], [pt(1,2)
Qc],pt((p+1):length(pt(:,1)),1),'linear');
        tab=[pt [Hor' Inc]'];
        set(handles.tabla1,'data',tab)
    case 2
        %Linea horizontal
        [M p]=max(pt(:,2));
        Hor=interp1([pt(1) pt(p,1)], [pt(1,2)
pt(1,2)],pt(1:p,1),'linear');

```

```

    %Linea inclinada
    Inc=interp1([pt(p,1) pt(length(pt(:,1)),1)], [pt(1,2)
pt(length(pt(:,1)),2)], pt((p+1):length(pt(:,1))), 'linear');

    tab=[pt [Hor' Inc]'];
    set(handles.tabla1, 'data', tab)

case 3
    Hor=interp1([pt(1) pt(length(pt(:,1)),1)], [pt(1,2)
pt(length(pt(:,1)),2)], pt(:,1), 'linear');
    set(handles.tabla1, 'data', [pt Hor])
case 4
    Q=pt(:,2);
    t=pt(:,1);
    Tol=str2double(get(handles.edit1, 'String'));

    q=log10(Q);
    n=length(Q);
    m=abs((q(n)-q(n-1))/(t(n)-t(n-1)));

    for i=n-1:-1:1
        if abs(abs((q(i)-q(i-1))/(t(i)-t(i-1)))-m)>=Tol;
            break;
        end;
    end;

    Qq=interp1([t(1) t(i)], [Q(1) Q(i)], t(1:i), 'linear');
    tab=zeros(i,3);
    tab=[pt(1:i,:) Qq];
    set(handles.tabla1, 'data', tab)
end
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
global pt Hor Inc p N Qc t Q Qq i
valor2=get(handles.popupmenu2, 'Value');

switch valor2
case 1
    figure
    w=[Hor' Inc]';
    vc=isnan(w);

```



```

bus=find(vc==1);
w(bus)='';
yt=pt(:,1);
yt(bus)='';
plot(pt(:,1),pt(:,2),'red',[yt' (pt(p,1)+N)]',[w' Qc'],'b')
xlabel('Tiempo (Horas)')
ylabel('Caudal (m3/s)')
title('HIDROGRAMA')
legend('Hidrograma','Separación del caudal base')
grid
case 2
figure
plot(pt(:,1),pt(:,2),'r',pt(:,1),[Hor' Inc'],'b')
xlabel('Tiempo (Horas)')
ylabel('Caudal (m3/s)')
title('HIDROGRAMA')
legend('Hidrograma','Separación del caudal base')
grid
case 3
figure
plot(pt(:,1),pt(:,2),'r',pt(:,1),Hor,'b')
xlabel('Tiempo (Horas)')
ylabel('Caudal (m3/s)')
title('HIDROGRAMA')
legend('Hidrograma','Separación del caudal base')
grid
case 4
figure
plot(t,Q,'red')
hold on
plot(t(1:i),Qq,'blue')

title('MÉTODO DE LA CURVA DE RECESIÓN')
xlabel('Tiempo (Horas)')
ylabel('Caudal (m3/s)')
grid on
legend('Hidrograma','Caudal base')

end

```

```
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
close(gcf)
```

```
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
c=cell(100,3);
set(handles.tabla1, 'data', c)
set(handles.edit1, 'String', '')
set(handles.im, 'String', '')
```

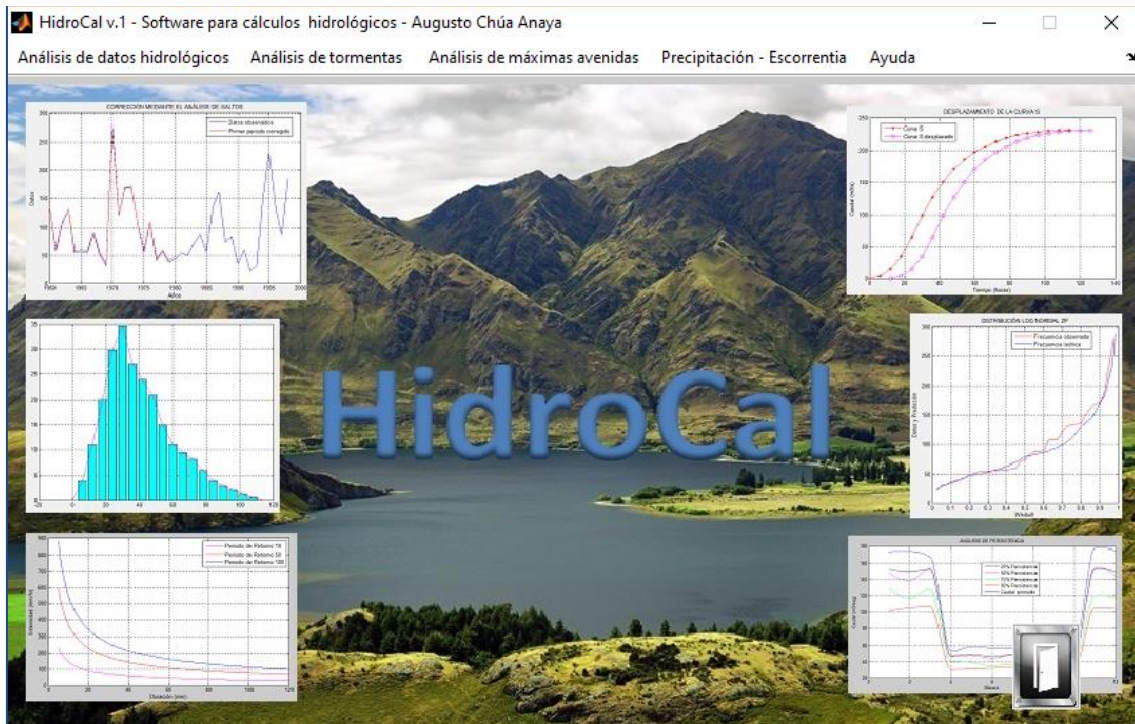
```
function axes1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
a=imread('chua1.png');
image(a)
axis off
```

ANEXO VI



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA HIDROCAL v.1.0



AUTOR: AUGUSTO CHÚA ANAYA
august.stev@gmail.com

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	178
2. REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE	178
2.1. REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DEL HARDWARE.....	178
2.2. REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DEL SOFTWARE.....	178
3. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE	179
4. ANÁLISIS DE DATOS HIDROLÓGICOS	183
4.1. COMPLETACIÓN DE DATOS.....	183
4.1.1. Método del U.S. National Weather Service.....	183
4.1.2. Método Racional Deductivo.....	186
4.2. ANALISIS DE CONSISTENCIA.....	189
4.2.1. Prueba estadística T de Student.....	190
4.2.2. Prueba estadística de Cramer.....	190
4.2.3. Prueba estadística de Helmert.....	194
4.2.4. Prueba estadística de las secuencias.....	194
4.2.5. Promedios móviles.....	197
4.2.6. Prueba F de Fisher.....	200
4.2.7. Análisis de saltos.....	202
4.2.8. Análisis de Persistencia.....	204
5. ANÁLISIS DE TORMENTAS	207
5.1. ANÁLISIS IDT.....	207
5.1.1. Modelo de Bell y Yance Tueros.....	207
5.1.2. Regresión lineal múltiple.....	209
5.2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROBABLE.....	211
5.2.1. Método estadístico.....	211
6. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS	214
6.1. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.....	214
6.2. PRUEBA DE AJUSTE.....	216
6.2.1. Chi cuadrado.....	216
6.2.2. Prueba de normalidad Anderson Darling.....	219

7. PRECIPITACIÓN - ESCORRENTIA.....	221
7.1. MÉTODO RACIONAL.....	221
7.2. MÉTODO SCS.....	222
7.3. HIDROGRAMA.....	223
7.3.1. Hidrograma unitario.....	223
7.3.2. Curva S.....	225
7.3.3. Hidrograma sintético de Snyder.....	227
7.3.4. Hidrograma sintético SCS.....	229
7.4. CAUDAL BASE.....	230

1. INTRODUCCIÓN

El software es un manejo sencillo, sin necesidad de que el usuario conozca en detalle toda la teoría relacionada con los cálculos que puede realizar el software. Además proporciona las herramientas necesarias para que pueda guiar al usuario.

La teoría, métodos y fórmulas utilizadas para la elaboración de los códigos han sido realizados sobre la base de lecturas de textos especializados así como de los cursos de hidrología y Métodos de análisis en hidrología dictados en la UNALM.

El software presenta una interfaz gráfica amigable que puede ser utilizado sin necesidad de tener amplios conocimientos de computación y sin la necesidad de acceder ni manejar el programa con el cual ha sido creado el software de hidrología, el cual puede resultar complicado para las personas que no tienen conocimiento de programación.

2. REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE

2.1. REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DEL HARDWARE

CPU: Core

Memoria mínima: 600 MB

Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64

2.2. REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS DEL SOFTWARE

Sistema operativo: Windows 10

3. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

Paso 1:

Abrir la carpeta que lleva por nombre HidroCal, el cual contiene los siguientes archivos:

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo
for_redistribution	15/03/2016 07:03 ...	Carpeta de archivos
for_redistribution_files_only	15/03/2016 07:03 ...	Carpeta de archivos
for_testing	15/03/2016 07:03 ...	Carpeta de archivos
PackagingLog	15/03/2016 05:17 ...	Documento de tex...

Paso 2:

C d t k t " n c " e c t r g v c " ð h q t a t g f k u v t k d w v k q p ö . " f q
n n g x c " r q MyAppInstaller_mcr ð g u " g n " k p u v c n c f q t " f g n " u q

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
MyAppInstaller_mcr	15/03/2016 05:17 ...	Aplicación	590,837 KB
MyAppInstaller_web	15/03/2016 05:17 ...	Aplicación	2,821 KB

Paso 3:

Ejecutar como administrador el archivo ðMyAppInstaller_mcrö 0

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
MyAppInstaller_mcr	15/03/2016 05:17 ...	Aplicación	590,837 KB
MyAppInstaller_web			2,821 KB

Abrir

Enable/Disable Digital Signature Icons

Ejecutar como administrador

Solucionar problemas de compatibilidad

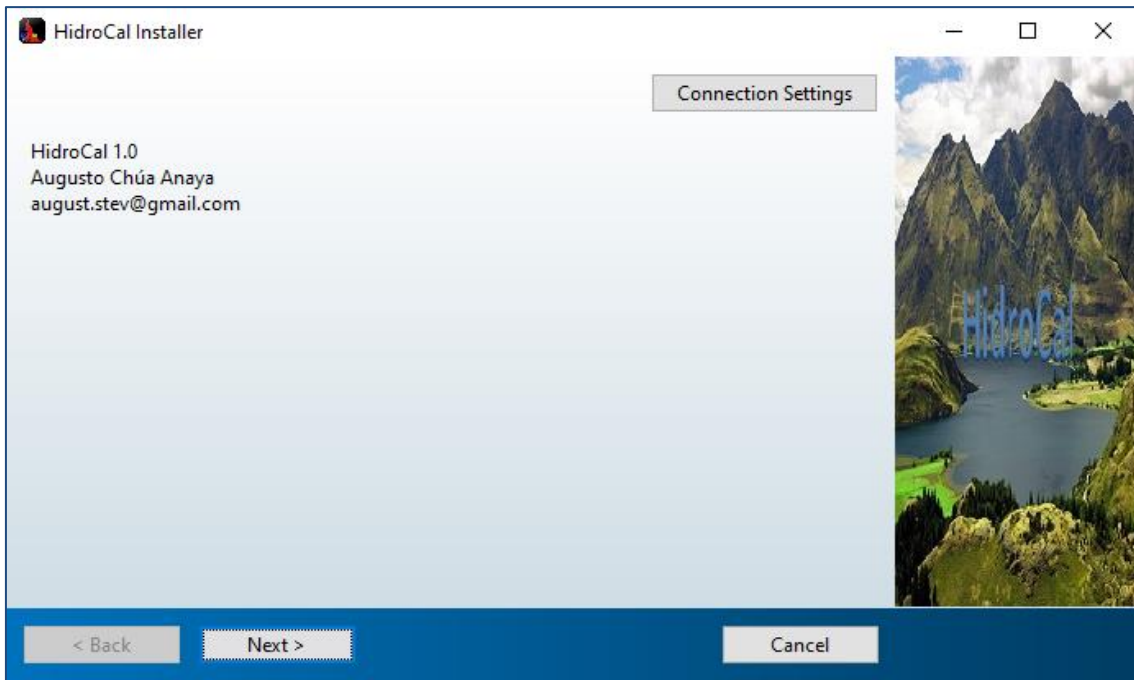
Ejecutar con procesador de gráficos >

Anclar a Inicio

Anclar al menú Inicio (Classic Shell)

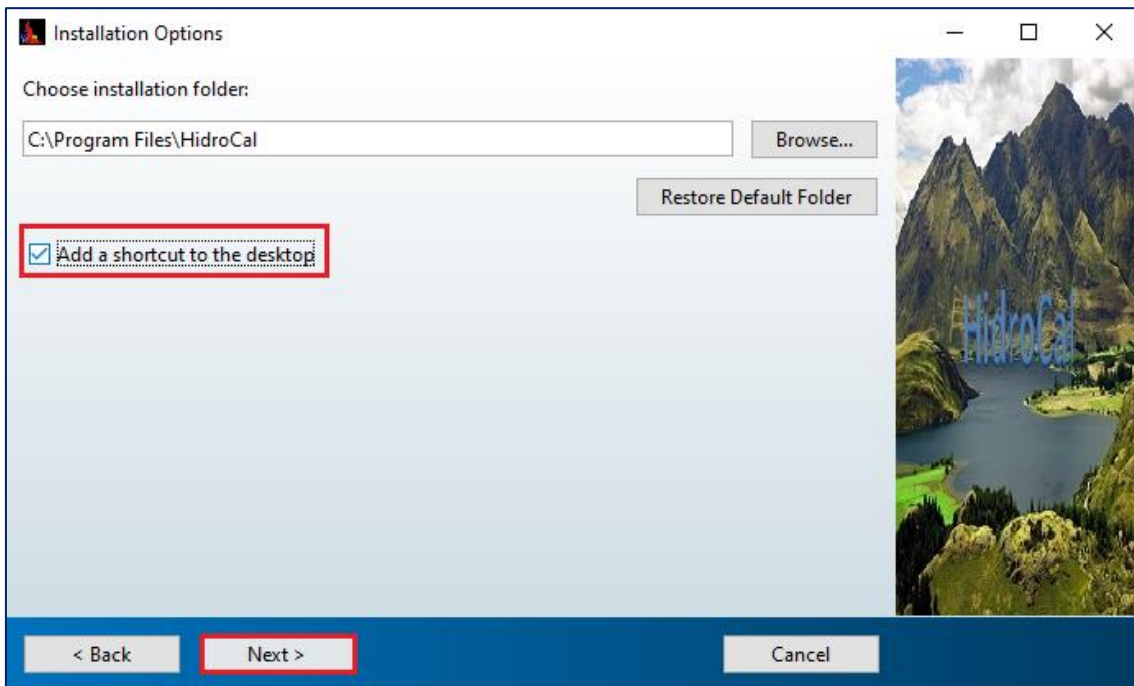
Paso 4:

Al ejecutar como administrador aparecerá la siguiente ventana. Para continuar
r t g u k q p c t " ð P g z v ö 0



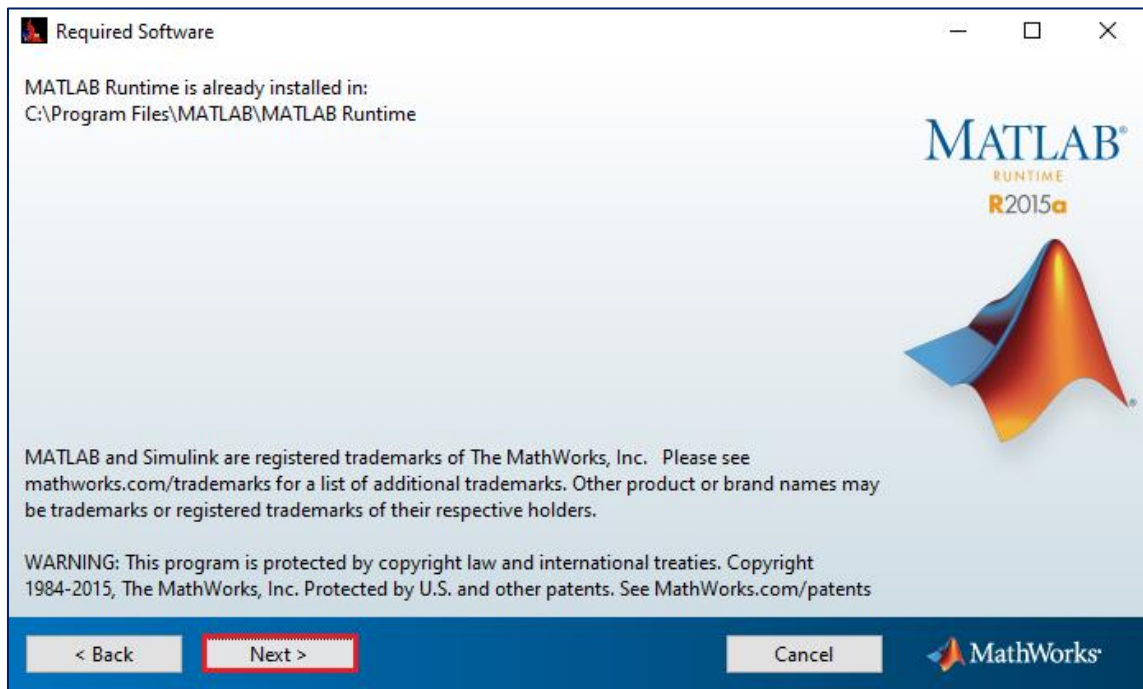
Paso 5:

G p " n c " u k i w k g p v g " x g p v c p c " e q n q e c t " e j g e m " g p " para crear el acceso directq " f g n " u q h v y c t g " g p " g n " g u e t k v q t k q



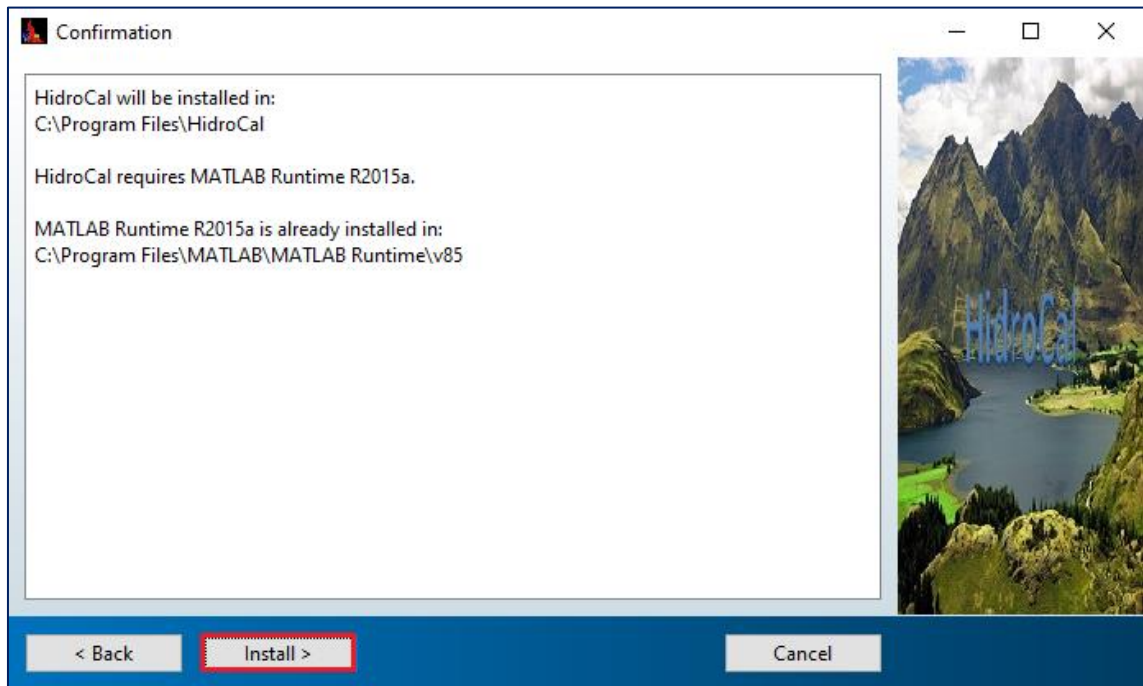
Paso 6:

R t g u k q p c t " ð P g z v ö " g p " n c " u k i w k g p v g " x g p v c p c 0



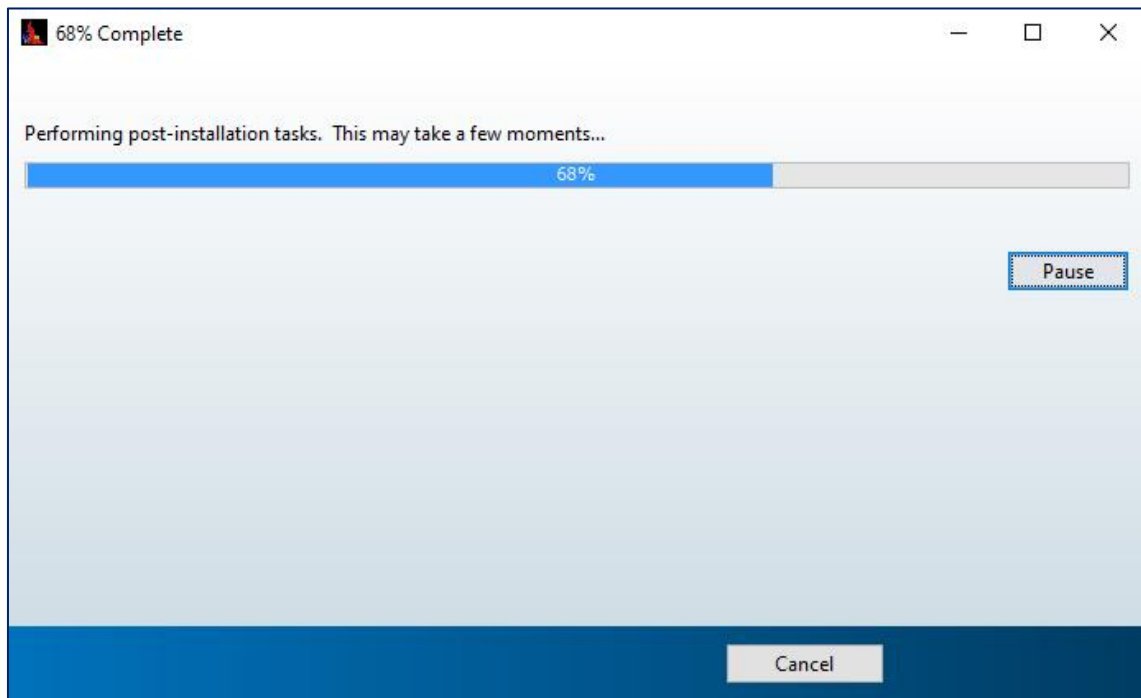
Paso 7:

R c t c " k p u v c n c t " r t g u k q p c t " ð K p u v c n n " @ö 0



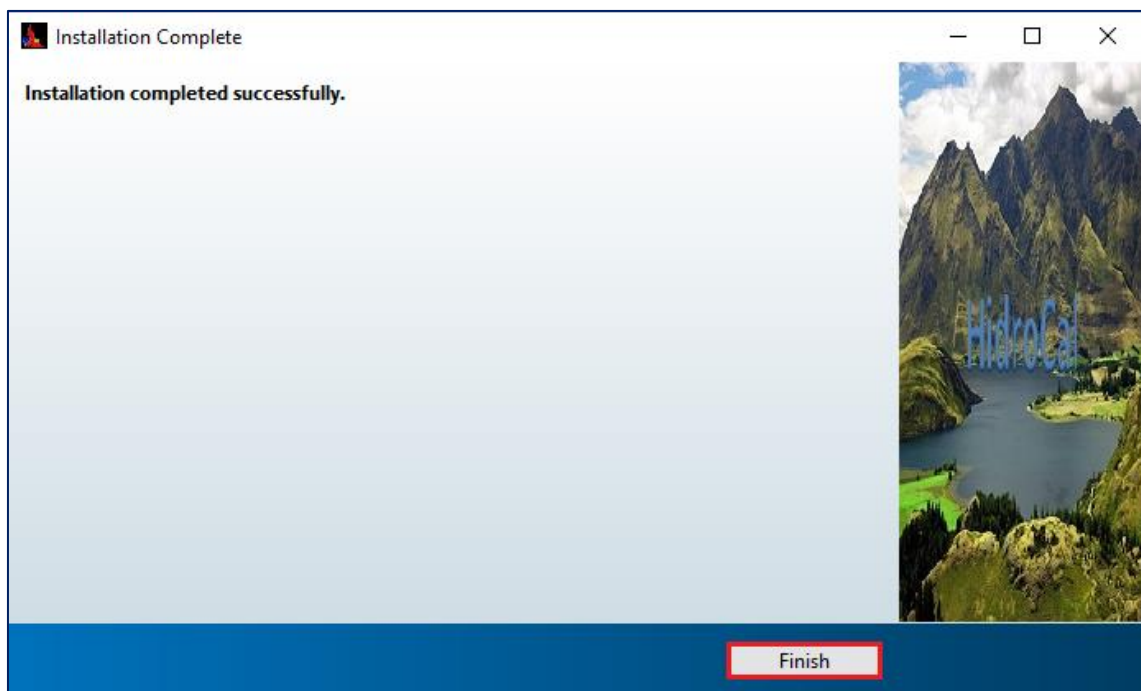
Paso 8:

Esperar a que termine de cargar la instalación.



Paso 9:

Para finalizar t " r t g u k q p c t " ð H k p k u j ö 0



4. ANÁLISIS DE DATOS HIDROLÓGICOS

4.1.COMPLETACIÓN DE DATOS

4.1.1. Método del U.S. National Weather Service

Este procedimiento ha sido verificado tanto teórica como empíricamente y considera que el dato faltante en una cierta estación, puede ser estimado en base a los datos observados en las estaciones circundantes.

- ✓ Se recomienda utilizar cuatro estaciones auxiliares (las más cercanas) y de manera que cada una quede localizada en uno de los cuadrantes que definen unos ejes coordenados que pasan por la estación incompleta, generalmente los ejes norte-sur y este-oeste.

Ejemplo 01

El registro de la lluvia mensual de la estación Higueras, tiene el año de 1954 sin registros. Se pide completar su registro estimando las lluvias mensuales faltantes por medio del Método del U.S National Weather Service.

Los datos se muestran en la tabla 1, en la figura1 se muestra las estaciones pluviométricas circundantes a la estación Higueras, las cuales cuentan con registros en el año 1954.

Aplicación del Método del US. National Weather Service para la estimación de las lluvias mensuales del año 1954 en la Estación Higueras				
Mes	Ciénaga de Flores mm.	Cerralvo mm.	Cadereyta de Jimenez mm.	Higueras mm.
Ene.	3.5	17.8	24.3	7.1
Feb.	8.9	4.3	26.5	10.2
Mar.	0	0.3	0	0.0
Abr.	24.5	163.2	87.6	46.0
May.	92.4	137.9	27.2	90.9
Jun.	34.9	13.4	25.1	31.6
Jul.	24	56.7	64.1	31.6
Ago.	50.4	61.7	77.9	54.4
Set.	0	28.2	37.5	6.8
Oct.	43.1	81.8	65.6	49.6
Nov.	18.7	70.8	24.8	25.0
Dic.	11	0	0	8.7
Suma	311.4	636.1	460.6	361.9
D, Km.	16	43	45	-----
$W=1/D^2$	0.00390625	0.00054083	0.00049383	0.00494091

Tabla 1: Cálculo realizado en Excel

ESTIMACION DE LA LLUVIA ANUAL DEL AÑO 1954 EN LA ESTACION CLIMATOLOGICA HIGUERAS, N. L., POR EL METODO DEL U. S. NATIONAL WEATHER SERVICE.

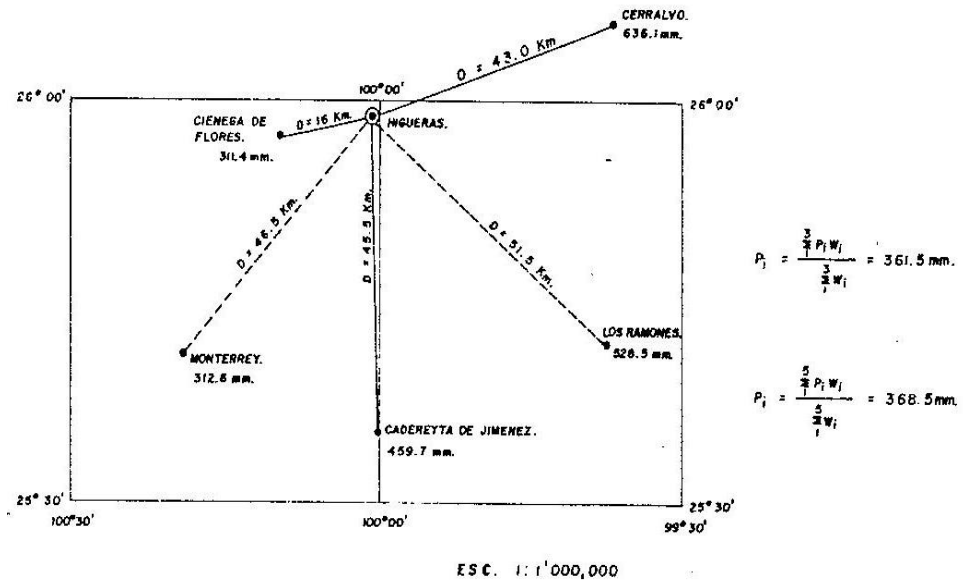


Figura 1: Estaciones circundantes

Solución:

De las 5 estaciones circundantes a la estación Higuera solo se disponen de datos de las estaciones: Ciénega de Flores, Cerralvo y Cadereyta de Jiménez; por lo tanto se estimara las lluvias mensuales del año 1954 de la estación Higuera utilizando estas 3 estaciones.

Utilizando el programa:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E	F	G
1	3.5	17.8	24.3				
2	8.9	4.3	26.5				
3	0	0.3	0				
4	24.5	163.2	87.6				
5	92.4	137.9	27.2				
6	34.9	13.4	25.1				
7	24	56.7	64.1				
8	50.4	61.7	77.9				
9	0	28.2	37.5				
10	43.1	81.8	65.6				
11	18.7	70.8	24.8				
12	11	0	0				
13							

Estos datos corresponden a las lluvias mensuales del año 1954 de las estaciones auxiliares.

Figura 2: Ubicación de los datos en Excel

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " r f c v q u " j k f t q n » i k e q u ö " u g n g e e k q p c o q u " ò O 2

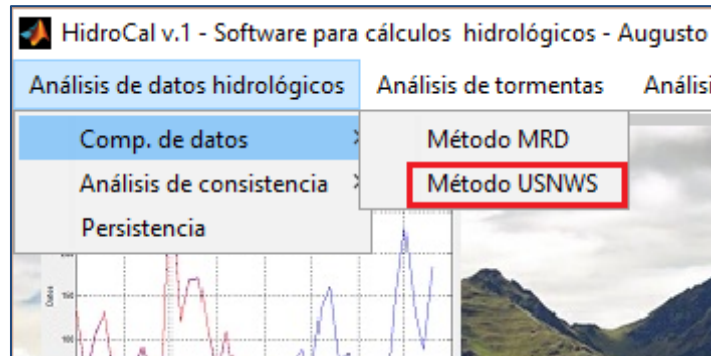


Figura 3: Pestaña del Método USNWS

- N w g i q " u g " k o r q t v c t c p " n q u " f c v q u o s " r w n u c p dirigimos donde está guardado la hoja de Excel con los datos. Después se elegirá el número de estaciones auxiliares, en este ejemplo es de 3.

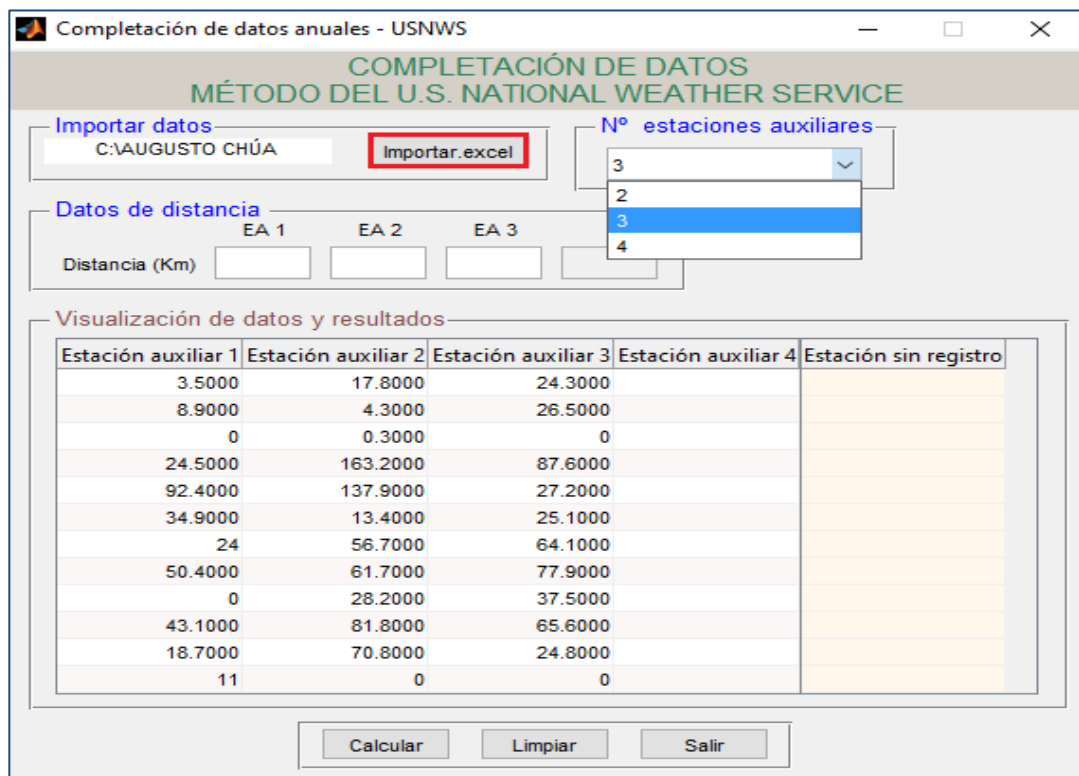


Figura 4: Importación de datos y selección del número estaciones

- Después se introducirán las distancias en km a la que se encuentran cada estación auxiliar a la estación sin registro (Higueras). Para obtener g n " t g u w n v c f q " r w n u c o q u " ò E c n e w n c t ö 0

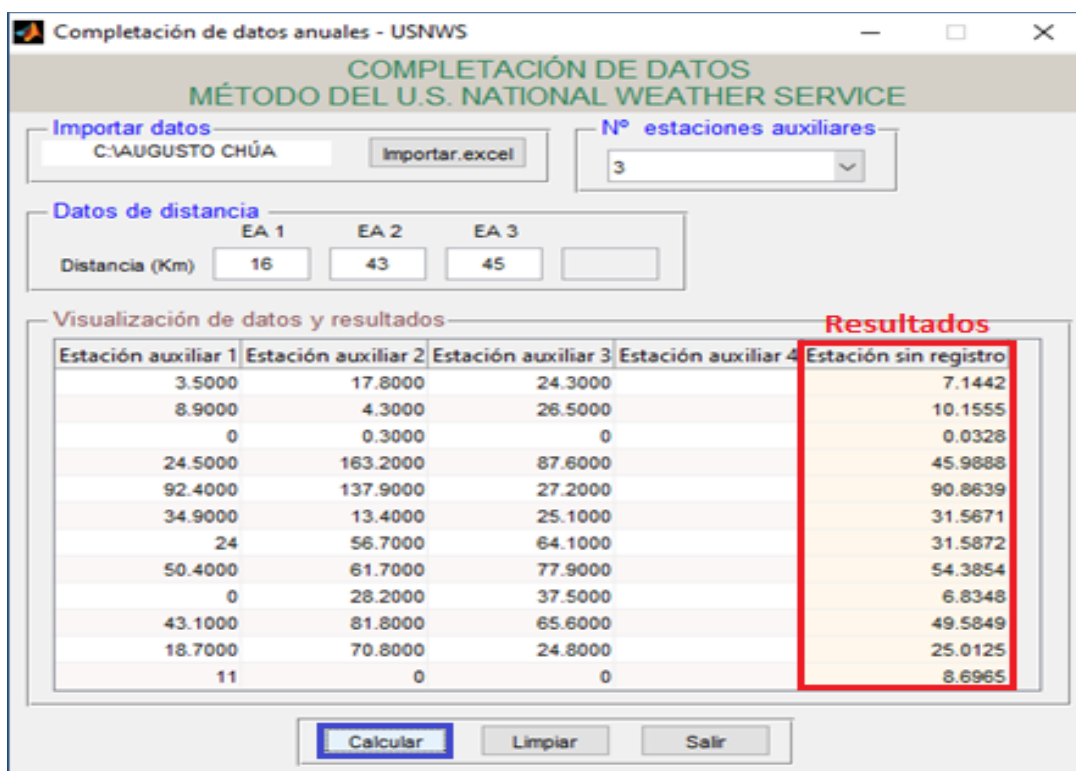


Figura 5: Resultado final – completación de datos

4.1.2. Método Racional Deductivo

Cuando en el registro de lluvias mensuales de una determinada estación, existen uno o más años incompletos, este método permite estimar los registros mensuales faltantes (como máximo once), apoyándose en la información que brindan los años completos.

Ejemplo 02

La estación pluviométrica Huizache tiene un registro de precipitaciones mensuales de 20 años de registro en el período 1988-2007, con los años 1991 (setiembre, octubre, noviembre y diciembre) y 1993 (enero, febrero, marzo y abril) incompletos. Completar el registro aplicando el Método Racional Deductivo.

Utilizando el programa:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas como en la figura 6:

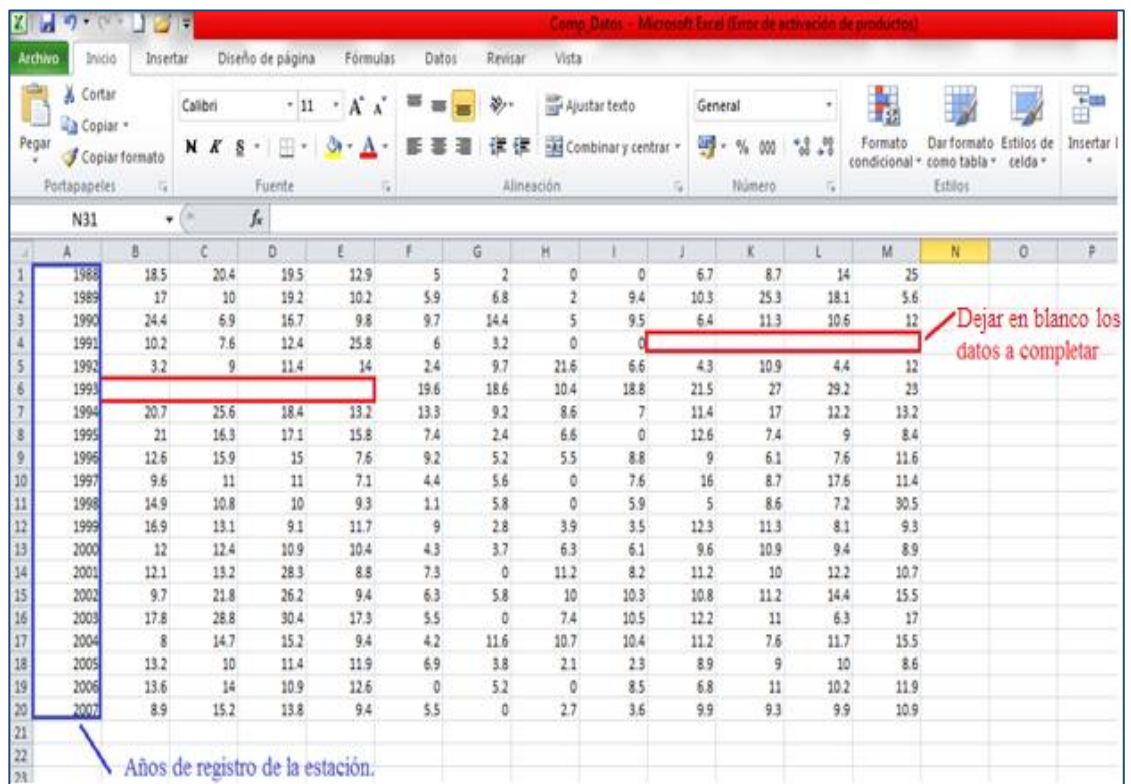


Figura 6: Ubicación de los datos en Excel

- Primero nos dirigimos a la pantalla principal y clicamos en el botón "Importar datos de Excel".

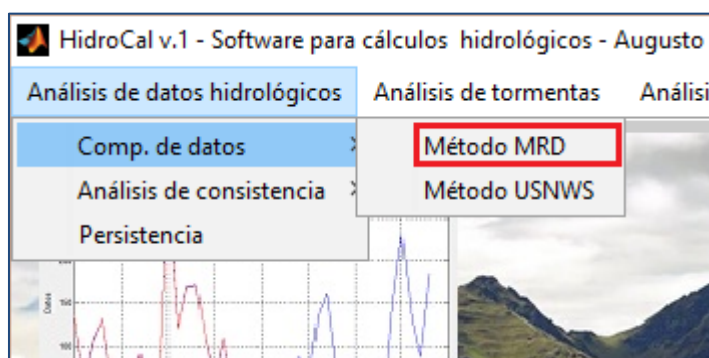


Figura 7: Pestaña del Método MRD

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón "Importar datos de Excel".

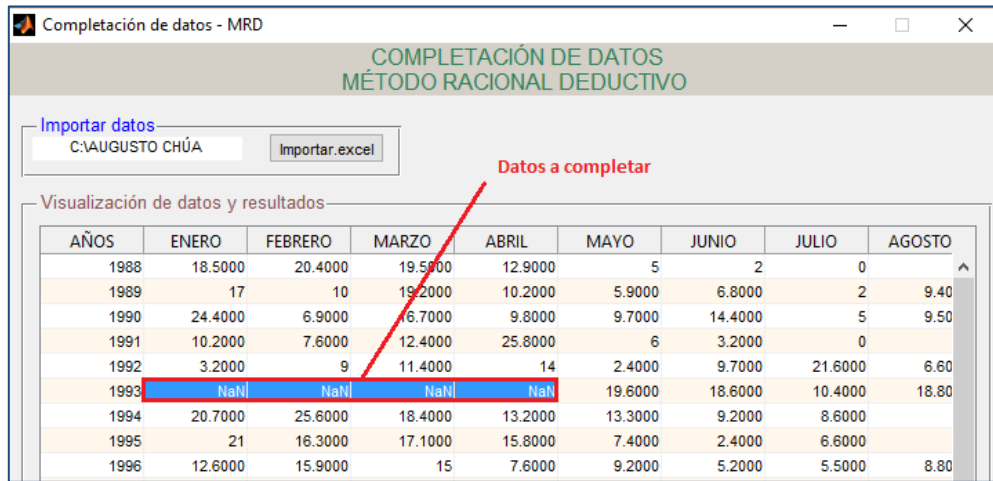


Figura 8: Importación de datos

➤ N w g i q " r t g u k q p c t " g n " d q v » p " ò E c n e w n c t ö los datos faltantes.

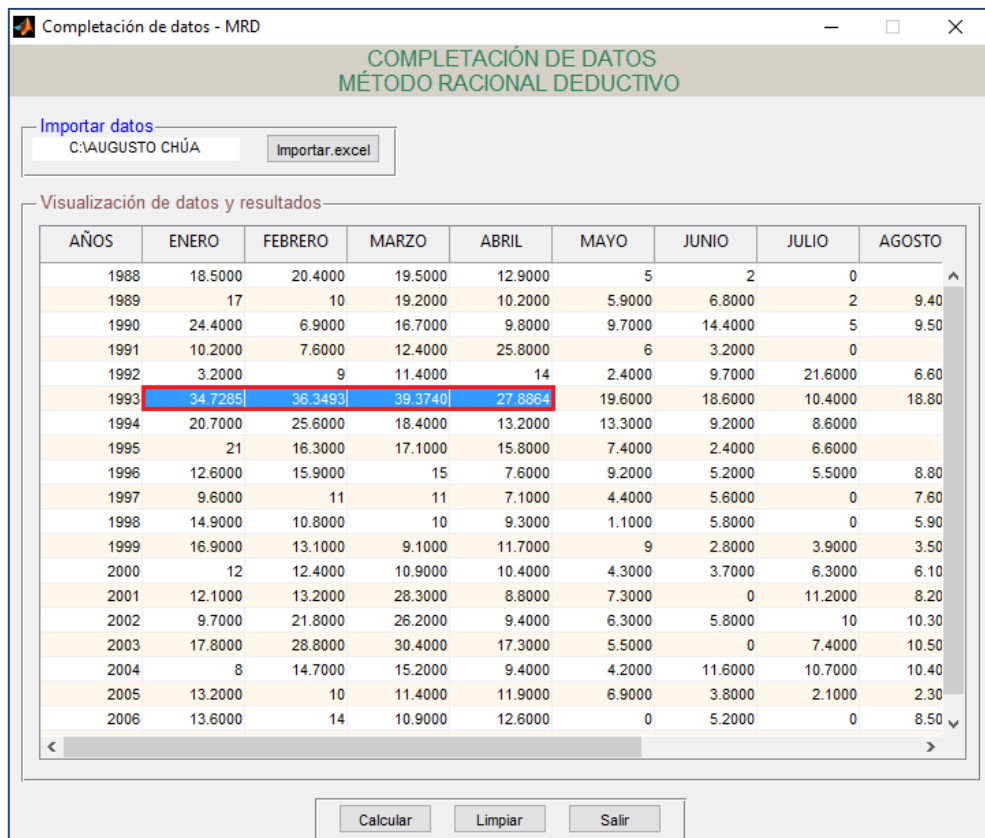


Figura 9: Resultados del año 1993 (enero, febrero, marzo y abril)

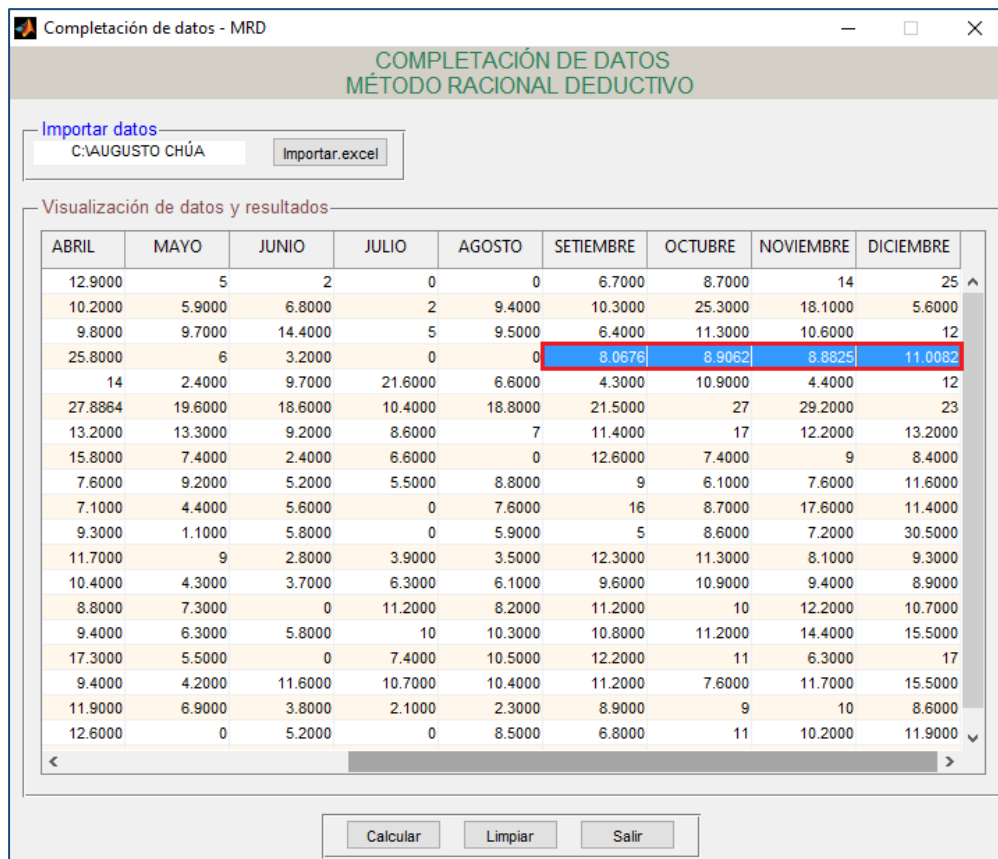


Figura 10: Resultados del año 1991 (setiembre, octubre, noviembre y diciembre)

4.2. ANALISIS DE CONSISTENCIA

La Prueba o test de homogeneidad presenta una hipótesis nula y una regla de aceptarla o rechazarla en base a su probabilidad de ocurrencia.

Si dicha probabilidad es pequeña se concluye que la serie no es homogénea.

Si la probabilidad es grande, la decisión es que la serie es homogénea.

Si se conoce la distribución que sigue la hipótesis nula y las alternativas, se debe utilizar las pruebas paramétricas, en caso contrario las pruebas no paramétricas son las más indicadas.

Las pruebas no paramétricas son menos rigurosas que las paramétricas, pero mucho más sencillas de realizar.

Las pruebas no paramétricas presentes en el programa son los siguientes:

- Helmert
- Secuencias

Las pruebas paramétricas presentes en el programa son los siguientes:

- T de Student
- Cramer

4.2.1. Prueba estadística T de Student

Cuando la causa de la pérdida de homogeneidad de la serie es probable que sea un abrupto cambio en la media, la prueba paramétrica t de Student es útil.

La prueba es poderosa y robusta para detectar la inconsistencia en la media, excepto cuando la longitud de los dos períodos seleccionados para comparación de sus medias es desigual.

4.2.2. Prueba estadística de Cramer

A veces es más conveniente comparar la media de toda la serie y la media de una cierta parte del registro, para investigar la homogeneidad.

Para este caso la prueba de Cramer es bastante útil; se la considera complementarias de la prueba t de Student.

Ejemplo 03

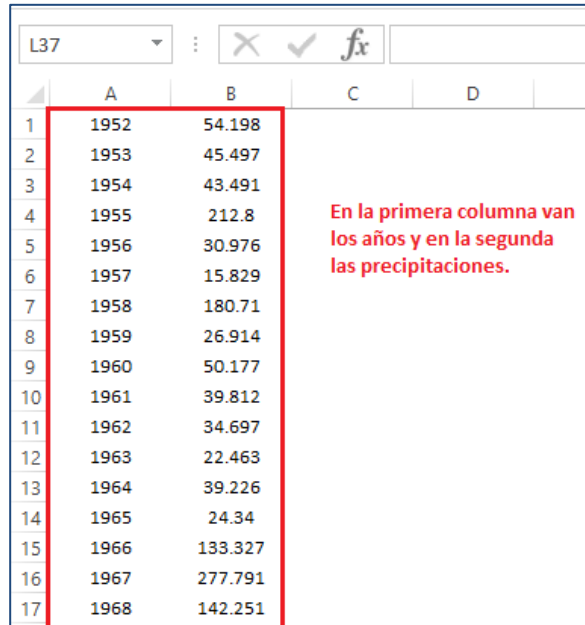
Determinar a través de las pruebas estadísticas de la t de Student y Cramer, en el río del mismo nombre y perteneciente a la región Hidrológica N°25 (Ríos San Fernando y Soto La Marina), es homogéneo.

Años	Hm3	Años	Hm3
1952	54.198	1966	133.327
1953	45.497	1967	277.791
1954	43.491	1968	142.251
1955	212.8	1969	197.892
1956	30.976	1970	204.731
1957	15.829	1971	84.863
1958	180.71	1972	435.084
1959	26.914	1973	374.65
1960	50.177	1974	62.921
1961	39.812	1975	116.658
1962	34.697	1976	212.591
1963	22.463	1977	134.282
1964	39.226	1978	222.933
1965	24.34		

Tabla 2: Caudales de la estación Pablillo

Solución:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:



	A	B	C	D
1	1952	54.198		
2	1953	45.497		
3	1954	43.491		
4	1955	212.8		
5	1956	30.976		
6	1957	15.829		
7	1958	180.71		
8	1959	26.914		
9	1960	50.177		
10	1961	39.812		
11	1962	34.697		
12	1963	22.463		
13	1964	39.226		
14	1965	24.34		
15	1966	133.327		
16	1967	277.791		
17	1968	142.251		

Figura 11: Ubicación de los datos en Excel

- Primeramente se importan los datos de Excel, pulsando el botón "Importar datos" que se encuentra en la pestaña "Análisis de datos hidrológicos".

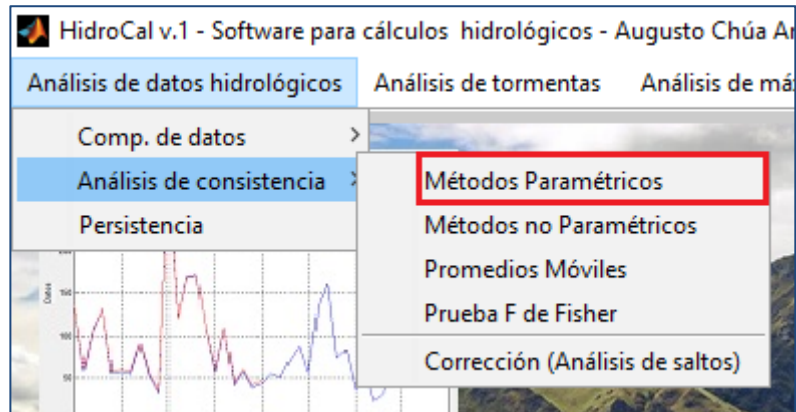


Figura 12: Pestaña de los métodos paramétricos

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón "Importar datos" que se encuentra en la pestaña "Análisis de datos hidrológicos". Se debe seleccionar el archivo de Excel donde está guardada la hoja de Excel con los datos, luego se elige el método (T de Student o Cramer). Si el método es T de Student se escriben los dos rangos de años a comparar.

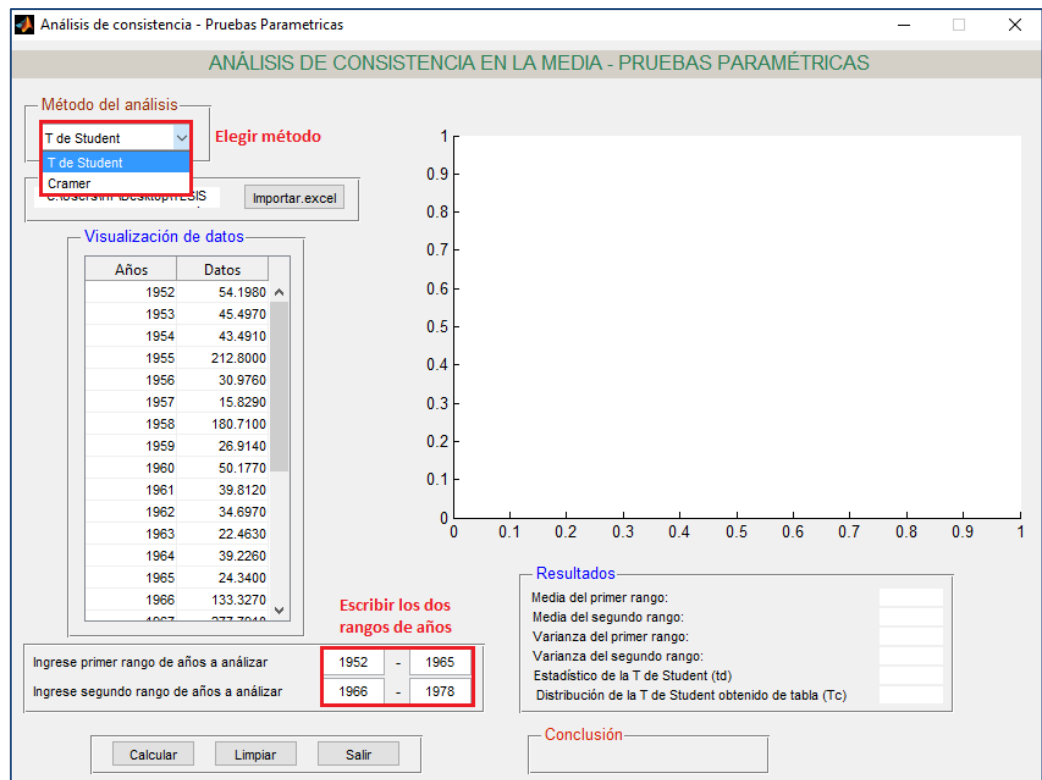


Figura 13: Método de análisis T de Student

- Si el método es de Cramer solo se escribe el rango de años a analizar con el total del registro.

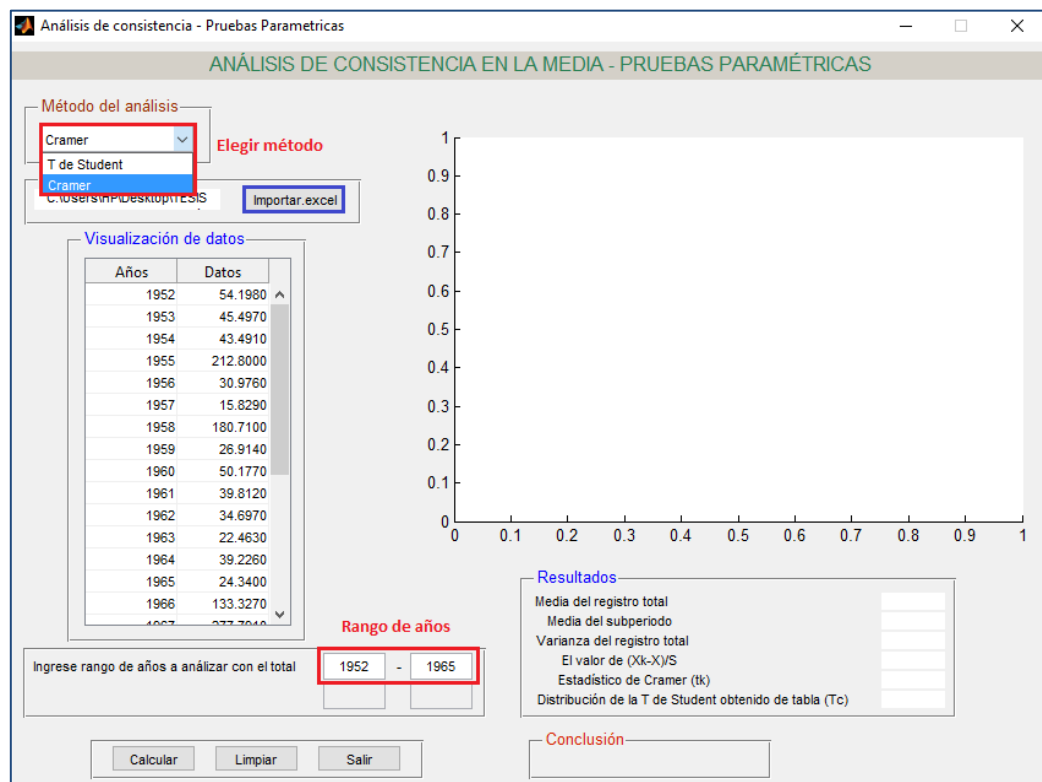


Figura 14: Método de análisis Cramer

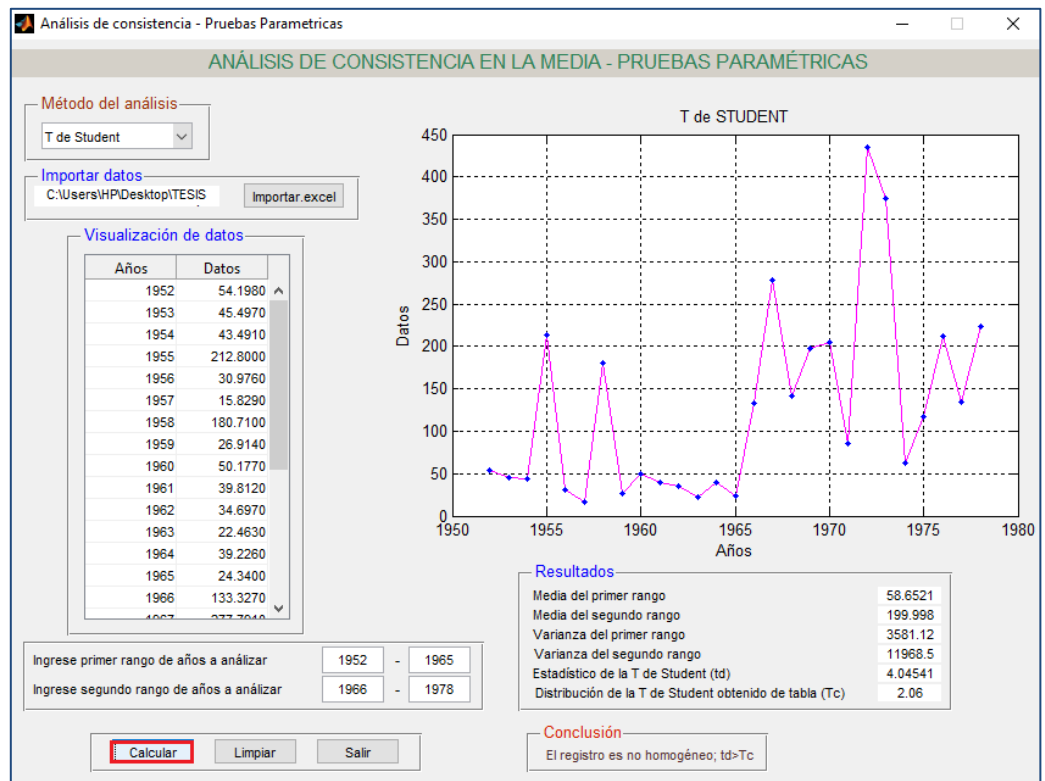


Figura 15: Resultados con el método de T de Student

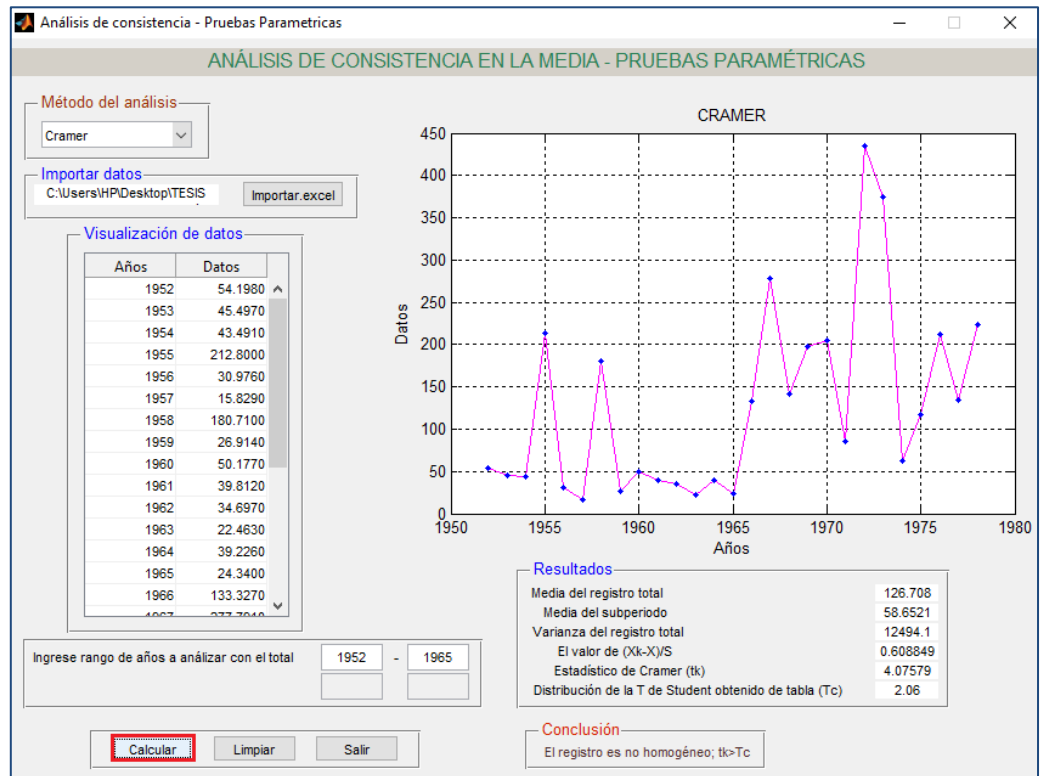


Figura 16: Resultados con el método de Cramer

4.2.3. Prueba estadística de Helmert

La prueba de Helmert es bastante sencilla y consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento de la serie con respecto a su valor medio.

4.2.4. Prueba estadística de las secuencias

Se realiza con el número de secuencias o rachas (u) arriba o bajo la mediana de la serie.

El valor de la mediana se obtiene ordenando los datos respecto a su magnitud y seleccionando el valor central si n es impar o la media aritmética de los dos valores centrales si n es par.

Usando el valor de la mediana se marca con A si es mayor y con B si es menor, cada dato o evento de la serie.

Ejemplo 04

En la tabla siguiente se tiene el registro completo de lluvias anuales en la estación Lucanas, para el cual se pide probar su homogeneidad con las pruebas estadísticas de Helmert y de las Secuencias.

AÑOS	PP TOTAL ANUAL (mm)	AÑOS	PP TOTAL ANUAL (mm)
1963	544.1	1980	390.3
1964	573.2	1981	718.3
1965	708.2	1982	442.2
1966	518.7	1983	146
1967	495.4	1984	430.1
1968	1071.4	1985	581.53
1969	717.7	1986	506.9
1970	711.4	1987	215.3
1971	454.3	1988	608.3
1972	185.4	1989	580.2
1973	638.8	1990	154.5
1974	784.8	1991	374.6
1975	560.5	1992	79.72
1976	606	1993	560.8
1977	613.1	1994	423.4
1978	344.9	1995	464.8
1979	367.7		

Tabla 3: Precipitación anual – estación Lucanas

Solución:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E
1	1963	544.10			
2	1964	573.20			
3	1965	708.20			
4	1966	518.70			
5	1967	495.40			
6	1968	1071.40			
7	1969	717.70			
8	1970	711.40			
9	1971	454.30			
10	1972	185.40			
11	1973	638.80			
12	1974	784.80			
13	1975	560.50			
14	1976	606.00			
15	1977	613.10			
16	1978	344.90			
17	1979	367.70			
18	1980	390.30			
19	1981	718.30			
20	1982	442.20			
21	1983	146.00			
22	1984	430.10			
23	1985	581.53			

Figura 17: Ubicación de los datos en Excel

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " f g " f c v q u " j k f t q n » i k e q u ö " u g n g e e k q p c o q

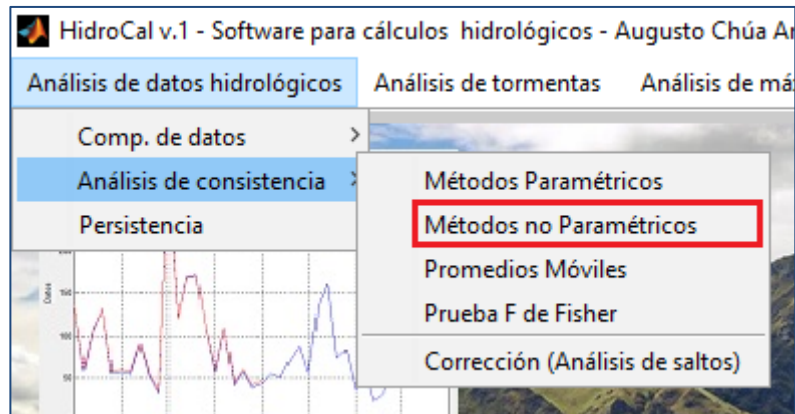


Figura 18: Pestaña de los Métodos no Paramétricos

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón \tilde{o} K o r q t v y nos dirigimos donde está guardado la hoja de Excel con los datos, después se elige el método (Helmert o Secuencias).

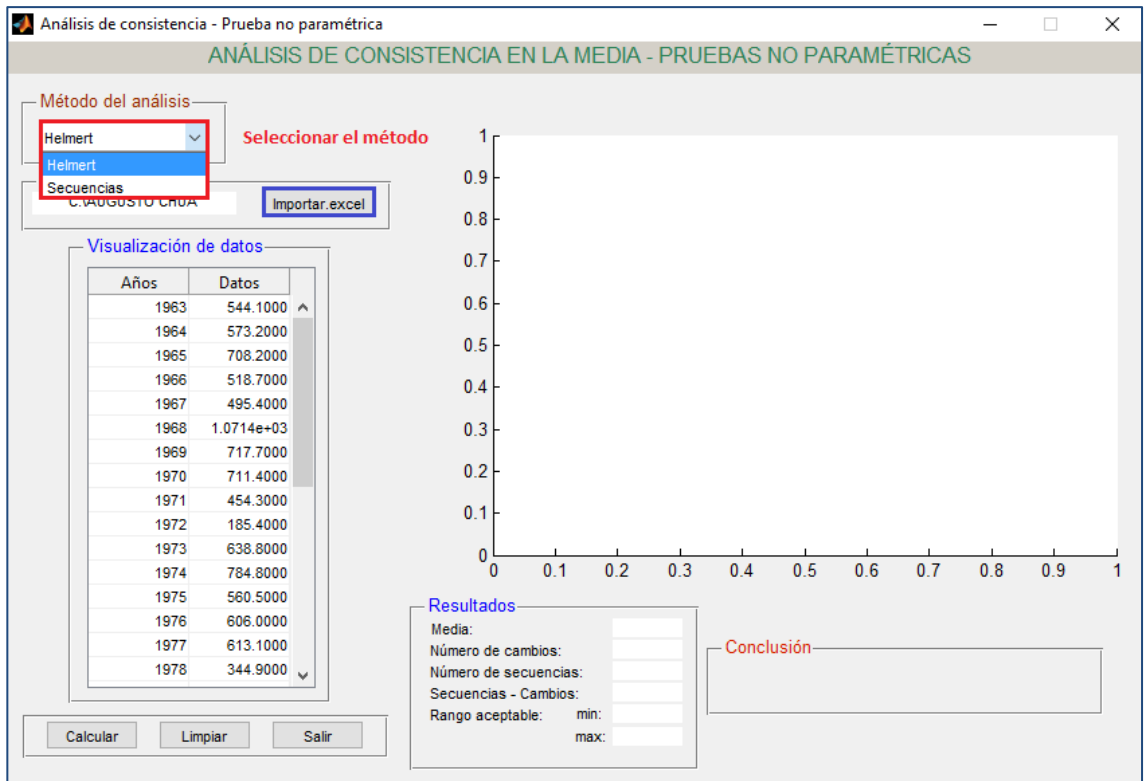


Figura 19: Importación de datos y selección del método

- Los resultados se obtendrán dependiendo del método. Para obtener los

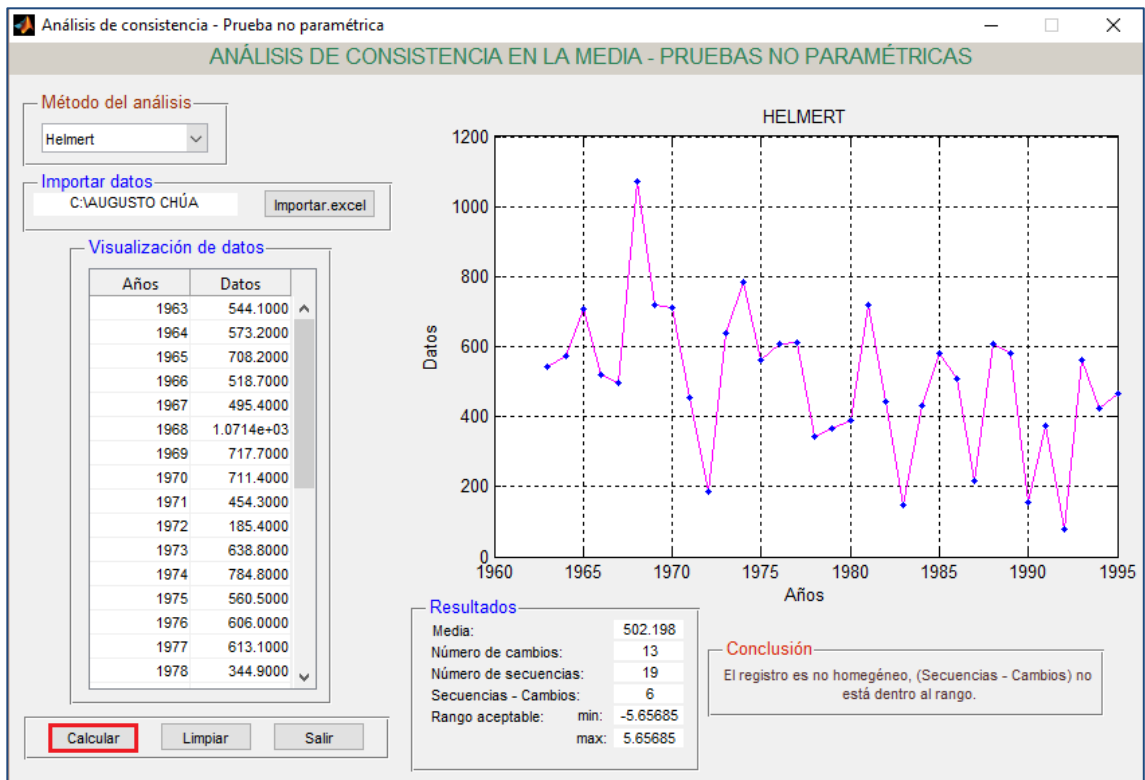


Figura 20: Resultados del método de Helmert

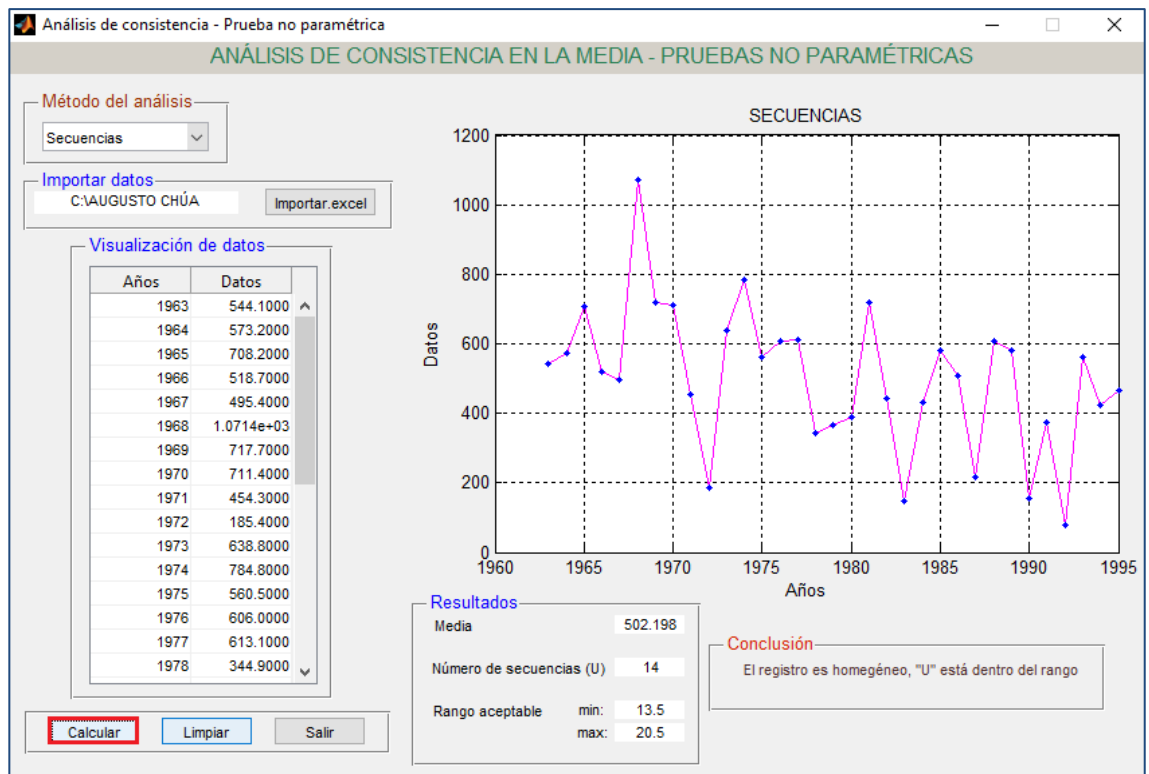


Figura 21: Resultados del método de las Secuencias

4.2.5. Promedios móviles

Las series cronológicas de precipitación anual son comúnmente analizadas con promedios móviles de orden CINCO y dibujando el valor del cociente al final del período de cinco años. Esto refleja más exactamente el almacenamiento natural en el sistema hidrológico.

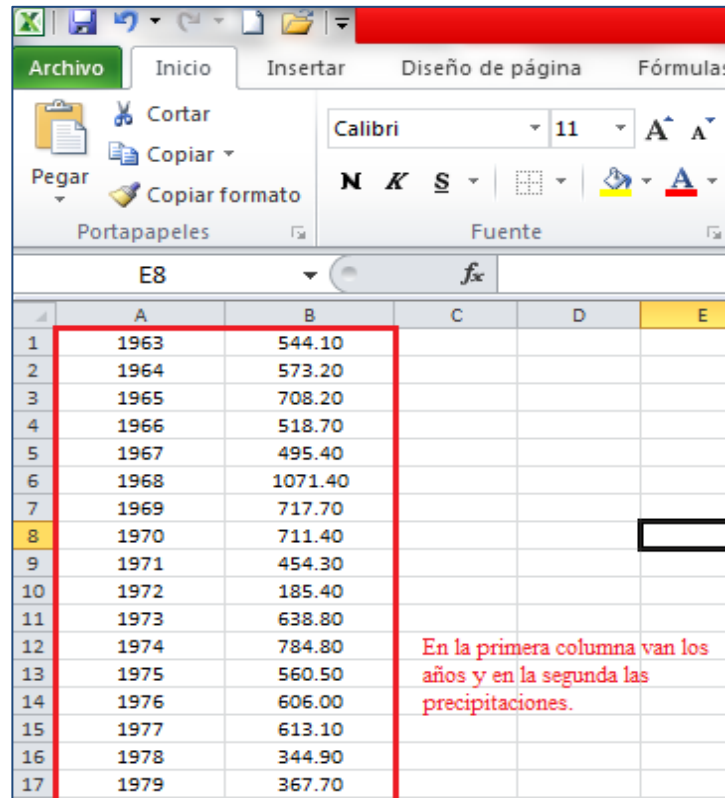
Los promedios móviles de orden 5 permiten suavizar la componente irregular de las series prevaleciendo en el registro los efectos de los ciclos húmedos y secos.

Ejemplo 05

Determinar los períodos húmedos y secos de las lluvias anuales de la estación Lucanas (los datos es el mismo del ejemplo 04), por el método de los promedios móviles.

Solución:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:



	A	B	C	D	E
1	1963	544.10			
2	1964	573.20			
3	1965	708.20			
4	1966	518.70			
5	1967	495.40			
6	1968	1071.40			
7	1969	717.70			
8	1970	711.40			
9	1971	454.30			
10	1972	185.40			
11	1973	638.80			
12	1974	784.80			
13	1975	560.50			
14	1976	606.00			
15	1977	613.10			
16	1978	344.90			
17	1979	367.70			

Figura 22: Ubicación de los datos en Excel

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " f g " f c v q u " j k f t q n » i k e q u ö " u g n g e e k q p c o q

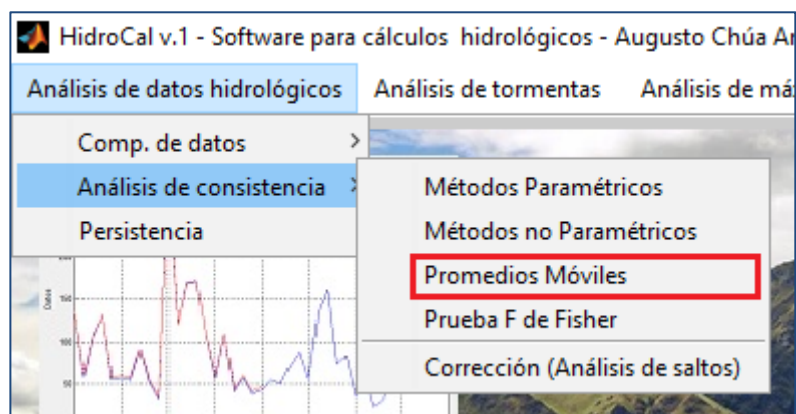


Figura 23: Pestaña de los Promedios Móviles

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón **Importar excel** o **K o r g t z e y n s** dirigimos donde está guardado la hoja de Excel con los datos, después se escribe el orden del promedio móvil y se selecciona las curvas que se van a graficar.

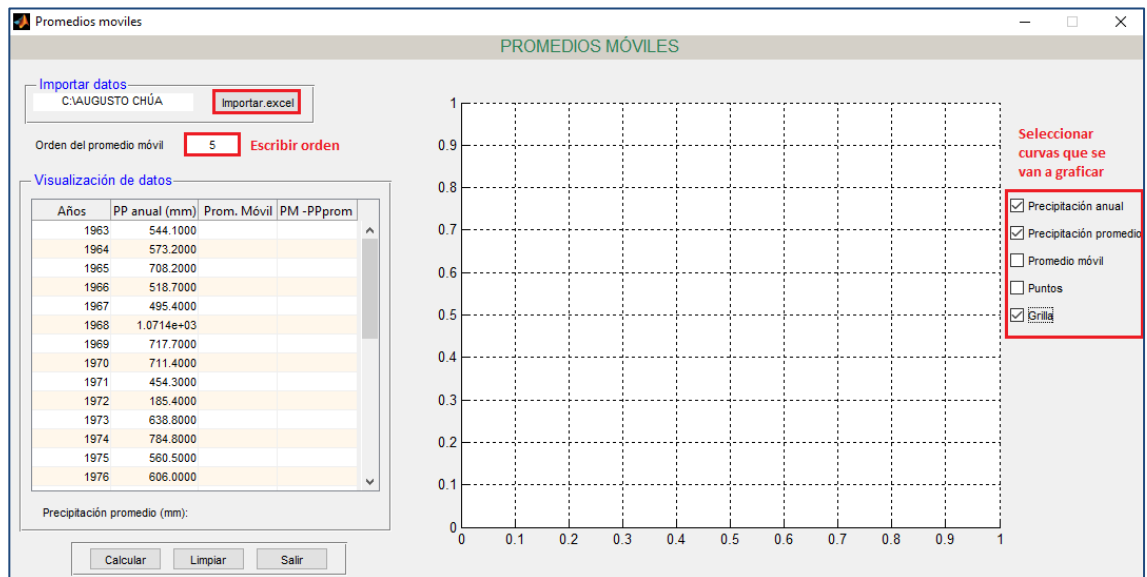


Figura 24: Importación de datos

- **R e t e " h k p e n k | c a l c u l a r** **ö w n u c t " g n " d q v » p " ö E**

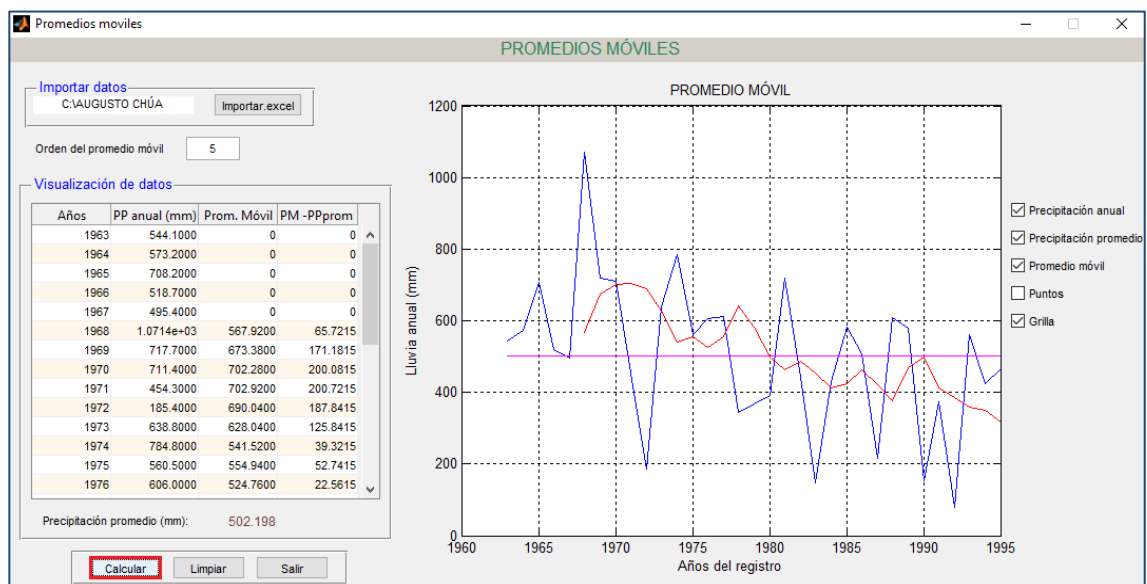


Figura 25: Resultados finales

Nota: Si $PM - PP_{prom}$ es positivo corresponde a un año húmedo, caso contrario corresponde a un año seco.

4.2.6. Prueba F de Fisher

La prueba F de Fisher se utiliza para probar la consistencia u homogeneidad en la variancia de una muestra con respecto a otra.

Ejemplo 06

Usando los mismos datos del ejemplo 04, de la estación Lucanas, se pide probar su homogeneidad en la variancia con la prueba F de Fisher.

Solución:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E
1	1963	544.10			
2	1964	573.20			
3	1965	708.20			
4	1966	518.70			
5	1967	495.40			
6	1968	1071.40			
7	1969	717.70			
8	1970	711.40			
9	1971	454.30			
10	1972	185.40			
11	1973	638.80			
12	1974	784.80			
13	1975	560.50			
14	1976	606.00			
15	1977	613.10			
16	1978	344.90			
17	1979	367.70			

En la primera columna van los años y en la segunda las precipitaciones.

Figura 26: Ubicación de los datos en Excel

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " f g " f c v q u " j k f t q n » i k e q u ö " u g n g e e k q p c o q

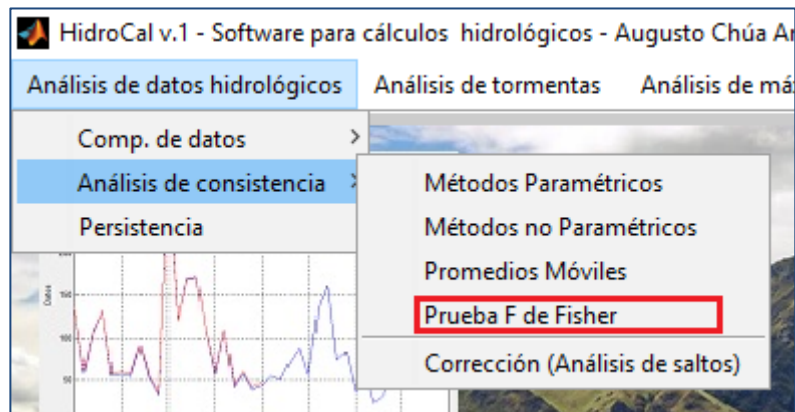


Figura 27: Pestaña de la prueba F de Fisher

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón **Importar excel** y nos dirigimos donde está guardado la hoja de Excel con los datos y después se escribe los dos rangos de años a comparar.

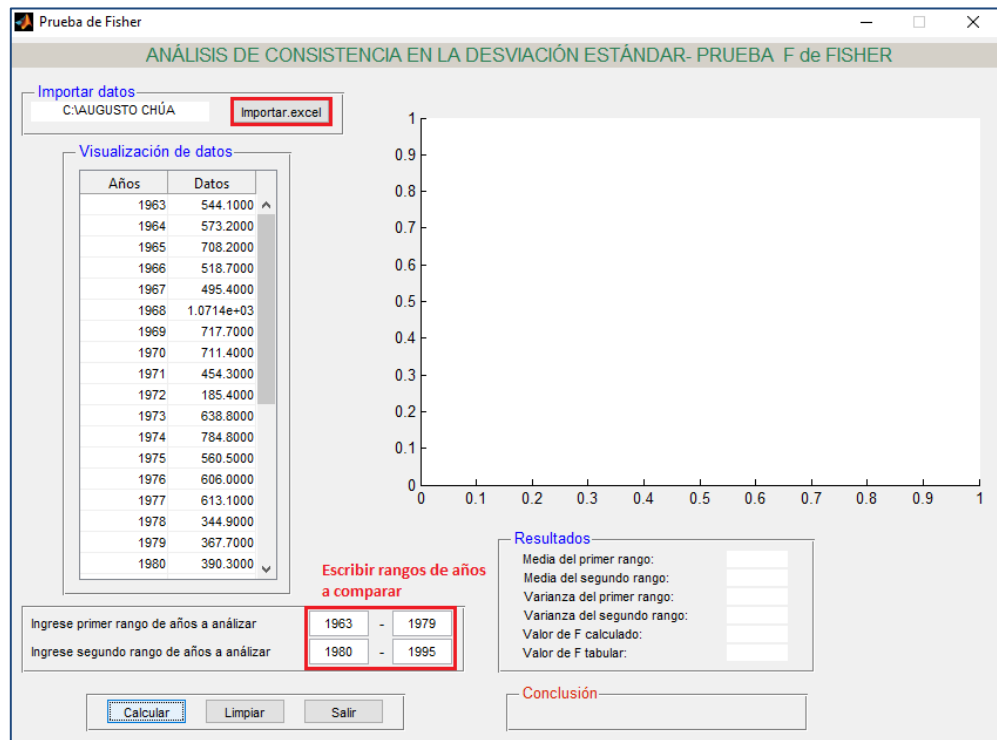


Figura 28: Importación de datos

- R e t c " h k p c n k | c t " r w n u c t " g n " d q v » p " ò E c n e

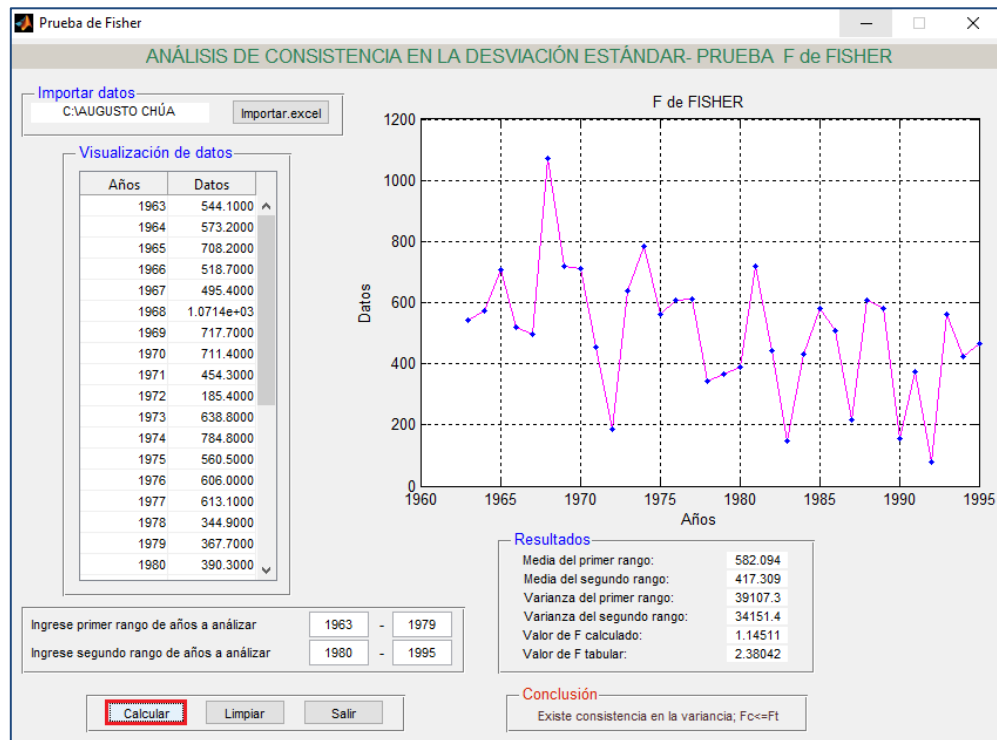


Figura 29: Resultados finales

4.2.7. Análisis de saltos

El análisis de saltos consiste en evaluar los cambios producidos en una serie periódica y no periódica, descartando si dicha respuesta fue a causa de cambios hechos por el hombre o a cambios naturales continuos en la cuenca.

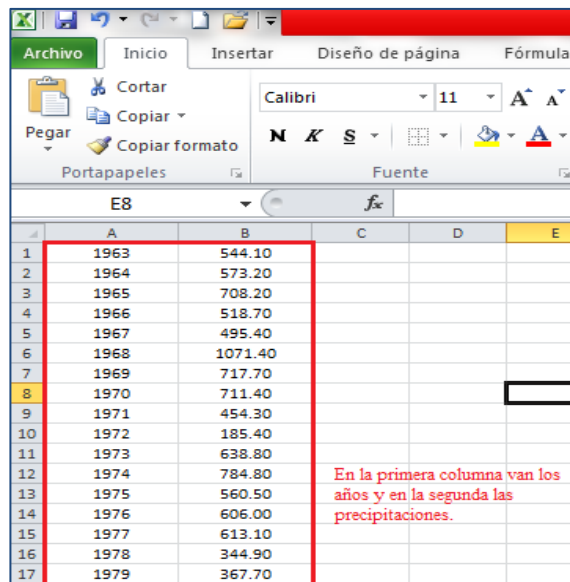
El análisis de consistencia del tipo estadístico descrito anteriormente permite identificar los saltos en la media y desviación estándar de series temporales y en base a dicha identificación se puede proseguir con la corrección del salto.

Ejemplo 07

Para la información de precipitación de la estación Lucanas, mismos datos del ejemplo 04, realizar la corrección mediante el método de los saltos.

Solución:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:



	A	B	C	D	E
1	1963	544.10			
2	1964	573.20			
3	1965	708.20			
4	1966	518.70			
5	1967	495.40			
6	1968	1071.40			
7	1969	717.70			
8	1970	711.40			
9	1971	454.30			
10	1972	185.40			
11	1973	638.80			
12	1974	784.80			
13	1975	560.50			
14	1976	606.00			
15	1977	613.10			
16	1978	344.90			
17	1979	367.70			

Figura 30: Ubicación de los datos en Excel

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c
f g " f c v q u " j knf gt eqenk»qi pkce oqquö" " ðuEgq t t g e e k » p '
u c n v q u + ö 0

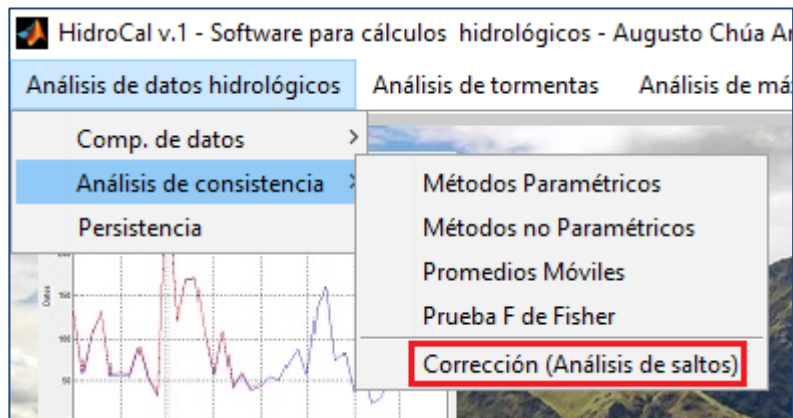


Figura 31: Pestaña del Análisis de Saltos

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón
ð K o r q t v c t 0 g z e g n ö " { " p q u " f k t k i k o q u " f q p
con los datos, después se escribe el rango de años del primer periodo y
se selecciona el periodo a corregir.

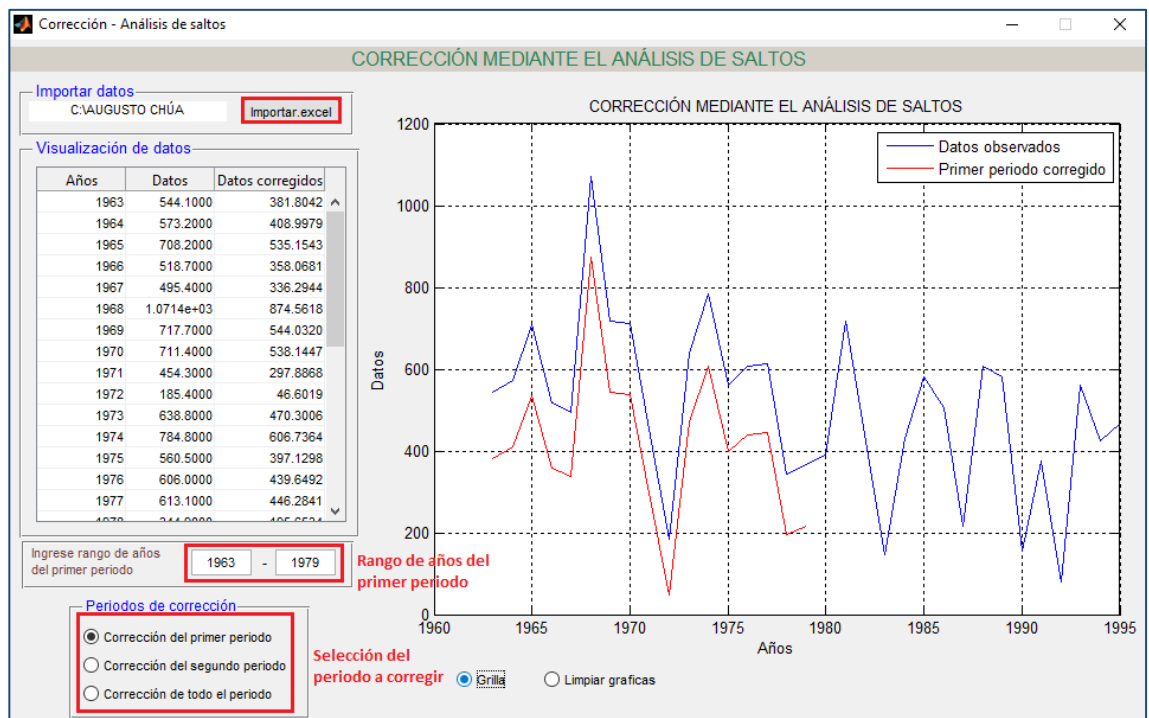


Figura 32: Corrección del primer periodo

4.2.8. Análisis de Persistencia

Ejemplo 08

Realizar el análisis de persistencia de los caudales mensuales de la estación Chimay.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1982	205.81	129.12	130.00	53.43	48.43	53.39	49.24	53.88	67.63	39.47	214.65	137.58
1983	101.72	137.74	110.14	48.64	65.20	65.96	55.40	66.13	63.63	60.84	182.55	206.00
1984	158.68	106.49	159.56	60.98	63.39	61.57	47.75	42.02	38.13	36.45	159.26	215.76
1985	142.85	175.65	124.56	48.77	66.91	62.69	57.43	38.59	59.63	53.90	118.11	184.98
1986	176.03	146.72	219.13	31.43	46.75	54.79	36.18	30.09	61.51	52.95	216.48	192.82
1987	216.20	161.84	213.16	63.86	48.90	47.71	63.21	43.46	69.67	40.69	111.07	128.65
1988	150.30	171.51	137.33	64.26	62.97	34.86	66.16	55.85	48.77	63.14	178.45	145.29
1989	150.86	217.21	157.45	69.54	30.36	69.98	63.96	56.18	36.57	57.12	142.06	104.27
1990	166.72	123.45	119.16	42.03	39.15	34.46	41.64	32.34	36.53	65.91	150.96	182.43
1991	172.89	188.65	147.44	30.17	38.29	32.25	37.07	62.66	51.44	36.97	184.77	149.91
1992	140.25	114.83	167.41	63.81	43.49	44.19	53.02	42.18	42.51	41.50	113.85	134.09
1993	119.93	217.08	133.23	40.74	57.30	57.11	56.75	62.05	56.41	43.55	172.10	118.26
1994	145.83	116.15	168.09	45.64	41.50	58.09	60.95	58.26	66.32	42.93	200.79	161.31
1995	136.06	202.49	213.89	52.73	69.21	43.84	66.08	31.49	61.70	65.94	178.98	209.80
1996	193.92	201.11	155.75	45.36	63.89	61.31	35.28	60.54	33.25	62.76	173.24	182.98
1997	198.26	215.94	216.64	46.68	68.19	35.74	53.87	67.61	51.00	30.30	120.89	162.77
1998	169.76	132.13	151.79	35.68	39.53	37.96	69.54	41.46	66.87	46.39	214.69	110.04
1999	200.23	117.39	142.66	52.83	35.36	36.34	37.53	41.31	48.88	37.69	161.35	140.53
2000	117.26	173.98	119.73	46.83	42.18	47.73	40.25	32.44	36.80	52.37	162.21	113.93
2001	121.42	125.02	109.04	59.67	49.28	35.08	56.72	35.08	38.11	39.56	143.22	165.62
2002	173.76	116.15	155.37	49.40	46.36	37.10	32.25	56.60	30.93	56.81	140.88	158.12
2003	143.82	104.73	174.18	46.47	49.10	33.84	40.35	43.88	30.82	51.52	102.95	158.76
2004	100.30	154.44	104.23	42.99	35.87	51.72	34.85	35.62	37.16	56.47	107.64	171.72
2005	140.11	137.99	135.00	31.45	53.41	43.72	39.91	58.21	41.07	41.48	147.84	114.52
2006	107.08	132.31	149.19	43.40	32.76	39.06	50.51	48.23	56.37	38.98	164.96	128.46
2007	130.72	105.77	159.99	36.62	55.38	34.36	36.57	58.98	57.46	31.87	166.70	113.41
2008	158.21	112.32	169.77	38.76	38.39	36.68	53.20	45.10	55.80	35.32	108.64	105.34
2009	126.20	139.44	116.70	40.88	46.99	58.80	46.31	52.46	46.80	55.26	120.73	122.65
2010	146.66	162.45	160.41	42.48	52.15	33.27	42.75	33.99	33.32	59.23	137.66	134.97
2011	174.81	154.85	163.35	49.96	46.79	45.61	37.26	37.90	36.46	58.14	113.46	104.01

Tabla 4: Caudales promedios mensuales – Estación Chimay

Solución:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

La columna de rojo corresponde a los años y las siguientes 12 columnas de azul corresponde a los datos de caudal o precipitación de cada mes en su respectivo año. Cada columna de azul corresponde a un mes.

Figura 33: Ubicación de los datos en Excel

- Primero nos dirigimos a "Inicio" > "Análisis de datos hidrológicos" > "Análisis de consistencia" > "Persistencia".

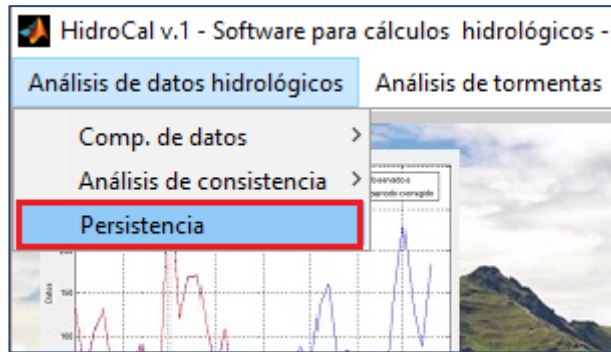


Figura 34: Pestaña del Análisis de Saltos

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón "Importar excel" con los datos, seguidamente se selecciona el tipo de dato de entrada (Precipitación o Caudal), y después presionar el botón siguiente.

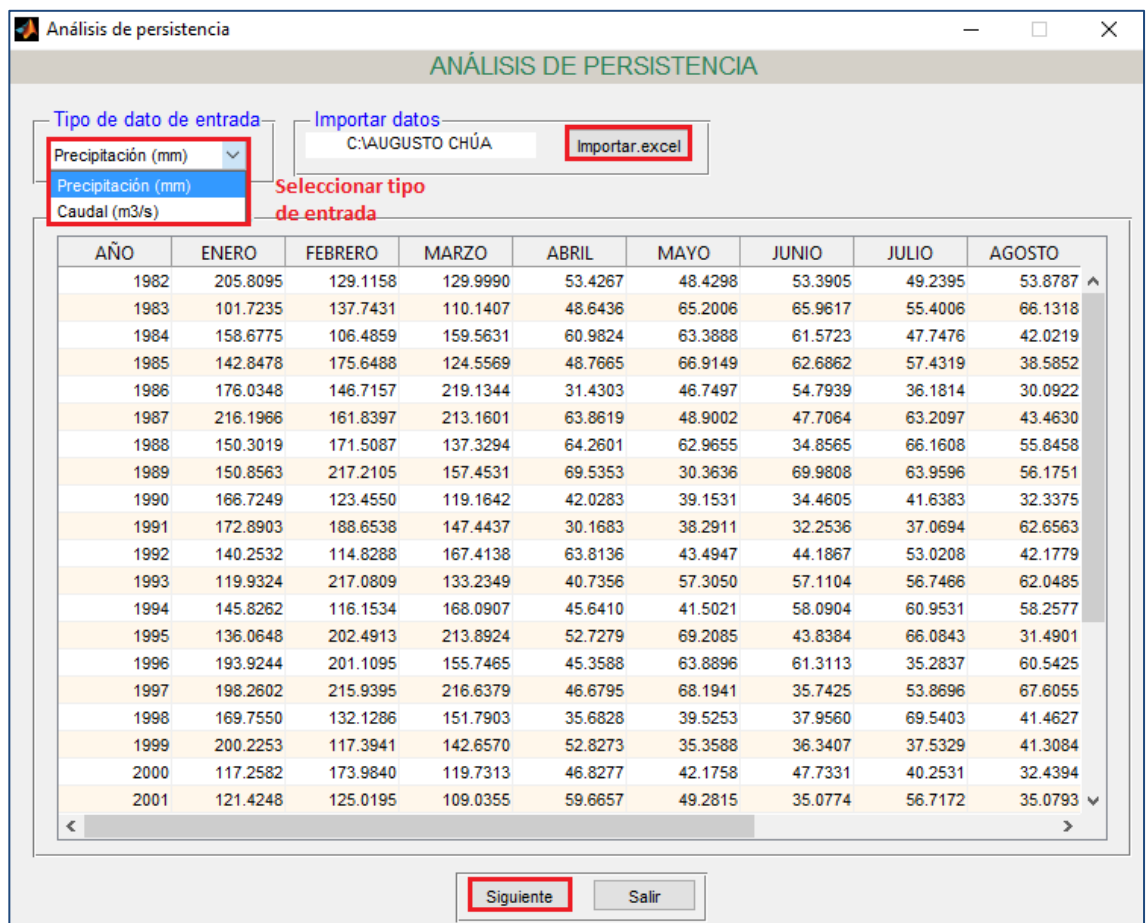


Figura 35: Importación de datos

- R q t " w n v k o q " r t g u k q p c t " g n " d q f i c a p " ò E c n e
presionar el botón Gráfica.

Resultado - Análisis de persistencia

ANÁLISIS DE PERSISTENCIA

Resultados

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Promedio	152.8879	149.8322	152.8121	47.5157	49.2501	46.3072	48.7333
25% persistencia	174.0178	174.4002	167.5830	52.9772	58.7201	57.3554	56.9179
50% persistencia	148.4817	138.7144	153.5821	46.5757	47.7122	44.0125	48.4936
75% persistencia	129.5876	117.0842	128.6385	40.8420	39.4323	35.5762	37.4643
95% persistencia	101.0818	105.3011	106.8729	30.8624	31.6816	32.8152	33.6804

	Frecuencia (%)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1	3.2258	216.1966	217.2105	219.1344	69.5353	69.2085	69.9808	69.5403	67.1
2	6.4516	205.8095	217.0809	216.6379	64.2601	68.1941	65.9617	66.1608	66.
3	9.6774	200.2253	215.9395	213.8924	63.8619	66.9149	62.6862	66.0843	62.
4	12.9032	198.2602	202.4913	213.1601	63.8136	65.2006	61.5723	63.9596	62.
5	16.1290	193.9244	201.1095	174.1753	60.9824	63.8896	61.3113	63.2097	60.
6	19.3548	176.0348	188.6538	169.7741	59.6657	63.3888	58.7979	60.9531	58.
7	22.5806	174.8062	175.6488	168.0907	53.4267	62.9655	58.0904	57.4319	58.
8	25.8065	173.7550	173.9840	167.4138	52.8273	57.3050	57.1104	56.7466	58.
9	29.0323	172.8903	171.5087	163.3498	52.7279	55.3801	54.7939	56.7172	56.
10	32.2581	169.7550	162.4543	160.4064	49.9577	53.4091	53.3905	55.4006	56.
11	35.4839	166.7249	161.8397	159.9873	49.4005	52.1537	51.7208	53.8696	55.
12	38.7097	158.6775	154.8513	159.5631	48.7665	49.2815	47.7331	53.2046	53.
13	41.9355	158.2149	154.4408	157.4531	48.6436	49.1009	47.7064	53.0208	52.
14	45.1613	150.8563	146.7157	155.7465	46.8277	48.9002	45.6138	50.5093	48.
15	48.3871	150.3010	130.4402	155.3730	46.6705	48.4708	44.1867	40.7305	45.

Figura 36: Caudales con diferentes niveles de persistencia

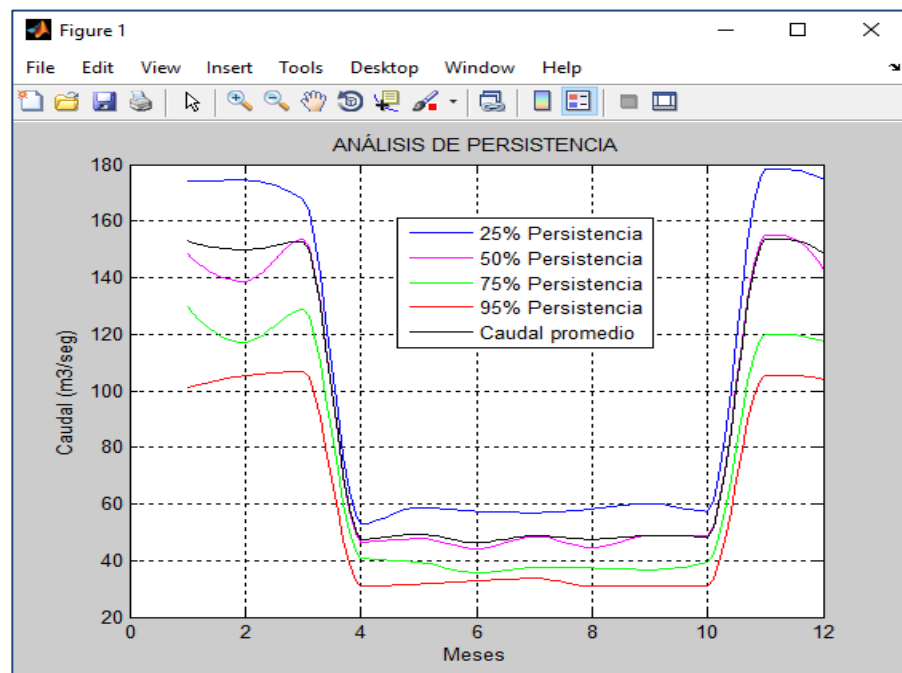


Figura 37: Curvas de los caudales con diferentes niveles de persistencia

- Wp c " x g | " k p v t q f w e k f q " n q u " f c v q u " r w n u c t mostrarán los resultados.

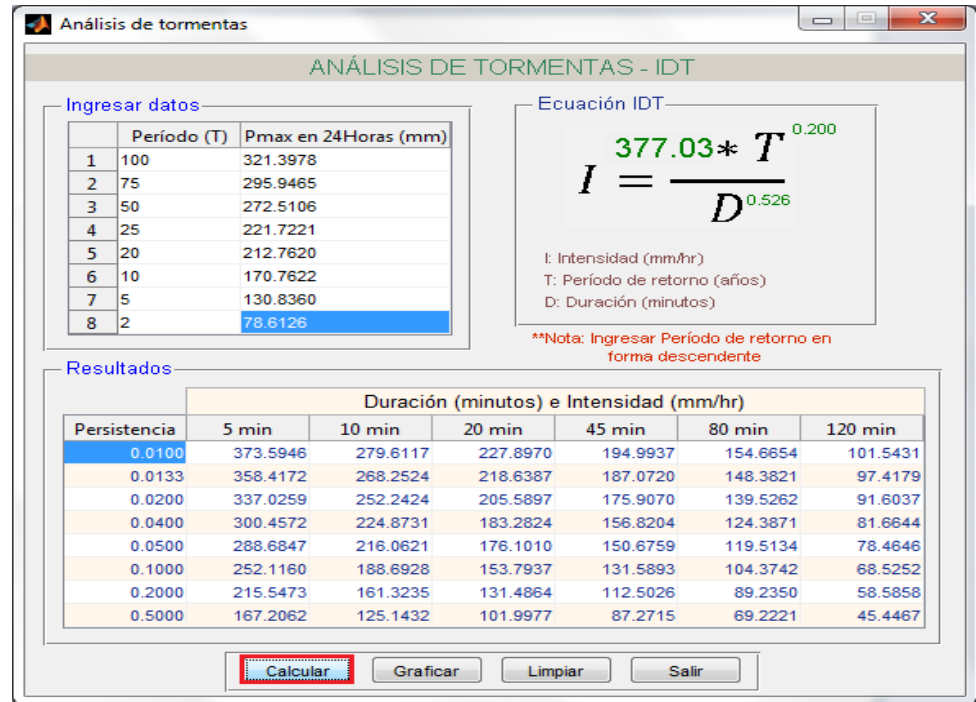


Figura 40: Resultado – Ecuación IDT

- Para graficar r t g u k q p c t " g n " d q v » p " ò I t c h k e c t ö C para 3 periodos de retorno (10, 50, 100).

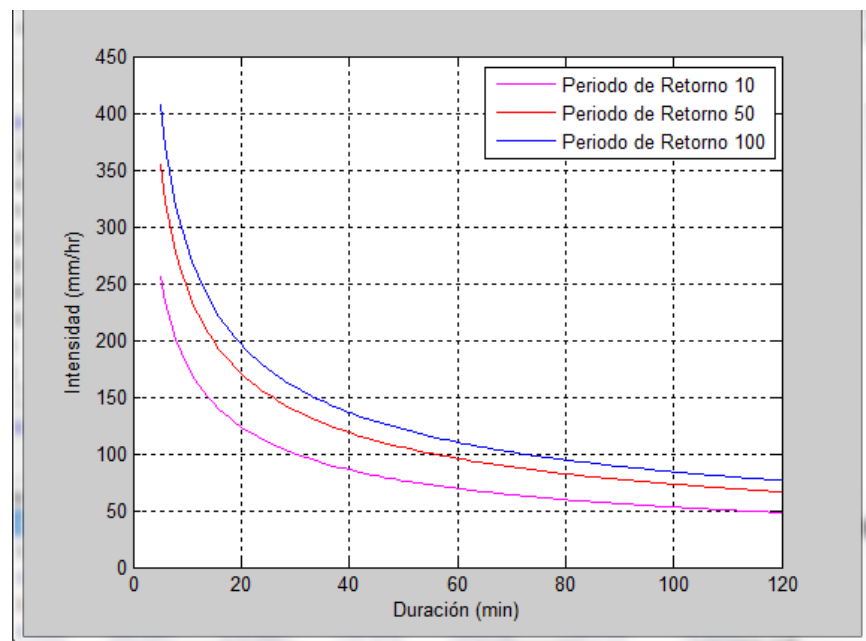


Figura 41: Graficas de las curvas para 10, 50 y 100 periodo de retorno

5.1.2. Regresión lineal múltiple

Ejemplo 10

Dadas las precipitaciones máximas anuales (figura 43), construya las curvas IDT utilizando el método de la regresión lineal múltiple.

Solución:

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " f g " v q t o g p v c u ö " u g n g e e k q p c o q u " ñ E q t t g n c

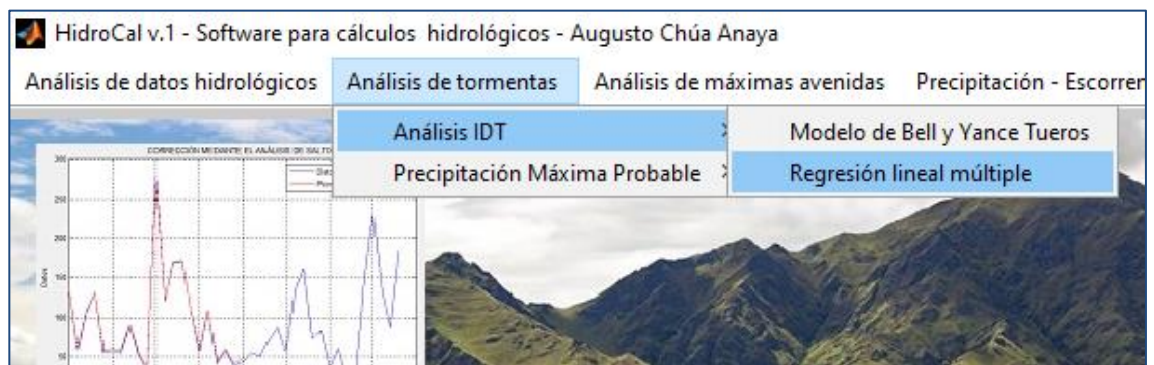


Figura 42: Pestaña del Análisis IDT – Correlación lineal múltiple

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C	D	E	F	G	H			
1		5	10	20	45	80	120	Datos de duración (min)			
2	1954	8	9	9.3	10.5	12.8	14.2				
3	1955	8	8	14.5	20.5	34	48				
4	1956	12.5	15.5	20	24.8	25.5	25.6				
5	1957	7.5	11	14.3	19	25.7	29				
6	1959	5.7	6.8	9.2	10	15.2	15.6	Datos de intensidad (mm/hr)			
7	1960	9.8	11.7	18	20.6	21.1	22.6				
8	1961	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1				
9	1962	13.5	18.5	20.7	38.5	60	80				
10	1963	8	10	11.5	20.3	23.1	30				
11	1964	10	17.5	17.7	18.7	18.7	19.8				
12	Datos de años.										

Figura 43: Ubicación de los datos en Excel

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón "Importar excel" en la interfaz del programa.

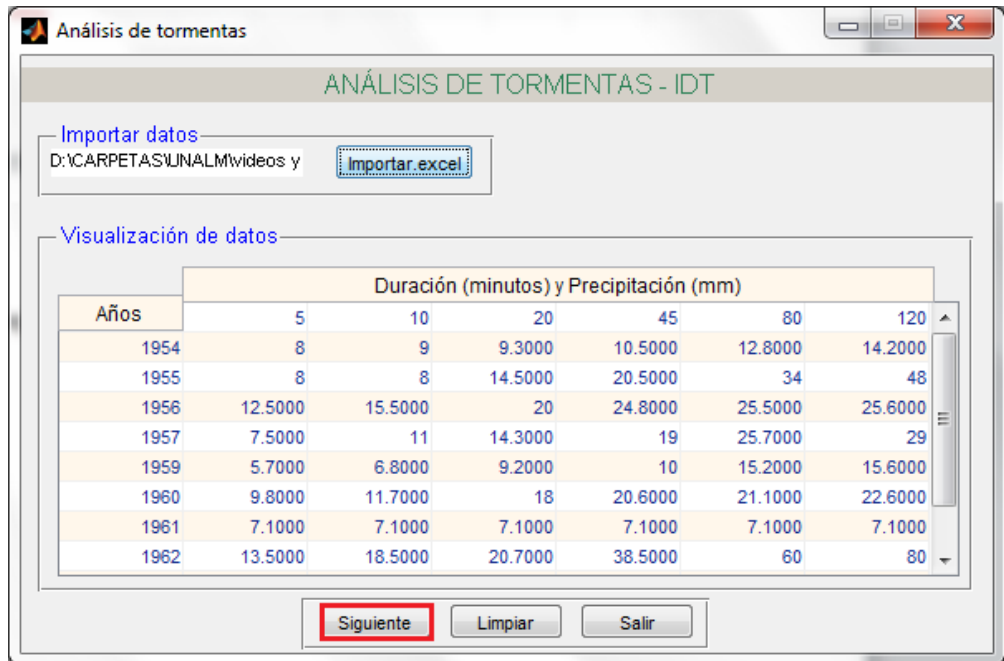


Figura 44: Importación de datos

- Después de importar los datos, se presiona el botón "Calcular" para obtener los resultados.

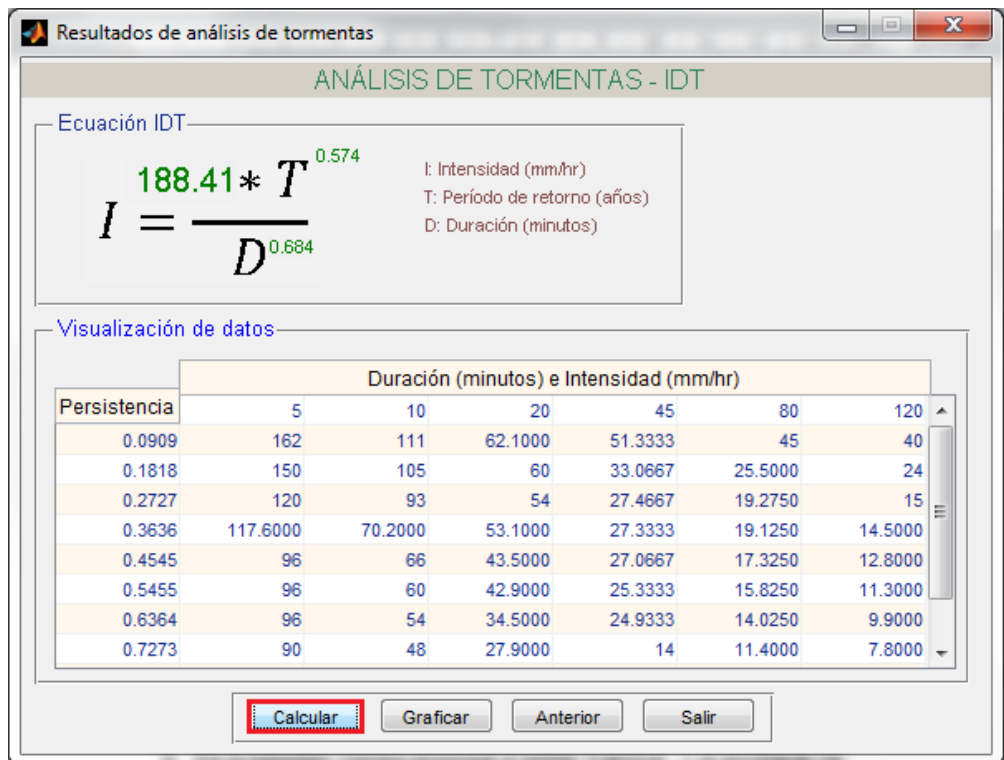


Figura 45: Resultado – Ecuación IDT

- R c t c " i t c h k e c t " r t g u k q p c t " g n " d q v » p " ò I t para 3 periodos de retorno (10, 50, 100).

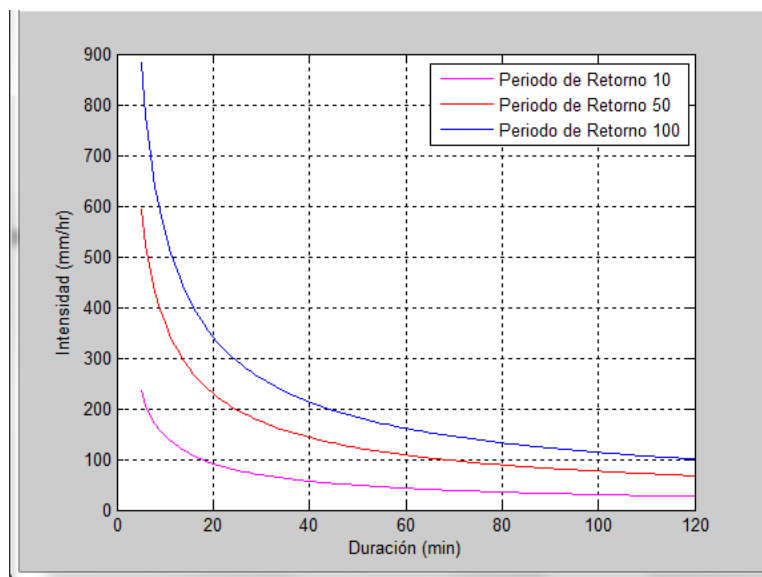


Figura 46: Graficas de las curvas para 10, 50 y 100 periodo de retorno

5.2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROBABLE

5.2.1. Método estadístico

Ejemplo 11

Considerando una serie de 49 años de precipitación máxima 24 horas registrada en la Estación José A. Quiñónez (Huanuco), hallar la precipitación máxima probable con el método estadístico. La cuenca es de 400 Km².

Años	Pmax 24h (mm)	Años	Pmax 24h (mm)	Años	Pmax 24h (mm)
1953	624	1970	481.5	1987	627
1954	579	1971	410.1	1988	538.3
1955	415.5	1972	521.1	1989	524.3
1956	521	1973	556	1990	628.1
1957	513.3	1974	562.7	1991	513
1958	409.8	1975	508	1992	523.6
1959	423.5	1976	467.4	1993	563
1960	464.5	1977	892.5	1994	815.2
1961	517	1978	531.4	1995	539.4
1962	524.5	1979	498.5	1996	508.9
1963	569.6	1980	620.6	1997	741.8
1964	280	1981	784	1998	503
1965	561	1982	856	1999	568.1
1966	446	1983	689	2000	509.9
1967	416	1984	681	2001	593.9
1968	529.1	1985	604		
1969	528	1986	500.4		

Tabla 5: Precipitación máxima 24 horas – Estación José A. Quiñónez

Solución:

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c
f g " v q t o g p v c u ö " u g n g e e k q p c o q u " ð O² v q f q

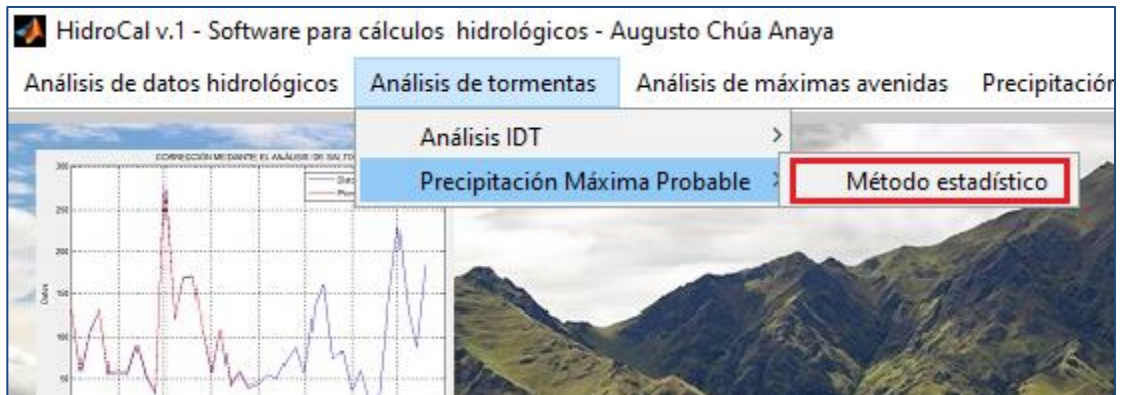


Figura 47: Pestaña de la precipitación máxima probable

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C	D
1	1953	624		
2	1954	579		
3	1955	415.5		
4	1956	521		
5	1957	513.3		
6	1958	409.8		
7	1959	423.5		
8	1960	464.5		
9	1961	517		
10	1962	524.5		
11	1963	569.6		
12	1964	280		
13	1965	561		

En la primera columna se ubican los años y en la segunda columna la precipitación en milímetros.

Figura 48: Ubicación de los datos en Excel

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón ð K o r q t v c t 0 g z e g n ö " { " p q u " f k t k i k o q u " f q p con los datos y se visualizará como en el cuadro rojo de la figura 49.

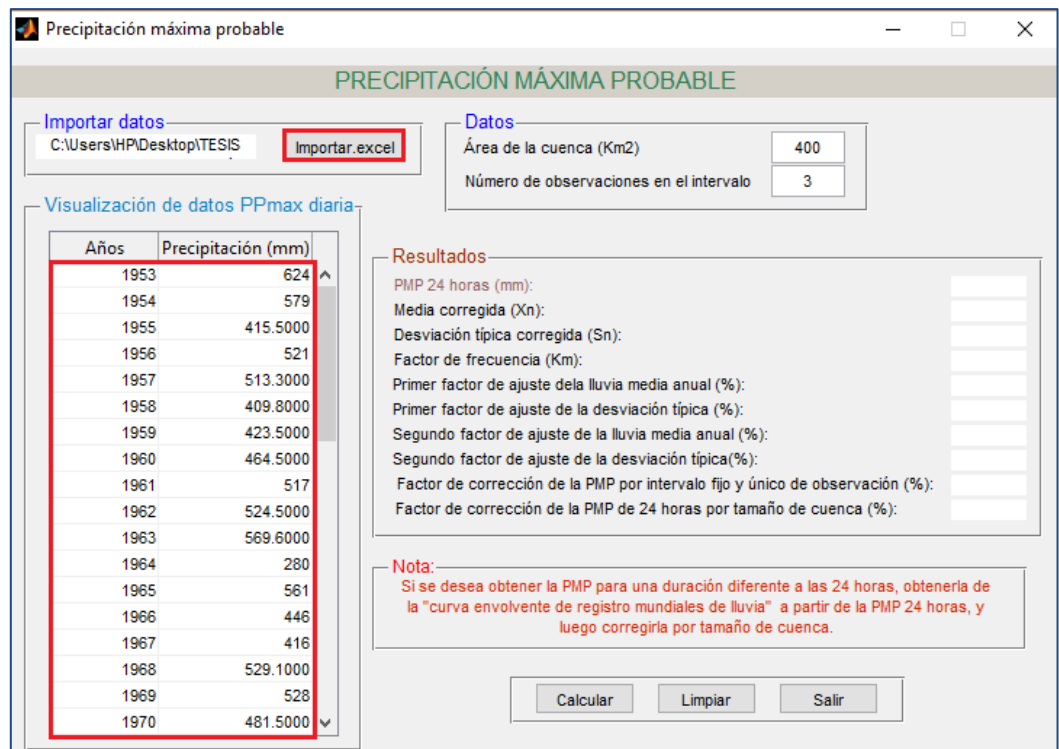


Figura 49: Importación de datos

- Lugo digitamos los valores del área de la cuenca, el cual no debe exceder de 1000 Km2 y por ultimo digitar el Número de observaciones en el intervalo, el cual no debe exceder de 24. Una vez introducido

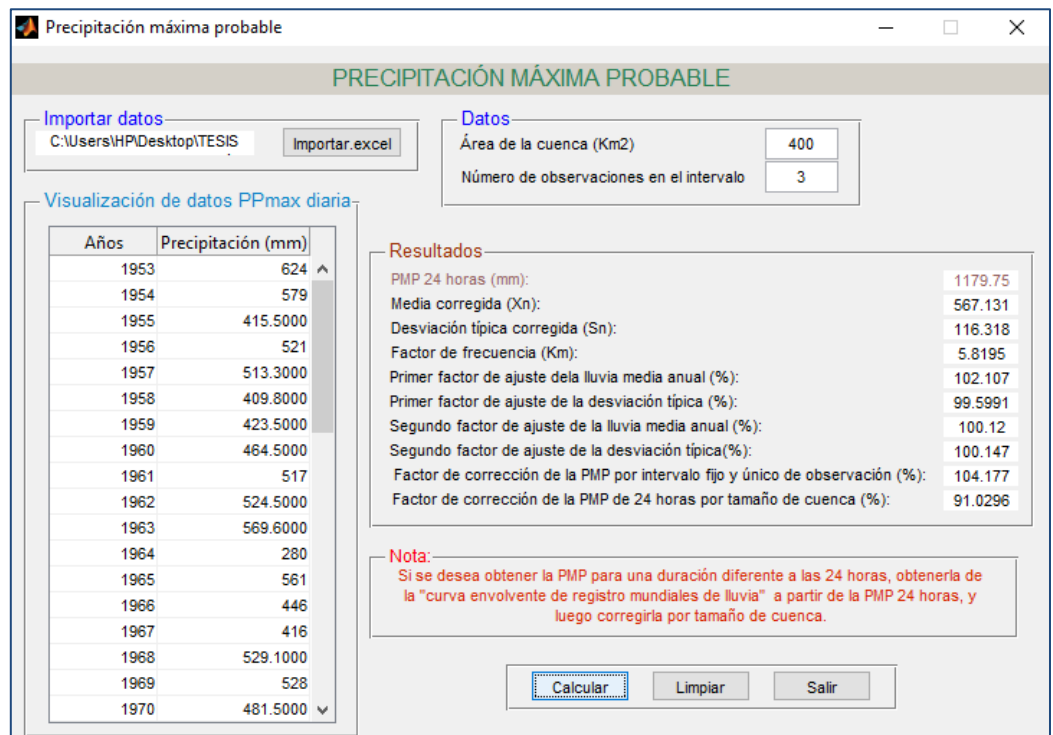


Figura 50: Precipitación máxima probable para 24 horas

6. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS

6.1.DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Pasos para cualquier tipo de distribución

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c f g " o ^a z k o c u " c x g p k f c u ö " u g n g e e k q p c o q u " ó

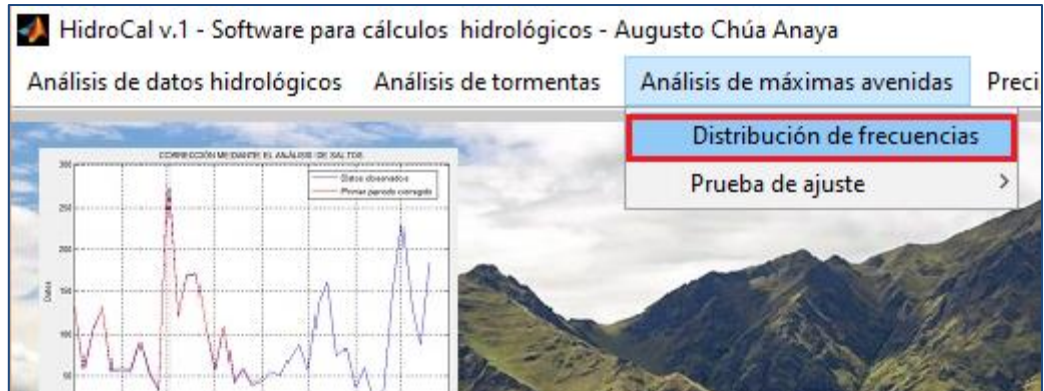


Figura 51: Pestaña de distribución de frecuencias

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C
1	134.41		
2	58.306		
3	106.412		
4	130.798		
5	54.573		
6	56.789		
7	53.741		
8	88.929		
9	51.246		
10	31.206		
11	278.484		
12	120.305		
13	169.102		
14	170.801		
15	108.336		
16	55.553		
17	108.926		
18	40.606		
19	56.867		
20	37.635		
21	43.974		
22	55.009		
23	50.235		
24	70.798		
25	87.087		

Datos de caudal

Figura 52: Ubicación de los datos en Excel

- Se " k o r q t v c t c p " n q u " f c v q u " f g " G z e g n . " r v y nos dirigimos donde está guardado la hoja de Excel con los datos y se visualizan de la siguiente manera:

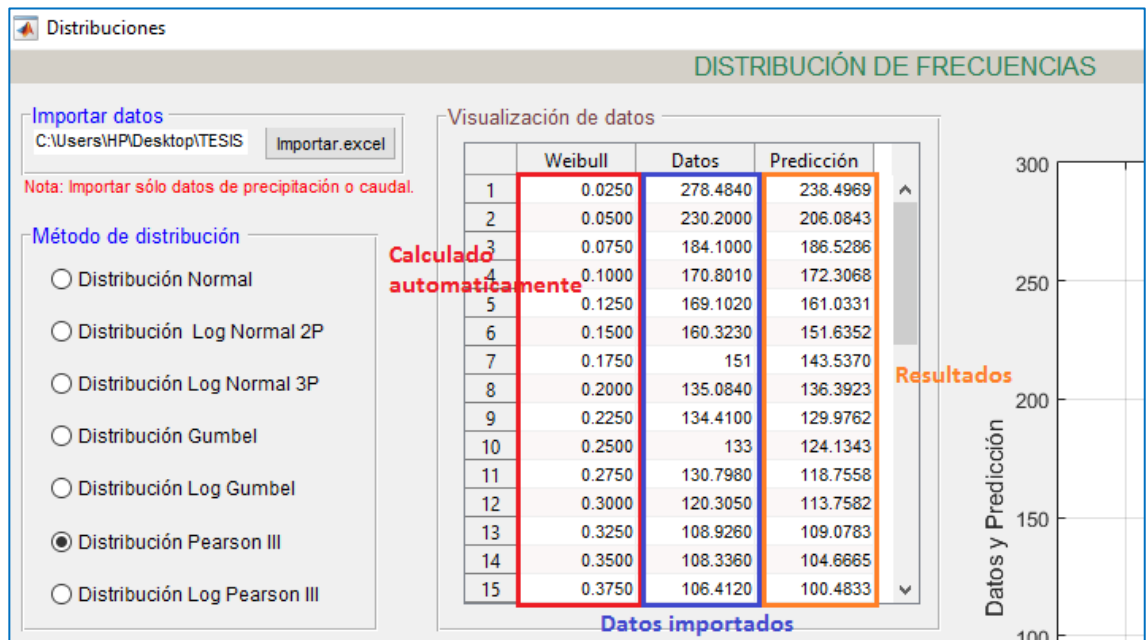


Figura 53: Importación de datos

- Luego se cambia el método de distribución para obtener resultados y la gráfica.

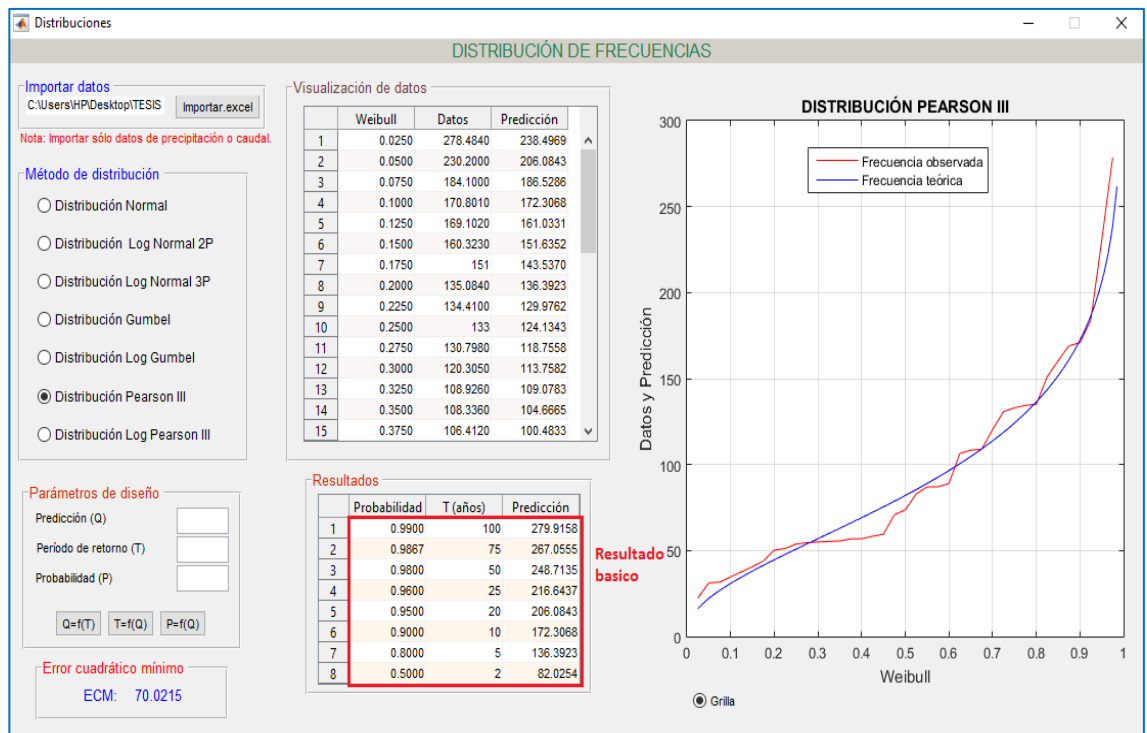


Figura 54: Resultados del tipo de distribución seleccionada

- Si se desea obtener resultados para otros valores de periodo de retorno, de caudal o de frecuencia que no estén incluidos en el resultado básico introducir los valores en el siguiente cuadro.

Figura 55: Tabla para más resultados

Ejemplo: Se quiere obtener el caudal para un periodo de retorno de 90 años.

Primero se introduce el valor del periodo de retorno y luego se pulsa el botón $Q=f(T)$.

Figura 56: Resultados

6.2. PRUEBA DE AJUSTE

6.2.1. Chi – cuadrado

Ejemplo 12

Dada la serie histórica de caudales medios anuales en m^3/s , que corresponden a 38 años. Realizar la prueba de bondad de ajuste Chi ó cuadrado para ver si se ajusta a una distribución normal.

121.3	26.7	110.1	63.4	122.4	64.2	59.6
144.9	92.8	95.6	76.3	162.1	110.2	40.3
142.4	58.8	48.8	52.3	97.2	144.7	112.2
205.8	57.4	148.3	36.3	52.5	109.2	137.1
114.5	79	67.5	88	165.6	48.5	32.9
72.5	76.9	70				

Tabla 6: Caudales medios anuales en m³/s

Solución:

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " f g " o ^a z k o c u " c x g p k f c ó e ö w ' c u f g æ g æ ö ð q p c o q u " ó

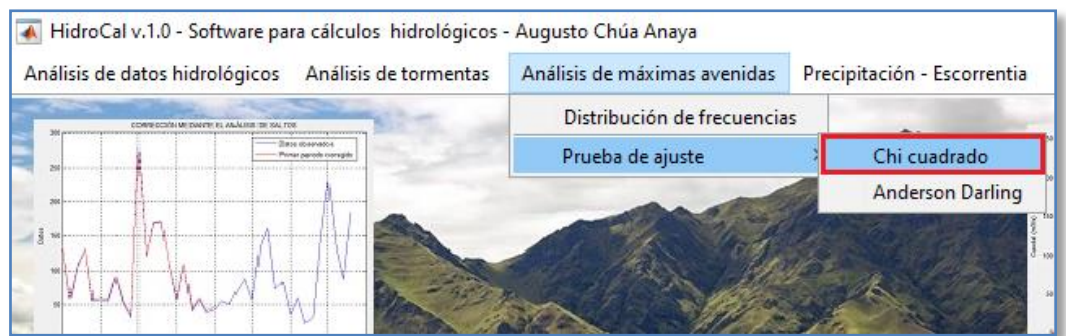


Figura 57: Pestaña de la prueba de ajuste Chi – cuadrado

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C
1	121.3		
2	144.9		
3	142.4		
4	205.8		
5	114.5		
6	72.5	Datos de precipitación o caudal, ubicados en una sola columna	
7	26.7		
8	92.8		
9	58.8		
10	57.4		
11	79		
12	76.9		
13	110.1		
14	95.6		
15	48.8		
16	148.3		
17	67.5		

Figura 58: Ubicación de los datos en Excel

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón "Importar excel" que se encuentra en la hoja de Excel con los datos. Seguidamente se introduce el número de parámetros (es 2 si la distribución es normal y 3 si la distribución es Log Normal 3P) y el nivel de significación.

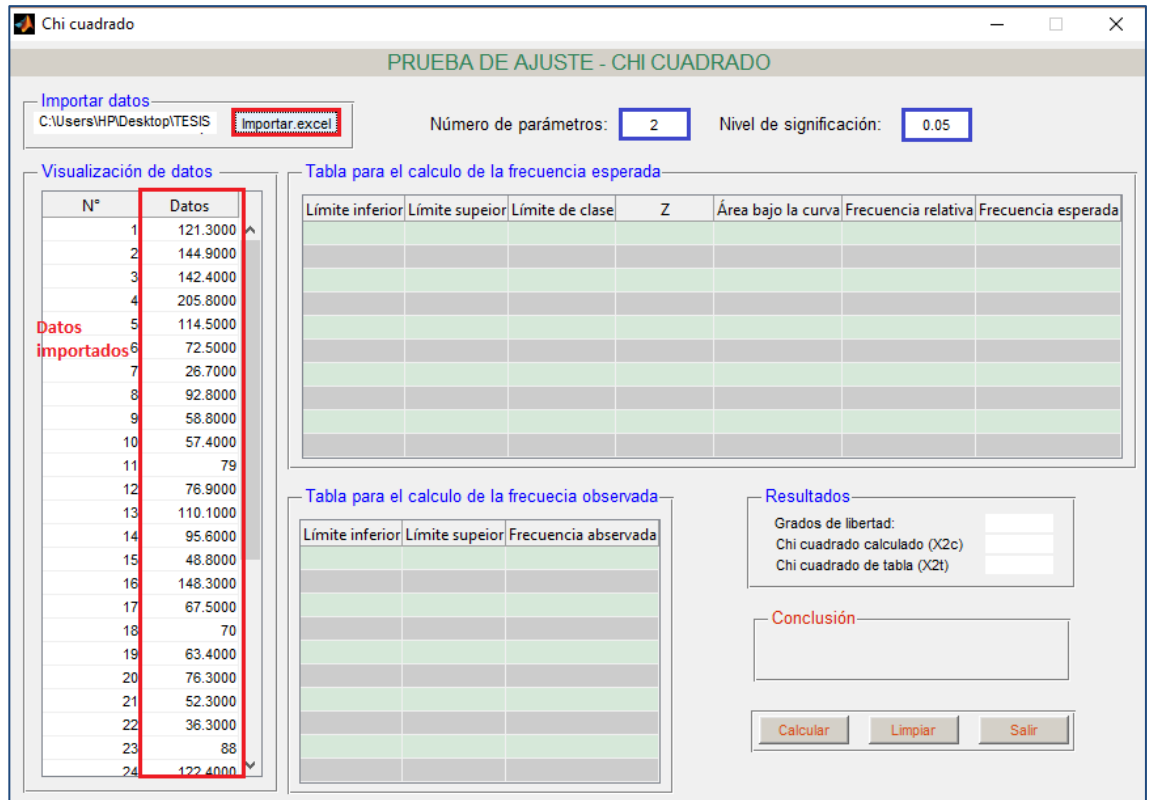


Figura 59: Importación de datos

- Para obtener resultado "Los datos siguen la distribución probada; $X2c \leq X2t$ "

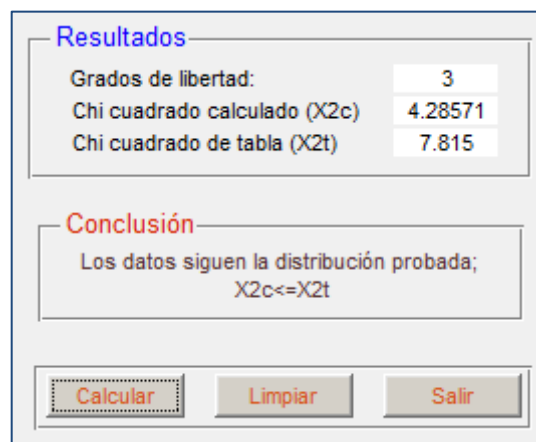


Figura 60: Resultado final

6.2.2. Prueba de normalidad – Anderson Darling

Ejemplo 13

Dada la serie histórica de caudales medios anuales en m³/s, que corresponden a 38 años (datos del ejemplo anterior). Realizar la prueba de normalidad mediante el método de Anderson Darling.

Solución:

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " f g " o a z k o c u " c x g p k f c u ö " u g n g e e k q p c o q u " c

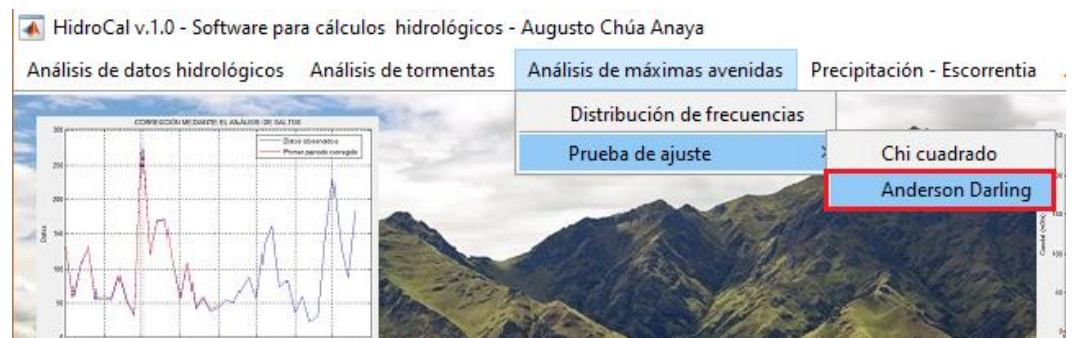


Figura 61: Pestaña de la prueba de normalidad de Anderson Darling

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C	D
1	121.3			
2	144.9			
3	142.4			
4	205.8			
5	114.5			
6	72.5			
7	26.7			
8	92.8			
9	58.8			
10	57.4			
11	79			
12	76.9			
13	110.1			
14	95.6			
15	48.8			
16	148.3			
17	67.5			

Datos de precipitación o caudal, ubicados en una sola columna

Figura 62: Ubicación de los datos en Excel

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón "Importar excel" con los datos. Seguidamente se introduce el valor crítico y el nivel de significación.

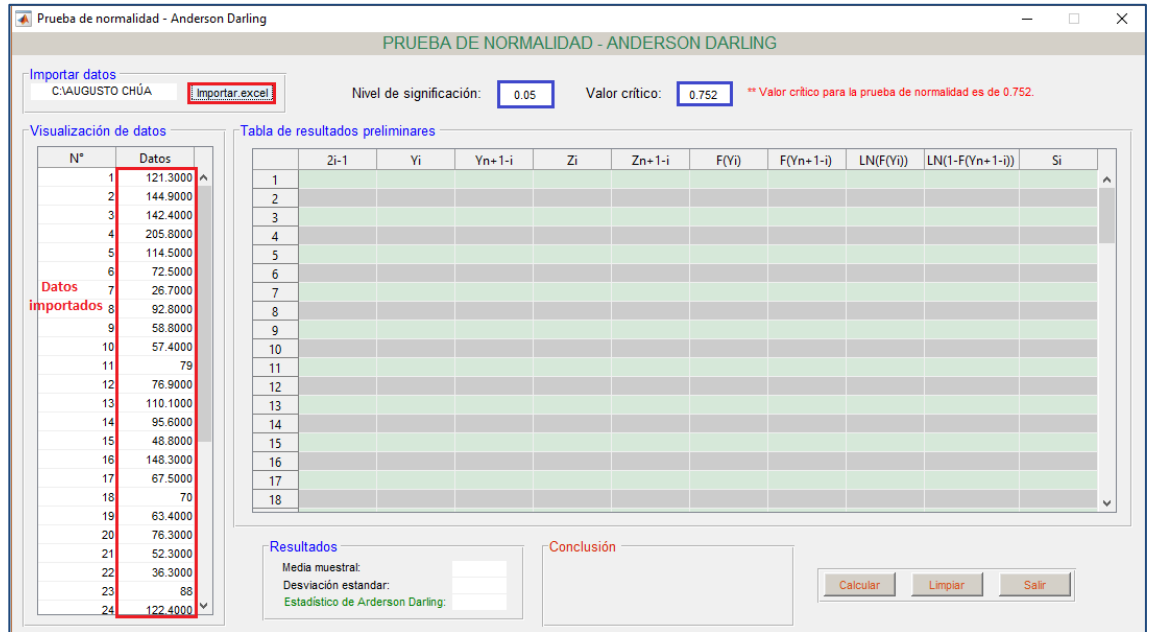


Figura 63: Importación de datos

- Para que se pueda determinar si los datos siguen una distribución normal, se debe calcular el estadístico de Anderson Darling y compararlo con el valor crítico.

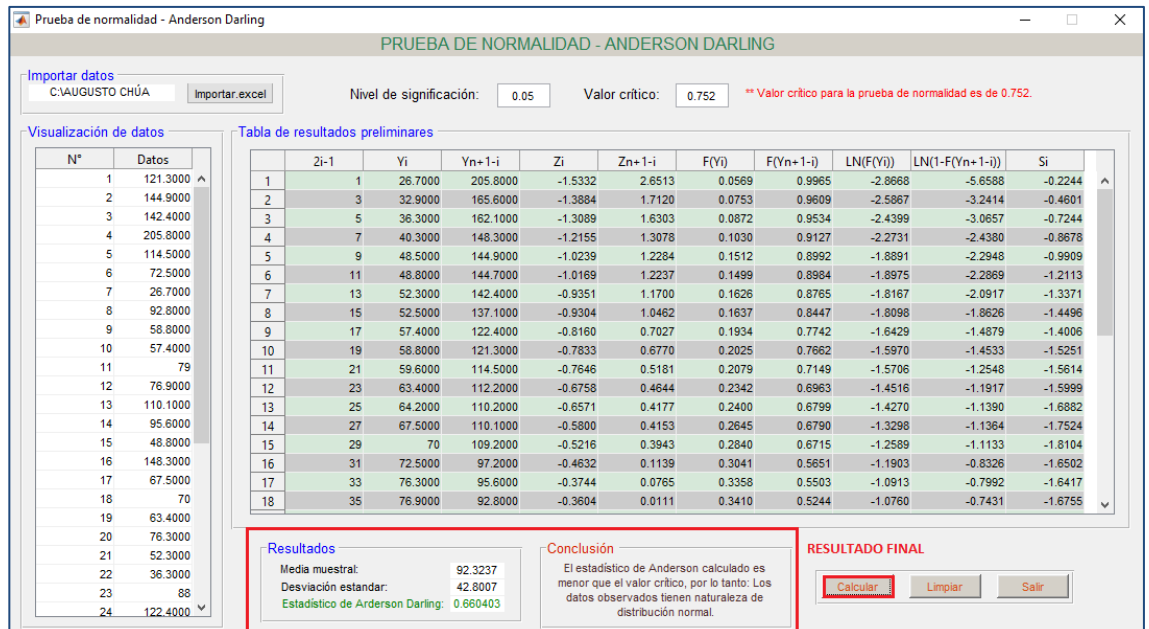


Figura 64: Resultado final

7. PRECIPITACIÓN - ESCORRENTIA

7.1. MÉTODO RACIONAL

Ejemplo 14

Determine el máximo caudal para un área de 2 km², una intensidad máxima de lluvia de 53.3 mm/hr y un coeficiente de escorrentía de 0.52.

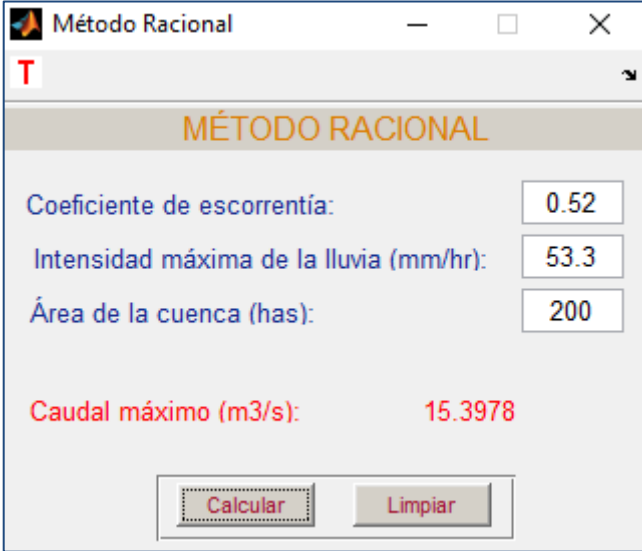
Solución:

- $R = C \cdot I \cdot A$



Figura 65: Pestaña del método racional

- Luego introducimos los datos de coeficiente de escorrentía, intensidad máxima de la lluvia y área de la cuenca. Para finalizar presionar el botón $\text{E c n e w n c t ö 0}$

The image shows a dialog box titled 'Método Racional'. It contains the following fields and values:

- Coeficiente de escorrentía: 0.52
- Intensidad máxima de la lluvia (mm/hr): 53.3
- Área de la cuenca (has): 200
- Caudal máximo (m³/s): 15.3978

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Limpiar'.

Figura 66: Resultados de método racional

7.2. MÉTODO SCS

Pasos:

- R t k o g t q " p q u " f k t k i k o q u " c " n c " r c p v c n n c " r t
G u e q t t g p v ¶ c ö " u g n g e e k q p c o q u " ð O² v q f q " U E U

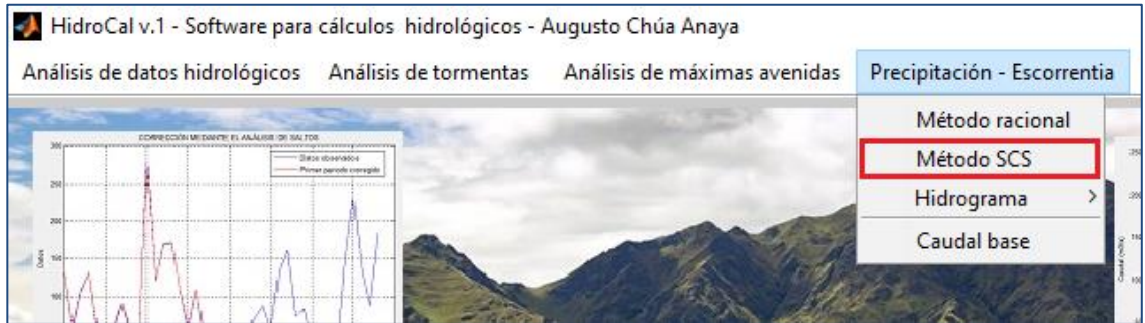


Figura 67: Pestaña del método SCS

- Luego introducimos los datos de precipitación efectiva y curva número. Para
h k p c n k | c t " r t g u k q p c t " g n " d q v » p " ð E c n e w n c t

Figura 68: Ventana del método SCS

7.3. HIDROGRAMA

7.3.1. Hidrograma unitario

Ejemplo 15

Determinar el HU para una cuenca cuyo Hidrograma observado se muestra en la siguiente figura, siendo la precipitación media de la cuenca $P=61.5$ mm y la duración de la lluvia $D=6$ horas.

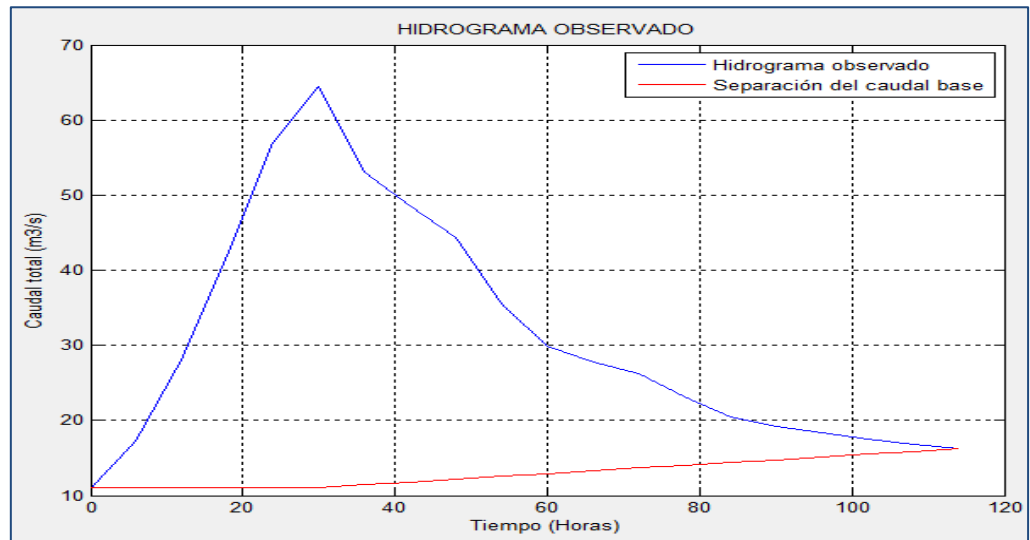


Figura 69: Hidrograma observado

Solución:

- Primero nos dirigimos a la pantalla principal y en la pestaña **Hidrograma unitario**



Figura 70: Pestaña del Hidrograma unitario

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls o xlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C	D
1	0	11.1	11.1	
2	6	17.2	11.1	
3	12	28	11.1	
4	18	42	11.1	
5	24	57	11.1	
6	30	64.5	11.1	
7	36	53	11.5	
8	42	48.6	11.8	
9	48	44.4	12.2	
10	54	35.5	12.6	
11	60	29.9	12.9	
12	66	27.8	13.3	
13	72	26.2	13.7	
14	78	23.2	14	
15	84	20.5	14.4	
16	90	19.2	14.7	
17	96	18.3	15.1	
18	102	17.5	15.5	
19	108	16.8	15.8	
20	114	16.2	16.2	
21	Tiempo acumulado	Caudal total	Caudal base	
22	en horas	(m3/s)	(m3/s)	

Figura 71: Ubicación de los datos en Excel

- Se " k o r q t v c t c p " n q u " f c v q u " f g " G z e g n . " r v y nos dirigimos donde está guardado la hoja de Excel con los datos.
- Después se introducirán los datos de duración (horas), área de la cuenca (km2) y lámina (mm).

Ingresar datos

Duración (horas):

Área de la cuenca (Km2):

Lámina (mm):

Figura 72: Introducción de datos

- Para finalizar se elige el tipo de gráfica que deseamos obtener.

Hidrograma Observado
 Hidrograma Unitario
 Histograma
 Grilla

Figura 73: Elección del tipo de grafica

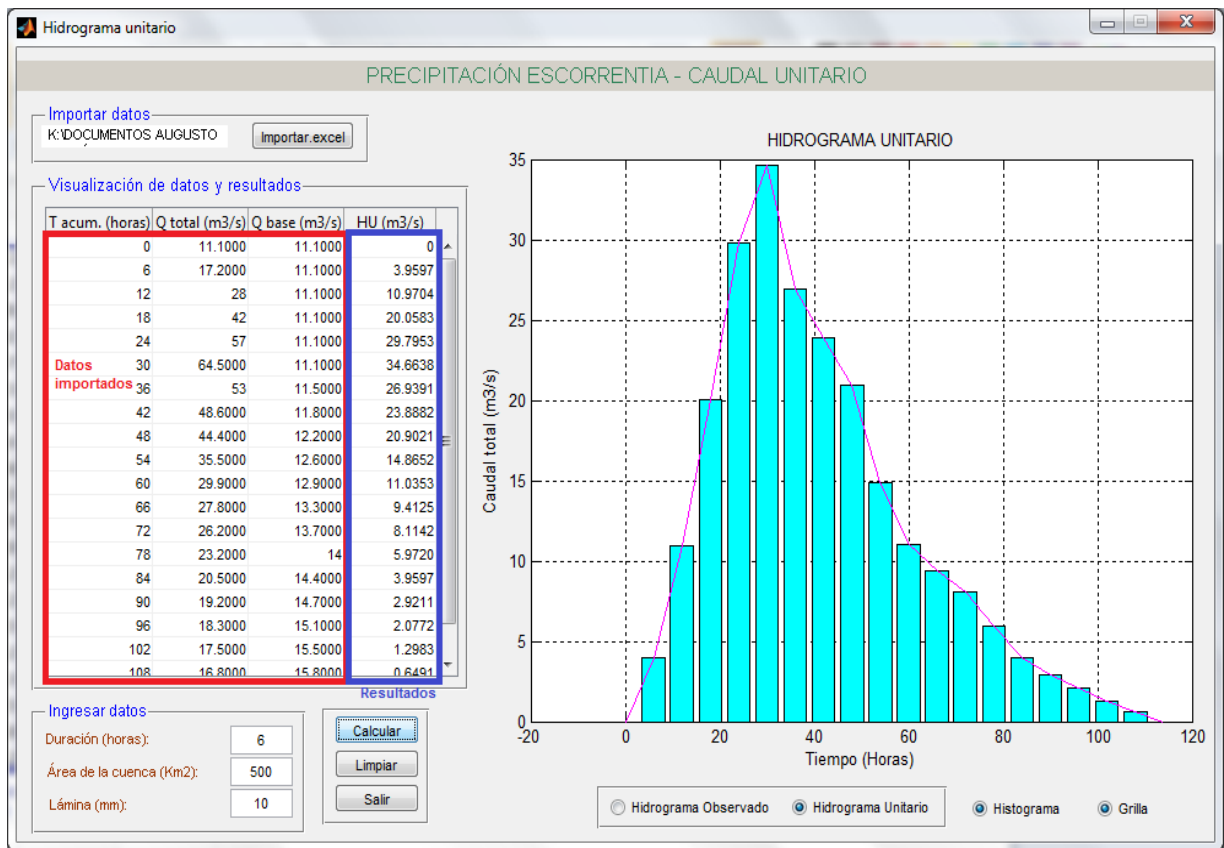


Figura 74: Resultados del Hidrograma unitario

7.3.2. Curva S

La gran utilidad de la Curva S es que ella permite el cálculo de hidrogramas unitarios para cualquier duración, para eso se desplaza la curva S un intervalo t , igual a la duración del HU deseado; las coordenadas de ese HU buscado son calculadas por la diferencia entre las dos Curvas S.

Ejemplo 16


Determinar la Curva S y el HU para 12 horas de duración. Utilizar la misma información del ejemplo anterior

Solución:

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

Figura 75: Ubicación de los datos en Excel

	A	B	C
1	0	0	
2	6	3.9597	
3	12	10.9704	
4	18	20.0583	
5	24	29.7953	
6	30	34.6638	
7	36	26.9391	
8	42	23.8882	
9	48	20.9021	
10	54	14.8652	
11	60	11.0353	
12	66	9.4125	
13	72	8.1142	
14	78	5.972	
15	84	3.9597	
16	90	2.9211	
17	96	2.0772	
18	102	1.2983	
19	108	0.6491	
20	114	0	
21			
22	Tiempo acumulado en horas	Caudal unitario (m ³ /s)	
23			

- Luego se importaran los datos de Excel, pulsando el botón  con los datos.
- Después se introducirán los datos de duración del Hidrograma de dato (horas) y la duración a estimar (horas).

Duración del hidrograma de dato (horas):	<input type="text" value="6"/>
Duración a estimar (horas):	<input type="text" value="12"/>

Figura 76: Introducción de datos

- Para finalizar se elige el tipo de gráfica que deseamos obtener.

<input type="radio"/> Hidrograma unitario inicial	<input checked="" type="radio"/> Curva S	<input type="radio"/> Hidrograma Unitario resultante	<input type="radio"/> Histograma
			<input checked="" type="radio"/> Grilla

Figura 77: Elección del tipo de grafica

➤ R c t c " q d v g p g t " g n " t g u w n v c f q " r w n u c o q u " c

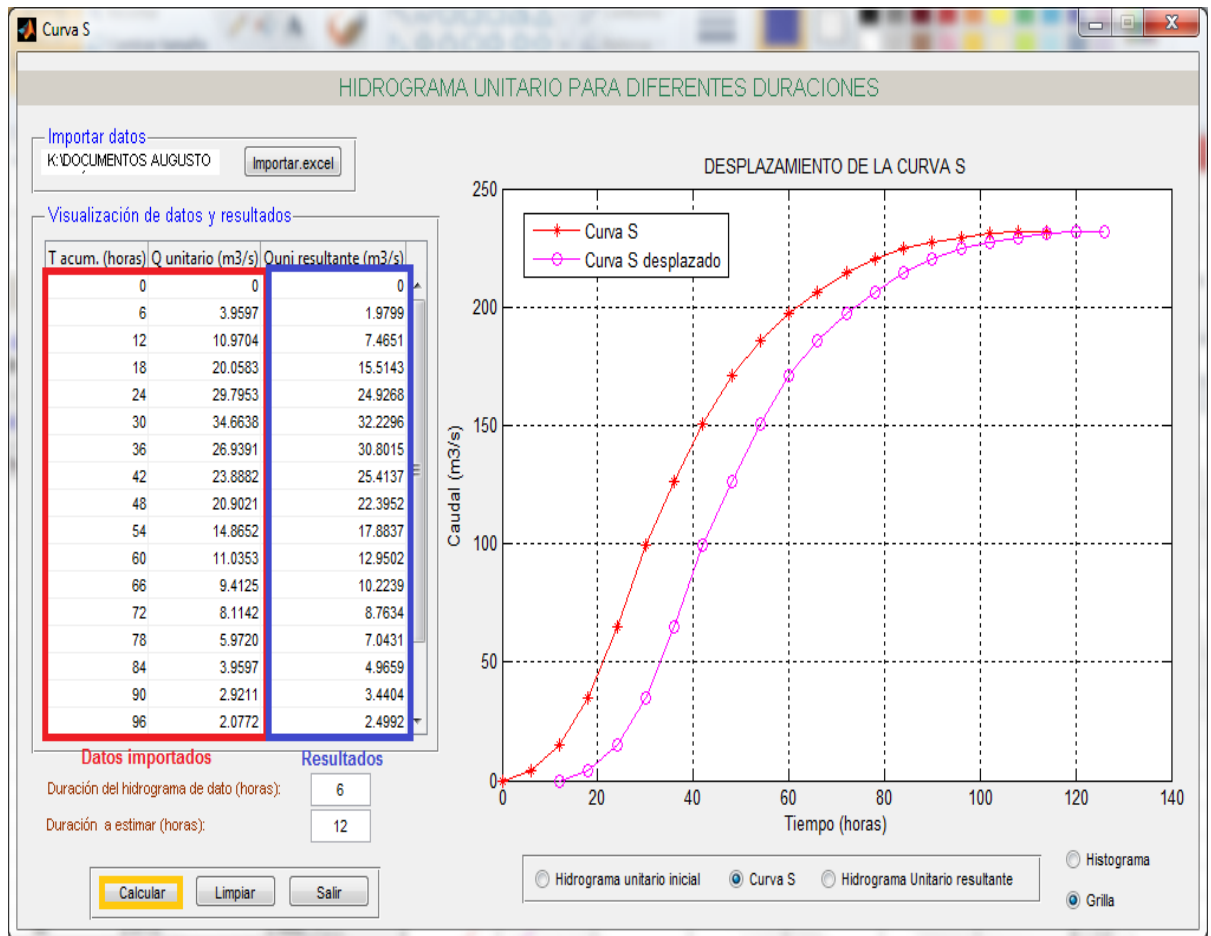


Figura 78: Caudal unitario resultante para una duración de 12 horas y curva S

7.3.3. Hidrograma sintético de Snyder

Ejemplo 17

Calcular el hidrograma unitario sintético de Snyder de 6 horas de duración para una subcuenca de 2500 km² con L=100km y Lc=50Km, donde Ct=2.65 y Cp=0.56.

Solución:

- Primero nos dirigimos a la pantalla principal y en la pestaña **Hidrograma sintético** de Snyder 0

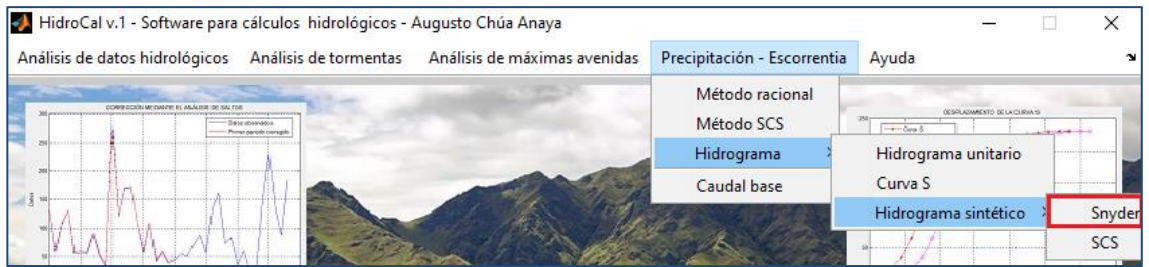


Figura 79: Pestaña del Hidrograma sintético de Snyder

- Luego introducimos los datos presentados en el ejemplo, en el siguiente cuadro:

Ingresar datos

Duración de la lluvia (horas):	6	Distancia desde la salida de la cuenca hasta el punto del cauce más cercano al centroide de la cuenca (Km):	50
Coeff. para el tiempo de retardo (Ct):	2.65	Área de la cuenca (Km2):	2500
Longitud del cauce principal desde la salida hasta la divisora (Km):	100	Coeff. para el caudal pico (Cp):	0.56

Figura 80: Introducción de datos

- R c t c " h k p c n k | c t " r t g u k q p c o q u " g n " d q v » p '

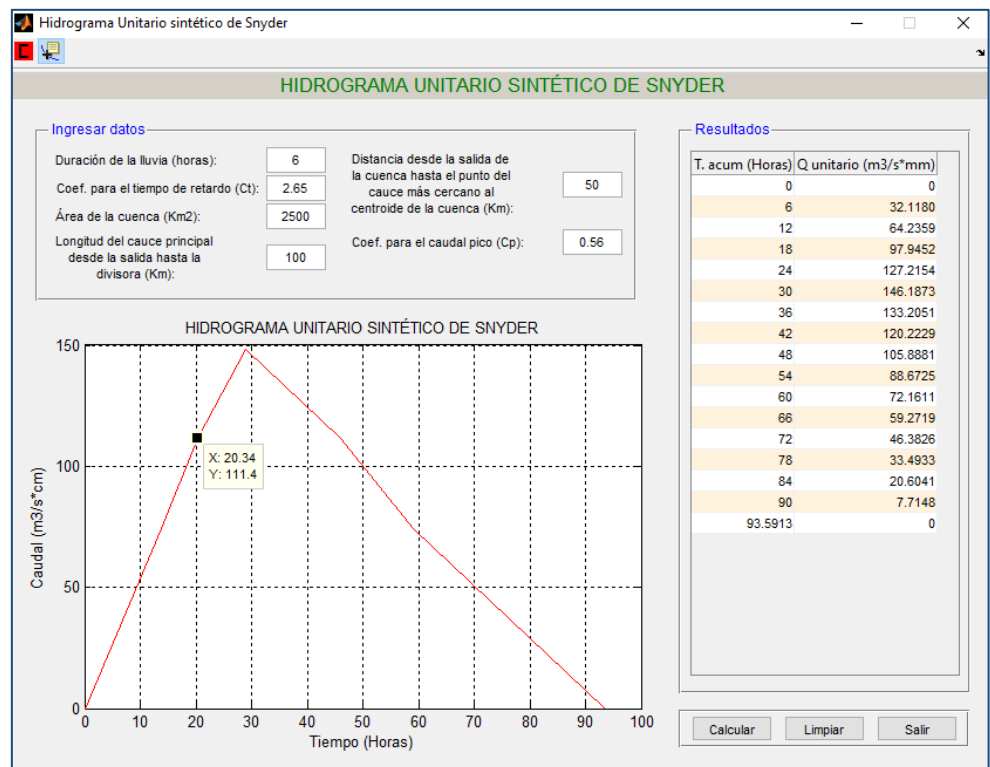


Figura 81: Resultados del hidrograma unitario sintético de Snyder

7.3.4. Hidrograma sintético SCS

Ejemplo 18

Construir un hidrograma unitario SCS de 15 minutos de duración para una cuenca de 10 km² de área y un tiempo de concentración de 2 horas.

Solución:

- Primero nos dirigimos a la pantalla principal y en la pestaña **Hidrograma sintético** de SCS

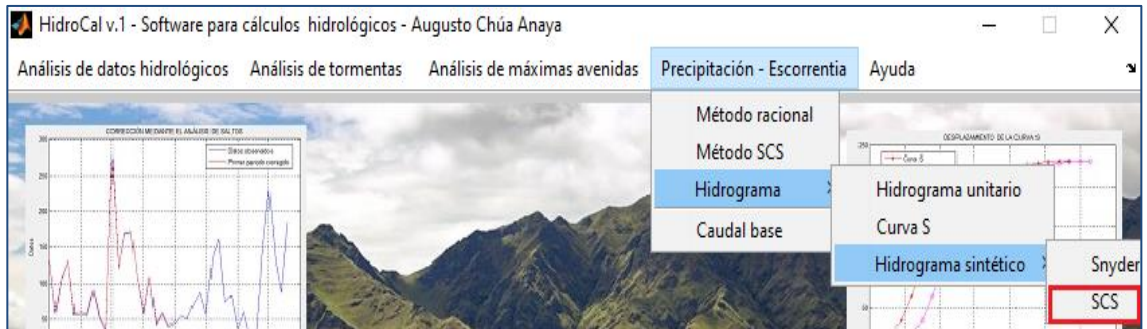


Figura 82: Pestaña del Hidrograma sintético de SCS

- Introducir los datos de duración de la lluvia (horas), tiempo de concentración (horas) y área de la cuenca (km²).

Ingresar datos

Duración de la lluvia (horas):

Tiempo de concentración (horas):

Área de la cuenca (Km²):

Figura 83: Introducción de datos

- R c t c " q d v g p g t " g n " t g u w n v c f q " r w n u c o q u " ó

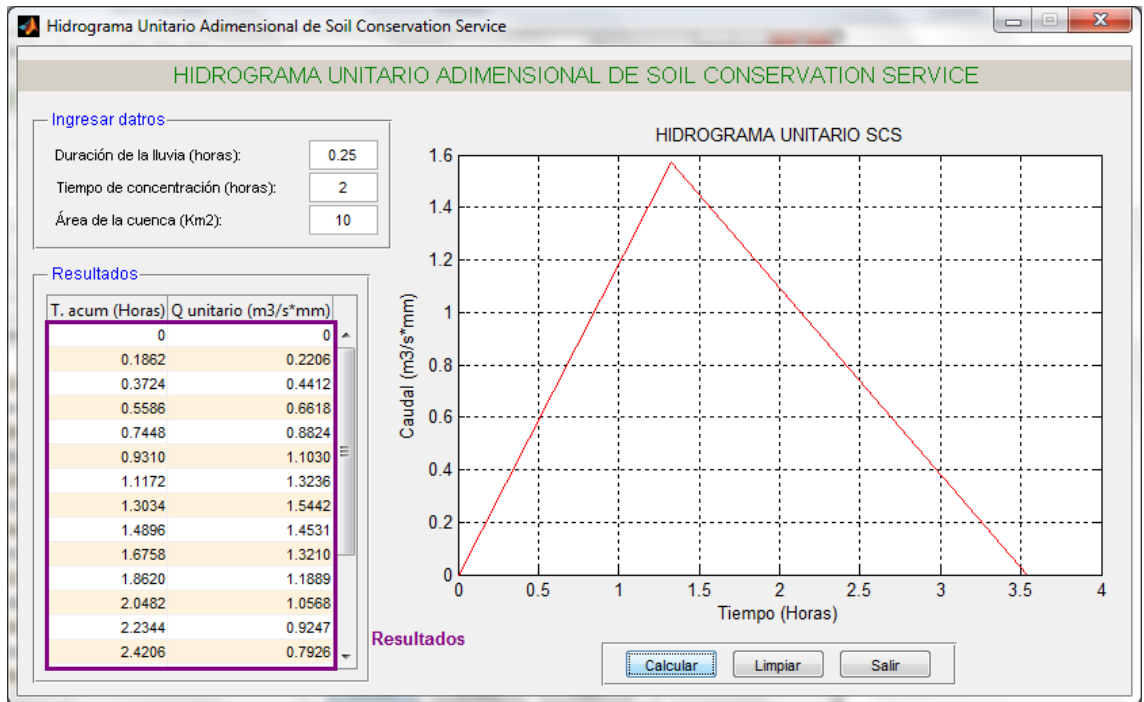


Figura 84: Resultados del hidrograma unitario sintético SCS

7.4. CAUDAL BASE

La precipitación al caer en la superficie del suelo se distribuye en diferentes partes, algunas de ellas pasando a formar parte de la escorrentía casi inmediatamente y otras permaneciendo estancadas por periodos variables dentro del suelo.

El flujo base es formado por el agua que percola hasta alcanzar el almacenamiento subterráneo y más tarde sale en forma de flujo base.

Ejemplo 19

Hallar el caudal base con los datos del hidrograma mostrados en la figura 78.

Solución:

- $R_t - k_o g t + q = p - q_u = f - k_t k_i k_o q_u = c = n c = r - c p - v - c - n - n - c = r - t$
 $G = u e q t t g p v \parallel c \ddot{o}$ Caudal base $\ddot{e} \ddot{e} k q p c o q u = \ddot{o}$



Figura 85: Pestaña del Hidrograma sintético de SCS

- Los datos a importar deben estar en Excel, cuya extensión debe ser xls oxlsx y deberán estar ubicadas de la siguiente manera:

	A	B	C
1	0	11.1	
2	6	17.2	
3	12	28	
4	18	42	
5	24	57	
6	30	64.5	
7	36	53	
8	42	48.6	
9	48	44.4	
10	54	35.5	
11	60	29.9	
12	66	27.8	
13	72	26.2	
14	78	23.2	
15	84	20.5	
16	90	19.2	
17	96	18.3	
18	102	17.5	Caudal total
19	108	16.8	(m3/s)
20	114	16.2	
21	Tiempo acumulado		
22	en horas		

Figura 86: Ubicación de los datos en Excel

- Luego se k o r q t v c t c p " n q u " f c v q u " f g " G z e g n . " r w n y nos dirigimos donde está guardado la hoja de Excel con los datos.
- Después se elige el método, si se elige el método 1 introducir adicionalmente el área de la cuenca (km²) y si se elige el método 4 introducir la tolerancia que significa la diferencia de pendientes entre las rectas de atrás hacia adelante del hidrograma.



Figura 87: Elección del método 1



Figura 88: Elección del método 4

➤ R c t c " q d v g p g t " t g u w n v c f q u " r t g u k q p c t " g n " d

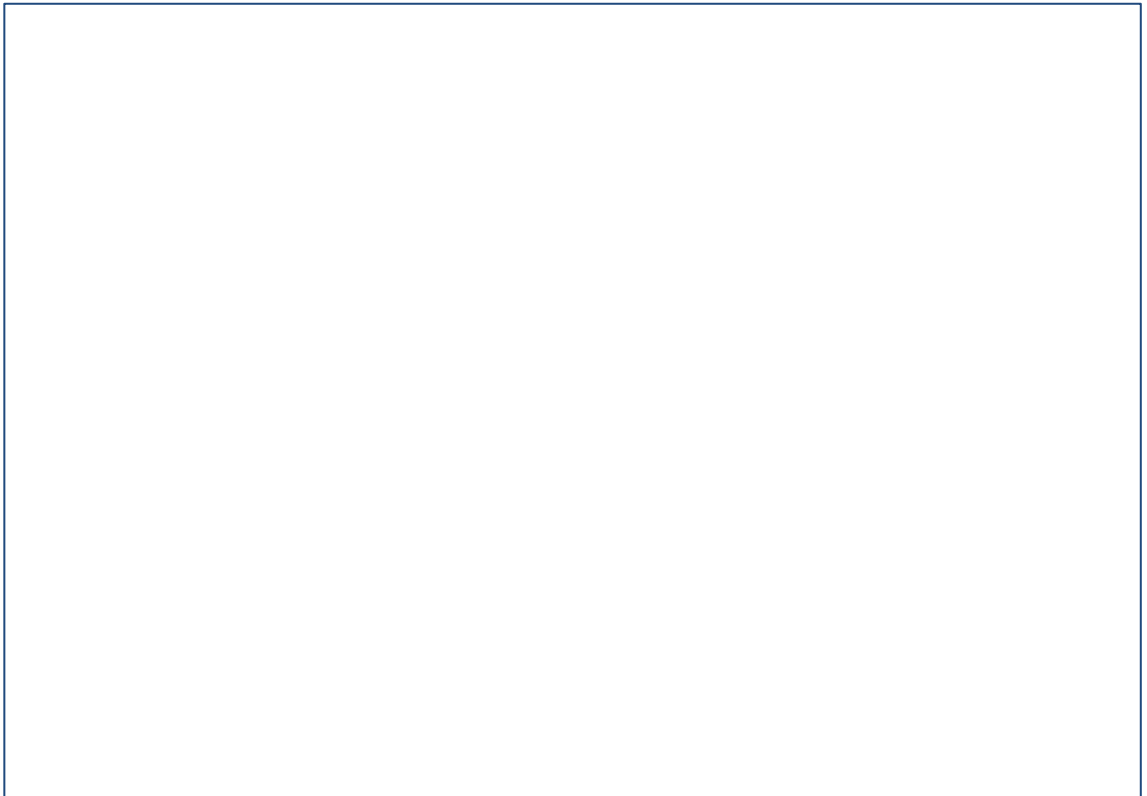


Figura 89: Resultados del caudal base