

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**“ANALISIS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS PARA LA DEDUCCIÓN DE FORMULAS DE INTENSIDAD DE LLUVIA, Y CURVAS IDF PARA LAS ESTACIONES DE HUANCANÉ, MOHO Y PUTINA”**

## **TESIS**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
HERBERTH IVÁN UGARTE RAMOS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO - PERÚ**

**2012**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

**“ANALISIS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS PARA LA  
DEDUCCIÓN DE FORMULAS DE INTENSIDAD DE LLUVIA, Y CURVAS  
IDF PARA LAS ESTACIONES DE HUANCANÉ, MOHO Y PUTINA”**

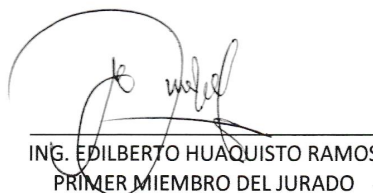
**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. HERBERTH IVÁN UGARTE RAMOS**



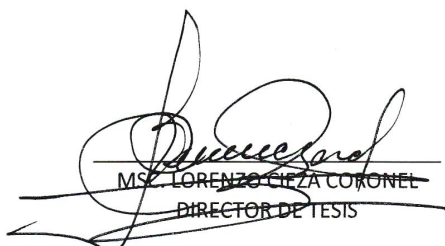
MSC. ISIDRO ALBERTO PILARES HUALPA  
PRESIDENTE DEL JURADO



ING. EDILBERTO HUAQUISTO RAMOS  
PRIMER MIEMBRO DEL JURADO



MSC. ROBERTO ALFARO ALEJO  
SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO



MSC. LORENZO CIEZA CORONEL  
DIRECTOR DE TESIS



ING. GERMAN BELIZARIO QUISPE  
ASESOR DE TESIS

**ÁREA : Ingeniería y Tecnología**  
**TEMA: Modelamiento hidrológico**  
**LÍNEA: Recursos Hídricos**

## DEDICATORIA

### ◆ **A Dios:**

Padre mío por haberme dado la vida, por haberme encaminado en este sendero y dado la oportunidad de hacer algo por los demás.

### ◆ **A mis padres:**

**A mi madre Lilia Adela Ramos Condori**, a ti mami linda te dedico este trabajo por todo el esfuerzo lucha y entrega que mostraste en esta vida y por los consejos que me brindaste en toda mi formación personal y profesional te amo mami.

**A mi padre Buenaventura Ugarte Mamani**, Por el apoyo que me brindaste y en mi formación profesional y el esfuerzo mostrado en cada momento de la vida te amo papá.

**A mi Abuelo Orestes Ramos Huanca**, a ti abuelo querido, por tus sabios consejos y que con tu ejemplo de padre me supiste enrumbar por el camino del bien, y por tu apoyo en los momentos más difíciles de mi vida hasta después de tu muerte.

### ◆ **A mis hermanos (as):**

Maritza, Judith, Yeni, Yerson y Lisbeth por el apoyo incondicional que me brindaron en cada momento, y por los buenos recuerdos de nuestra infancia hasta hoy, ustedes son y serán una razón en mi vida los amo, y con cariño a mis cuñados(as) y sobrinas(os).

### ◆ **A mi amor:**

Ruth Eliana, por la compañía y por los buenos consejos que me das, para seguir adelante.

*HERBERTH IVAN UGARTE RAMOS*

## **AGRADECIMIENTO**

- ◆ A la Universidad Nacional del Altiplano y a la Facultad de Ingeniería Agrícola. Por haberme dado la oportunidad de formarme en sus claustros universitarios
- ◆ A los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola por brindarme sus enseñanzas y experiencias en mi formación profesional.
- ◆ Al Ing° Msc. Lorenzo Cieza Coronel Director de la presente Tesis, por sus acertados consejos y su gran apoyo en la elaboración de la presente Tesis.
- ◆ Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - Puno (SENAMHI), y a su representante Ing° Sixto Flores Sancho, jefe del SENAMHI por sus aportes en este estudio.
- ◆ A mis jurados Mcs. Alberto Pilares H., Msc. Roberto Alfaro Alejo y al Ing° Edilberto Huaquisto Ramos.
- ◆ A todos los mis compañeros de Ingeniería Agrícola por haber contribuido en mi formación profesional, por su compañía durante mis estudios universitarios, sus enseñanzas y consejos.
- ◆ A todos mis amigos (as) por su compañía.

**INDICE GENERAL**

RESUMEN .....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPITULO I.....	15
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2 ANTECEDENTES.....	16
1.3 OBJETIVOS .....	18
a. Objetivo General .....	18
b. Objetivo Específico .....	18
CAPITULO II.....	19
2.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	19
2.1.1 La Hidrología .....	19
2.1.2 Importancia de la Hidrología .....	19
2.1.3 Ciclo hidrológico .....	20
2.1.4 Cuenca hidrográfica .....	20
2.1.5 Características físicas de la cuenca hidrológica .....	21
2.1.6 Precipitación .....	22
a. Definición .....	22
b. Formación de la precipitación .....	22
c. Clasificación de la Precipitación.....	23
d. Medición de la Precipitación .....	24
2.1.7 Análisis de tormentas .....	26
a. Definición de Tormenta .....	26
b. Su importancia .....	26
2.1.8 Elementos fundamentales del análisis de tormentas.....	26
a. La intensidad (i).....	26
b. Duración.....	27
c. Frecuencia.....	27
d. Periodo de retorno .....	27
e. Hietograma. ....	27
f. Curva masa de precipitación.....	28
g. Relación entre las curvas intensidad-Duración-Frecuencia.....	29
2.1.9 Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos.....	31
a. Distribución de probabilidad para variables hidrológicas .....	31

a.1Distribución Normal .....	32
a.2Distribución Log Normal 2 Parámetros.....	33
a.3Distribución Log Normal 3 Parámetros.....	34
a.4Distribución Gamma 2 Parámetros .....	35
a.5Distribución Gamma 3 Parámetros .....	35
a.6Distribución Log Pearson Tipo III.....	36
a.7Distribución Gumbel .....	37
a.8Distribución Log Gumbel.....	38
b. Selección de función de distribución de probabilidad.....	39
b.1Análisis gráfico .....	39
b.2Método del error cuadrático mínimo.....	39
b.3Pruebas de bondad de ajuste.....	40
b.3.1 Prueba Chi Cuadrado $X^2$ .....	40
b.3.2 Prueba Kolmogorov – Smirnov .....	40
2.1.10 Hietogramas de diseño utilizando análisis de eventos de tormentas .....	42
a. Distribución de Huff.....	42
b. Patrones de Distribución de lluvia basada en los perfiles de lluvia SCS.....	44
2.1.11 Hietograma de precipitación de diseño utilizando las relaciones IDF.....	47
a. Método del bloque Alterno (Chow, 1994).....	47
2.1.12 Probabilidad, periodo de retorno y riesgo de falla.....	48
a. Elección de periodo de Retorno .....	49
b. Análisis de riesgo .....	50
2.1.13 Cálculo de caudales.....	51
a. Métodos empíricos:.....	51
Método racional.....	51
b. Métodos estadísticos.....	52
2.2 HIPOTESIS .....	53
a. Hipótesis General.....	53
b. Hipótesis Específica.....	53
CAPITULO III.....	54
MATERIALES Y METODOLOGÍA .....	54
3.1 MATERIALES.....	54
3.1.1 Información meteorológica .....	54
3.2 METODOLOGÍA.....	55

3.2.1	Recolección de datos de precipitación máx. de 24 horas .....	56
3.2.2	Análisis de consistencia de la información meteorológica.....	56
a.	Análisis visual gráfico .....	56
b.	Análisis de doble masa.....	56
3.2.3	Función de distribución de probabilidad y análisis de frecuencia de datos hidrológicos .....	56
a.	Parámetros estadísticos de una muestra .....	57
b.	Distribución log normal de 2 parámetros.....	58
c.	Distribución log normal de 3 parámetros.....	59
d.	Distribución log Pearson tipo III.....	59
e.	Distribución valor extremo tipo I y/o Gumbel.....	60
3.2.4	Selección de la función de distribución de probabilidades teóricas .....	60
a.	Análisis gráfico .....	61
b.	Método del error cuadrado mínimo.....	61
c.	Prueba de bondad y ajuste de KOLMOGOROV SMIRNOV.....	61
3.2.5	Determinación de precipitaciones máximas para diferente periodo de retorno .....	61
3.2.6	Distribución de intensidades de lluvia en 24 horas .....	61
a.	Distribución de lluvia basada en perfiles de lluvia SCS.....	61
b.	Distribución según Dyck y Peschke.....	61
c.	Ecuaciones de F.C. Bell.....	62
3.2.7	Análisis de correlación para la deducción de ecuaciones de IDF .....	63
CAPITULO IV .....		65
CARACTERISTICAS DEL AREA DE INVESTIGACIÓN .....		65
4.1	Ubicación Geográfica:.....	65
4.2	Demografía .....	66
4.3	Clima .....	67
4.4	Vientos.....	67
4.5	Pluviografía .....	67
4.6	Hidrografía.....	67
4.7	Suelo .....	68
4.8	Topografía.....	68
4.9	Comunicación .....	68
4.10	Economía .....	68
CAPITULO V .....		69
ANALISIS DE RESULTADOS.....		69

5.1	Análisis de consistencia de la información meteorológica.....	69
5.2	Análisis de doble masa .....	74
5.3	Datos de precipitaciones máximas diarias .....	77
5.4	Distribuciones estadísticas y análisis de frecuencia de datos hidrológicos.....	78
5.4.1	Distribución Log Normal de 2 Parámetros.....	79
5.4.2	Distribución Log Normal de 3 Parámetros.....	83
5.4.3	Distribución Log Pearson tipo III .....	86
5.4.4	Distribución valor extremo tipo I o Gumbel .....	89
5.5	Selección de la función distribución de probabilidad.....	92
5.7.1	Análisis gráfico .....	92
a.	Estación Huancané:.....	93
b.	Estación Huaraya-Moho: .....	93
c.	Estación Putina: .....	93
5.7.2	Método del error cuadrático mínimo .....	94
a.	Estación Huancané:.....	98
b.	Estación Huaraya – Moho:.....	98
c.	Estación Putina: .....	98
5.7.3	Prueba de bondad y ajuste .....	98
5.6	Calculo de Precipitaciones Máximas diarias en base al periodo de retorno.....	110
5.7	Distribución de intensidades de lluvia en 24 horas.....	111
5.7.1	Distribución de lluvia basada en perfiles de lluvia SCS.....	111
5.7.2	Curvas IDF en base a intensidades de lluvia según perfiles de distribución SCS.....	118
5.7.3	Distribución según Dyck y Peschke.....	125
5.8	Cálculo de Ecuaciones IDF por el método de distribución, correlación lineal múltiple. ....	131
5.8.1	Calculo de ecuación IDF para la estación de Huancané .....	132
5.8.2	Calculo de ecuación IDF para la estación de Huaraya-Moho .....	133
5.8.3	Calculo de ecuación IDF para la estación de Putina .....	135
5.9	Cálculo de intensidad de lluvia mediante datos pluviográficos para la estación de Puno.....	136
5.10	Generación de Hietogramas Método del Bloque Alterno (Chow, 1994) .....	140
CAPITULO VI .....		142
6.1	CONCLUSIONES.....	142
6.2	RECOMENDACIONES .....	144
BIBLIOGRAFÍA .....		145
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		145



**INDICE DE CUADROS**

CUADRO N° 1 Distribuciones de lluvia según el SCS. ....	46
CUADRO N° 2 Estaciones meteorológicas en estudio .....	54
CUADRO N° 3 Precipitación máxima de 24 horas est. Huancané .....	70
CUADRO N° 4 Precipitación máxima diaria est. Huaraya - Moho .....	72
CUADRO N° 5 Precipitación máxima diaria est. Putina .....	73
CUADRO N° 6 Análisis de doble masa de precipitaciones máximas diarias .....	75
CUADRO N° 7 Precipitación máxima en 24 horas o diarias (mm) .....	77
CUADRO N° 8 Distribución log Normal de 2 parámetros .....	82
CUADRO N° 9 Distribución Log normal de 3 parámetros.....	85
CUADRO N° 10 Distribución Log Pearson tipo III.....	88
CUADRO N° 11 Distribución Gumbel.....	90
CUADRO N° 12 Precipitación máxima diaria, est. Huancané .....	91
CUADRO N° 13 Precipitación máxima diaria, est. Huaraya Moho .....	91
CUADRO N° 14 Precipitación máxima diaria, est. Putina .....	92
CUADRO N° 15 Prueba de error cuadrático mínimo est. Huancané .....	95
CUADRO N° 16 Prueba de error cuadrático mínimo est. Huaraya Moho .....	96
CUADRO N° 17 Prueba de error cuadrático mínimo est. Putina .....	97
CUADRO N° 18 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución log normal de 2 parámetros.....	101
CUADRO N° 19 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución log normal de 3 parámetros.....	104
CUADRO N° 20 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución log Pearson tipo III. ....	105
CUADRO N° 21 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución valor extremo tipo I o Gumbel .....	106
CUADRO N° 22 Parámetros y valores de distribuciones est. Huancané .....	107
CUADRO N° 23 Selección de función de distribución est. Huancané.....	107
CUADRO N° 24 Parámetros y valores de distribuciones est. Huaraya Moho .....	107
CUADRO N° 25 Selección de función de distribución est. Huaraya Moho.....	108
CUADRO N° 26 Parámetros y valores de distribuciones est. Putina .....	108
CUADRO N° 27 Selección de función de distribución est. Putina .....	108
CUADRO N° 28 Selección de función de distribución est. Huancané.....	109

CUADRO N° 29 Selección de función de distribución est. Huaraya - Moho.....	109
CUADRO N° 30 Selección de función de distribución est. Putina .....	110
CUADRO N° 31 Precipitaciones diarias en base al Periodo de retorno.....	110
CUADRO N° 32 Distribución SCS para la estación de Huancané T=2 años.....	112
CUADRO N° 33 Distribución SCS para la estación de Huancané T=5 años.....	113
CUADRO N° 34 Distribución SCS para la estación de Huancané T=10 años.....	114
CUADRO N° 35 Distribución SCS para la estación de Huancané T=20 años.....	115
CUADRO N° 36 Distribución SCS para la estación de Huancané T=50 años.....	116
CUADRO N° 37 Distribución SCS para la estación de Huancané T=100 años.....	117
CUADRO N° 38 Datos de precipitación -Duración - Frecuencia (P-D-F) mm. 1-24 horas est. Huancané	119
CUADRO N° 39 Datos de Intensidad -Duración - Frecuencia (I-D-F) (mm/hr.) 1-24 horas est. Huancané .....	119
Cuadro N° 40 Datos de precipitación -Duración - Frecuencia (P-D-F) mm. 1-24 horas est. Huaraya - Moho.....	121
CUADRO N° 41 Datos de Intensidad -Duración - Frecuencia (I-D-F) (mm/hr.) 1-24 horas est. Huaraya - Moho .	121
Cuadro N° 42 Datos de precipitación -Duración - Frecuencia (P-D-F) mm. 1-24 horas est. Putina .....	123
CUADRO N° 43 Datos de Intensidad -Duración - Frecuencia (I-D-F) (mm/hr.) 1-24 horas est. Putina ...	123
CUADRO N° 44 Datos de precipitación - duración - frecuencia (P-D-F) mm. 5-60 min. est. Huancané...	127
CUADRO N° 45 Datos de intensidad - duración - frecuencia (I-D-F) mm. 5-60 min. est. Huancané.....	127
CUADRO N° 46 Datos de precipitación - duración - frecuencia (P-D-F) mm. 5-60 min. est. Huaraya-Moho. ....	128
CUADRO N° 47 Datos de intensidad - duración - frecuencia (I-D-F) mm. 5-60 min. est. Huaraya - Moho.....	128
CUADRO N° 48 Datos de precipitación - duración - frecuencia (P-D-F) mm. 5-60 min. est. Putina.....	129
CUADRO N° 49 Datos de intensidad - duración - frecuencia (I-D-F) mm. 5-60 min. est. Putina.....	129
Cuadro N° 50 Orden cronologico de máximas Intensidades para diferentes intervalos de duración C.P- 708- Puno (Enero 73 – Diciembre 88) .....	136
CUADRO N° 51 Precipitaciones máximas para diferentes duraciones est. Puno.....	137
CUADRO N° 52 Relación de precipitaciones máximas para diferentes duraciones, periodos de retorno y frecuencia est. Puno.....	137
CUADRO N° 53 precipitaciones máximas para duraciones de 5 a 240 min y Periodo de retorno de 2 a 100 años est. Puno .....	138
CUADRO N° 54 Intensidad de lluvia para duraciones de 5 a 240 min. y T= 2 a 100 años est. Puno.....	138
Cuadro N° 55 Obtención de hietograma de diseño .....	141

**INDICE DE FIGURAS**

FIGURA N° 1 Ciclo hidrológico del agua .....	20
FIGURA N° 2 Pluviómetro .....	25
FIGURA N° 3 Pluviógrafo .....	25
FIGURA N° 4 Hietograma.....	28
FIGURA N° 5 Curva masa de precipitación .....	28
FIGURA N° 6 Curva de Intensidad - Duración y Frecuencia.....	29
FIGURA N° 7 Distribución de patrones Huff.....	43
FIGURA N° 8 Distribución temporal de tormentas primero, segundo, tercero y cuarto cuartil de las distribuciones según Huff.....	43
FIGURA N° 9 Hietograma de lluvia de 24 horas SCS.....	44
FIGURA N° 10 Hietograma Tipo I SCS.....	45
FIGURA N° 11 Hietograma Tipo IA SCS.....	45
FIGURA N° 12 Hietograma tipo II SCS.....	45
FIGURA N° 13 Hietograma Tipo III SCS.....	46
FIGURA N° 14 Localización de los EE.UU. para la aplicación de los hietogramas de lluvia de 24 horas del SCS .....	47
FIGURA N° 15 Método de bloques alternos relacionado con las Curvas I-D-F.....	48
FIGURA N° 16 Hietograma del método de bloques alternos.....	48
FIGURA N° 17 Plano de ubicación de la zona en estudio.....	65
FIGURA N° 18 Gráfica temporal de precipitación máxima en 24 horas est. Huancané.....	71
FIGURA N° 19 Gráfica temporal de precipitación máxima en 24 horas est. Huaraya - Moho .....	71
FIGURA N° 20 Gráfica temporal de precipitación máxima en 24 horas est. Putina.....	74
FIGURA N° 21 Diagrama de doble masa de precipitación máxima diaria.....	76
FIGURA N° 22 Diagrama de doble masa de precipitación máxima diaria.....	76
FIGURA N° 23 Distribución log normal de 2 parámetros est. Huancané .....	93
FIGURA N° 24 Distribución Log normal de 3 parámetros est. Huancané.....	93
FIGURA N° 25 Distribución Log Pearson tipo III est. Huancané .....	94
FIGURA N° 26 Distribución Gumbel est. Huancané.....	94
FIGURA N° 27 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=2 años.....	113
FIGURA N° 28 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=5 años.....	114
FIGURA N° 29 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=10 años.....	115
FIGURA N° 30 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=20 años.....	116
FIGURA N° 31 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=50 años.....	117
FIGURA N° 32 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=100 años.....	118

FIGURA N° 33 Curvas IDF estación Huancané .....	120
FIGURA N° 34 Curvas IDF estación Huaraya - Moho .....	122
FIGURA N° 35 curvas IDF estación Putina .....	124
FIGURA N° 36 curvas IDF estación Huancané.....	130
FIGURA N° 37 Curvas IDF estación Huaraya - Moho .....	130
FIGURA N° 38 Curvas IDF estación Putina .....	131
FIGURA N° 39 Curvas IDF estación Puno .....	140
FIGURA N° 40 Hietograma generada por el método de bloques alternos.....	141

## RESUMEN

El presente estudio pretende ser una herramienta para el diseño de estructuras hidráulicas, para lo cual se realizó el estudio de las estaciones meteorológicas de Huancané, Huaraya-Moho y Putina, debido a que no se cuenta con datos pluviográficos para realizar las curvas de intensidad, duración y frecuencia, se generó dichas curvas en base a precipitaciones máximas de 24 horas, para ello se contó con datos de precipitaciones desde el año 1964 al año 2010, siendo un total de 47 años de registro para cada una de las estaciones meteorológicas.

Para el cálculo de precipitaciones máximas diarias de diferentes periodos de retorno se utilizó las funciones de distribución de probabilidad como son: log normal de 2 parámetros, log normal de 3 parámetros, log Pearson tipo III y valor extremo tipo I o Gumbel.

Para la selección de la función de distribución de probabilidad se serializó considerando los métodos de análisis visual gráfico, error cuadrático mínimo, y la prueba de bondad y de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, siendo la elegida la distribución de log normal de 2 parámetros.

Las intensidades de lluvia se generó utilizando la distribución de los perfiles de lluvia del SCS de tipo II, la cual es usado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) del departamento de agricultura de los Estados Unidos, el cual nos distribuye la precipitación diaria en horas de 1-24 horas respectivamente, a la vez para duraciones menores a 1 hora se realizó su distribución mediante la ecuación de Dyck y Peschke.

Las ecuaciones de intensidad de lluvia se generaron aplicando la correlación lineal múltiple a las intensidades hallas por los perfiles de lluvia SCS de tipo II, y relacionando las tres variables como son: intensidad, duración y frecuencia o periodo de retorno.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ingeniero cumple una función importante en el desarrollo de un pueblo debido a que en sus manos está la responsabilidad de realizar un buen diseño de infraestructuras, el cual es un medio para el desarrollo del poblador. Nuestro país encontrándose en sub desarrollo y en especial nuestro departamento que figura como uno de los departamentos más pobres, nos vemos en la responsabilidad de diseñar obras de calidad, para evitar costos económicos elevados por su sobredimensionamiento o costos sociales por su sub dimensionamiento.

Uno de los factores usados para un buen diseño hidráulico es la intensidad de lluvia o de precipitación, el cual nos ayuda a conocer la cantidad de agua precipitada por unidad de tiempo; esta intensidad es aplicada en la ecuación racional, que teniendo una duración igual al tiempo de concentración, un área, y un coeficiente de escorrentía nos dará un caudal y esto nos servirá para diseñar una infraestructura hidráulica, como alcantarillas o sistemas de drenaje urbano.

En nuestro departamento no se cuenta con información pluviográfica, y la poca que existiere no se encuentra al alcance, todo ello nos obliga y nos motiva a realizar el presente estudio, y aplicando métodos estadísticos y probabilísticos a precipitaciones máximas diarias, procedemos a calcular las precipitaciones diarias para diferentes periodos de retorno, con lo cual se procede a hallar las intensidades de lluvia, distribuidas de 1 a 24 horas, a su vez generar distribuciones menores a una hora, en minutos que van de 5 a 60 min.

Los hietogramas y distribuciones de lluvia utilizando perfiles de lluvia del SCS, estos hietogramas se dedujeron al utilizar información presentada por Hersfield y Miller en 1961 y Frederick y Tracey en 1973 y datos de tormentas. En la actualidad han sido ampliamente estudiadas y fueron diseñadas inicialmente para su uso en el análisis de cuencas de tamaño medio. Sin embargo, su aplicabilidad se ha extendido a desagües urbanos pequeños y demás, por lo cual se aplicó en el presente estudio.

Del mismo modo para evitar las lecturas de las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) de las tres estaciones se determinó ecuaciones que relacionan los tres factores.

## CAPITULO I

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú a diferencia de otros países, como es el caso de Estados Unidos, Costa Rica, Chile, y otros, cuenta con pocos estudios en los centros urbanos sobre el cálculo de intensidades máximas de lluvia, esto genera una preocupación e incertidumbre y un problema al momento de diseñar alguna infraestructura hidráulica.

En nuestro departamento de Puno el diseño de obras de ingeniería hidráulica, como son: drenaje urbano y rural, aliviaderos, alcantarillas, puentes, proyectos de conservación de suelos, y más; tiene mucha importancia y en estos proyectos se debe de considerar un estudio hidrológico e hidráulico para obtener un buen diseño, con calidad y eficiencia.

En la actualidad el Departamento de Puno y las provincias de Huancané, Moho, y Putina cuenta con poca información pluviográfica y esto dificulta el cálculo de curvas de intensidad y ecuaciones de IDF, por ese motivo se recurre al análisis de precipitaciones máximas diarias, ya que esto nos ayudará a calcular los caudales para el diseño de estructuras hidráulicas, si no se toma en cuenta ello, se conllevaría al diseño de obras que ofrezcan poca seguridad y/o mucha inversión generando una inseguridad y riesgo a la población; en nuestro departamento no se considera importante el estudio y análisis de la estimación de intensidades de lluvia debido a que no se cuenta con la información adecuada.

El estudiar las precipitaciones y conocer su distribución temporal es motivo de interés para diversos fines, y como sabemos las precipitaciones pluviales corresponden a fenómenos naturales, y no pueden ser contrarrestados ni aminorados, solamente controlados con infraestructura adecuada para su correcto manejo, al tiempo de lo cual se pueden proporcionar índices para realizar estudios de crecidas o permitir la alimentación de modelos precipitación-escorrentía que permitan mejorar la información disponible, para un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles. Para esto, es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno.

Todo esto nos hace generar unas preguntas:

### **PREGUNTAS CENTRALES DE LA INVESTIGACION**

¿Se cuenta con información de intensidades de lluvia?

¿Los profesionales de la zona de estudio cuentan con información adecuada para el diseño de infraestructuras hidráulicas?

### **– SUB PREGUNTAS DE LA INVESTIGACION**

¿Se cuenta con ecuaciones de intensidad-duración y frecuencia?

¿Se cuenta con curvas de intensidad duración y frecuencia?

¿Se cuenta con tablas de intensidad y duración?

## **1.2 ANTECEDENTES**

Es importante mencionar, que las curvas IDF no sólo son de mucha utilidad en nuestro país, sino que en otros países son de relevancia para el diseño y planificación de estudios hidrológicos. En este sentido, Chen (1983) propone una fórmula general para representar la relación intensidad-duración-frecuencia para los Estados Unidos.

Este método tiene gran potencial para la aplicación en el diseño de drenajes de aguas lluvias urbanos, y es actualmente utilizado en dicho país por la “Federation Highway Administration”, siendo necesario para la utilización de este método, las lluvias de 10 años de período de retorno y 1 hora de duración, lluvias de 24 horas con 10 años de período de retorno y lluvias de 1 hora con 100 años de período de retorno. La fórmula propuesta por Chen es la siguiente:

$$I_t^T = \frac{aI_t^{10} \log(10^{2-x} T^{x-1})}{(t + b)^c}$$

Donde:

$I_t^T$  = Intensidad de lluvia en mm/hr, correspondiendo a un período de retorno de T años y una lluvia de t minutos de duración.



En Chile realizaron estudios sobre “Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos” la cual cuenta con curvas de intensidad de lluvia para las diferentes zonas o regiones como Tarapacá, Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, El Maule, Bio bio y Santiago, tales se generaron en base a coeficientes de duraciones y coeficientes de frecuencia para duraciones menores a 120 min, de la misma forma se obtuvieron intensidades de 60, 120, 180, 240, 300, hasta 1440 min. Todo ello aplicando las ecuaciones de Frederick Bell.

Es importante mencionar, que a nivel nacional son muy pocos los estudios relacionados con el diseño de las curvas IDF, siendo esta relación de vital importancia para la planificación hidrológica del país.

A nivel regional se tienen estudios realizados como los que se tienen a continuación:

- Tesis “Estimación de Intensidades de Lluvia en zonas sin información pluviográfica”, por Cristobal Mamani Sacachipana (2006), el cual estimó intensidades de precipitación a partir de la precipitación máxima de 24 horas y la precipitación total máxima mensual en zonas sin información pluviográfica, con un ajuste por los métodos probabilísticos.
- El proyecto Especial binacional Lago Titicaca - PELT, realizó estudios hidrológicos del sistema hídrico Ramis (2000), Huancané – Suches (2001); determinándose las disponibilidades hídricas desde el punto de vista hidrológico
- Tesis “Aplicación de modelos hidrológicos en el Análisis de máximas avenidas del río Grande llave – Puno”, de Jhon Euler Cutipa Luque (1999) donde llegó a los resultados de que los modelos probabilísticos Gumbel y Log Pearson Tipo III se ajustaron mediante la prueba de ajuste de Smirnov Kolmogorov para la serie analizada (precipitación máxima en 24 horas estación Laraqueri), así mismo obtuvo los hidrogramas y caudales de diseño para el río Grande 562.40 m<sup>3</sup>/seg. y 782.34 m<sup>3</sup>/seg. Para periodos de retorno de 50 y 100 años respectivamente.
- Tesis “ Diagnóstico para el plan de manejo y conservación de agua y suelo en la microcuenca Paxa Azoguine – Puno”; en el cual se generó ecuaciones IDF en base a datos pluviográficos de Puno de los años 1973 hasta 1988.

### 1.3 OBJETIVOS

#### a. **Objetivo General**

- Generar intensidades de lluvia y realizar su distribución en 24 horas, a partir de datos de precipitación máxima en 24 horas, para periodos de retorno, 2, 5, 10, 20, 50, 100 de las estaciones pluviométricas de Huancané, Moho, Putina.

#### b. **Objetivo Específico**

- Realizar el análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas, empleando los métodos probabilísticos y sus respectivos ajustes.
- Determinar las ecuaciones de intensidad de precipitación para diferentes tiempos de duración y periodo de retorno para cada zona en estudio: Huancané, moho, Putina.
- Estimar las curvas de intensidad – duración – frecuencia en base a las ecuaciones obtenidas y distribuir las intensidades en el día aplicando las distribuciones del SCS y los bloques alternos.

## CAPITULO II

### 2.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 2.1.1 La Hidrología

(Aparicio, 1992) Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia circulación distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas, físicas y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos.

(Silva Medina, 2004) La Hidrología en su definición más simple es la ciencia que estudia la distribución, cuantificación y utilización de los recursos hídricos que están disponibles en el globo terrestre. Estos recursos se distribuyen en la atmósfera, la superficie terrestre y las capas del suelo.

(Chow, 1994) Las ciencias hídricas están relacionadas con las aguas de la tierra; su distribución y circulación, sus propiedades físicas y químicas, su interacción con el ambiente y con los seres vivos y en particular con los seres humanos. Puede considerarse que la Hidrología abarca todas las ciencias hídricas. En una forma más estricta, puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico, es decir, la circulación ininterrumpida de agua entre la tierra y la atmosfera.

(Varas C., Eduardo, Philippe, 2002) La Hidrología es una rama de la geofísica que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la tierra, sus propiedades físicas, químicas y biológicas y su vinculación con el ambiente. Por tal motivo tiene una estrecha relación con otras ciencias de la tierra, tales como la meteorología, la oceanografía, climatología, geología y otras. Desde el punto de vista de la ingeniería interesa un enfoque fundamentalmente cuantitativo de la hidrología, focalizándose el interés en aquellas partes de la disciplina que atañen directamente a la planificación, diseño y operación de sistemas y de obras destinadas al aprovechamiento de los recursos de agua.

#### 2.1.2 Importancia de la Hidrología

La hidrología proporciona al ingeniero e hidrólogo, los métodos para resolver los problemas prácticos que se representan en el diseño, la planeación y la operación de estructuras hidráulicas.

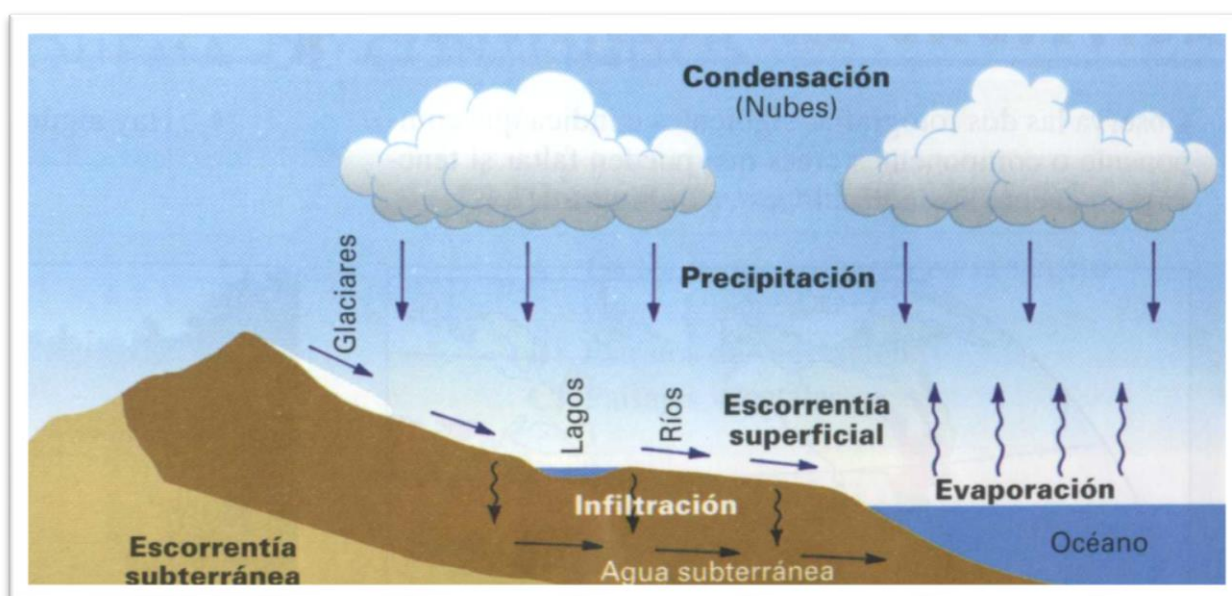
### 2.1.3 Ciclo hidrológico

(Chow, 1994) El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua.

(Gonzales Sarmiento) *El ciclo hidrológico es el conjunto de trayectorias que describe el agua en la naturaleza, con independencia del estado en el que se encuentra.*

(Velasco J., 1981) El ciclo hidrológico es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensadas en nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación.

**FIGURA N° 1 Ciclo hidrológico del agua**



### 2.1.4 Cuenca hidrográfica

(Aparicio, F., 1998) Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) la gota de lluvia que cae sobre ella tiende a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia el mismo punto de salida.

(Chow, 1994) Una cuenca es el área de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado, o dicho de otra forma, es el área de captación de agua de un río.

(Linsley R. K., 1988) La cuenca fluvial es el área tributaria hasta un punto determinado sobre una corriente, y está separada de las cuencas adyacentes por una divisoria o parte aguas que pueda trazarse sobre mapas o planos topográficos.

(Villón Bejar, 2002) La cuenca hidrográfica o de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida.

(Reyes C. L., 1992) La cuenca hidrográfica o de drenaje de un cauce está delimitado por el contorno en cuyo interior el agua es recogida y concentrada en la entrega al dren mayor. Este concepto también puede referirse a un punto cualquiera del dren antes de la entrega, y es muy usado en los estudios hidrológicos.

### **2.1.5 Características físicas de la cuenca hidrológica**

Los parámetros fisiográficos dependen de la morfología de la cuenca, tales como la forma, relieve, sistema de drenaje, etc. La cuenca como unidad dinámica y natural refleja las acciones recíprocas entre los tipos de suelos, los factores geológicos, el agua, la vegetación, las prácticas agrícolas, etc. Tales elementos físicos proporcionan la mejor posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

Los parámetros fisiográficos se obtienen de la cartografía de la cuenca a una escala adecuada, o de las cartas nacionales, el interés de determinar estos parámetros está asociado a la capacidad de respuesta de la cuenca a la precipitación como escorrentía.

(Villón Bejar, 2002) Entre los parámetros fisiográficos principales de una cuenca hidrológica tenemos los siguientes: área de la cuenca, perímetro de la cuenca, longitud del río principal, forma de la cuenca (ancho promedio de la cuenca, coeficiente de compacidad, factor de forma, y rectángulo equivalente), sistema de drenaje (grado de ramificación, densidad de drenaje, frecuencia de ríos) y

pendiente de la cuenca (pendiente media del río principal) y altura media del río principal.

### 2.1.6 Precipitación

#### a. Definición

(Chow, 1994) La precipitación incluye la lluvia, nieve, y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nieve. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense.

(Villón Bejar, 2002) La precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo y se presentan en forma de: lluvias, granizadas, garúas, nevadas. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control de agua.

(Chereque Morán) Se define precipitación a toda forma de humedad, que originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación.

#### b. Formación de la precipitación

(Monsalve S., Germán 1999) La precipitación se origina en la nube que está constituida por pequeñísimas gotas de agua que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño de diámetro medio aproximado de las gotitas de 0.02 mm y como las gotas de lluvia tienen un diámetro medio aproximadamente de 2mm, con una masa de 0.5 – 1.0 gr/m<sup>3</sup>.

Los elementos necesarios para la formación de las precipitaciones son los siguientes:

- Humedad atmosférica
- Radiación Solar
- Mecanismo de enfriamiento de aire
- Presencia de núcleos higroscópicos para que haya condensación
- Mecanismo de crecimiento de las partículas.

El proceso de la formación de la precipitación es el siguiente:

- El aire húmedo de los estratos bajos es calentado por conducción
- El aire húmedo, entonces, se torna más leve que el de las vecindades y experimenta una ascensión adiabática.
- El aire húmedo, entonces, se expande y se enfría a razón de 1 °C por cada 100 metros (expansión adiabática seco) hasta llegar a una condición de saturación, para llegar a su nivel de condensación.
- A partir de ese nivel, y con núcleos higroscópicos, el vapor de agua se condensa formando minúsculas gotas a lo largo de dichos núcleos.

### **c. Clasificación de la Precipitación**

La formación de la precipitación, requiere la elevación de masas de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense. Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmosfera, la precipitación se clasifica en:

#### ***c.1 Precipitación por convección***

Son causadas por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire fría de los alrededores. Las diferencias de temperatura pueden ser sobre todo el resultado de calentamientos diferenciales en la superficie o en la capa superior de la capa de aire. La precipitación convectiva es puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras y aguaceros. Generalmente viene acompañada de rayos y truenos.

#### ***c.2 Precipitación orográfica***

Resultan del ascenso del aire cálido hacia una cadena de montañas. Las regiones que quedan del otro lado de las montañas pueden sufrir la ausencia de lluvias, puesto que todas las nubes son interceptadas y precipitadas en el lado de donde ellas provienen.

Es el caso de la selva Alta de nuestro país, la región más lluviosa, donde las nubes provienen de la selva baja.

#### ***c.3 Precipitación ciclónica***

Se producen cuando hay un encuentro de nubes de diferentes temperaturas, las más calientes son impulsadas a las partes más altas donde pueden producirse la

condensación y precipitación. Está ocasionado con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

Todas estas formas de originarse las lluvias, en la naturaleza se presentan combinadas, de modo que una lluvia determinada puede provenir de cualquiera de las formas o de la combinación de ellas.

#### **d. Medición de la Precipitación**

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición se clasifican, en pluviómetros y pluviógrafos.

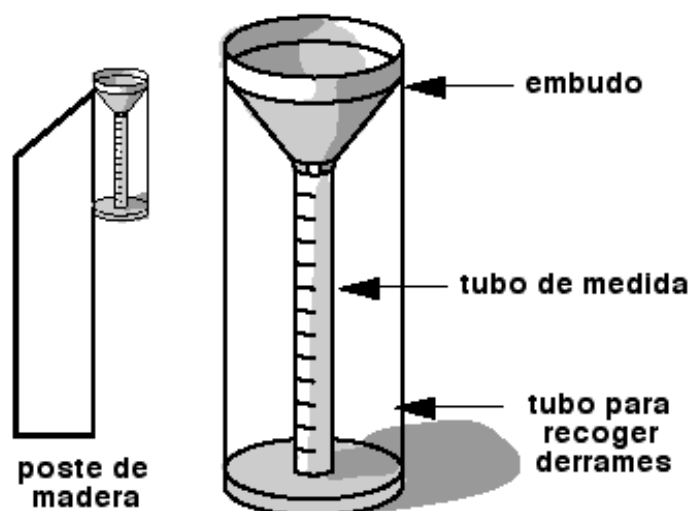
##### ***d.1 Pluviómetro***

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la tapa, esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta décimos de milímetro, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca la probeta y se introduce un regla graduada, con la cual se toma la lectura; generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas.

Cuando hay la necesidad de conocer la pluviometría mensual o estacional, de una zona de difícil acceso, donde solo se va unas cuantas veces al año, se utilizan los pluviómetros totalizadores. Estos pluviómetros, acumulan el agua llovida durante un periodo de tiempo más o menos largo. Par proteger el agua de la congelación se usa cloruro de calcio u otro anticongelante, y para protegerla de la evaporación, se usa una capa de aceite.



FIGURA N° 2 Pluviómetro



### d.2 Pluviógrafo

Es un instrumento que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas.

Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que origina el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado en un sistema de reloj. Como el papel tiene un cierto rango en cuanto a la altura de registro, una vez que llega al borde superior de la hoja, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El gráfico resultante recibe el nombre de pluviograma.

FIGURA N° 3 Pluviógrafo



### 2.1.7 Análisis de tormentas

#### a. Definición de Tormenta

(Villón Bejar, 2002) Se entiende por tormenta o borrasca a un conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas, de acuerdo a esta definición, una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aun días, y puede abarcar extensiones muy variables desde pequeñas zonas hasta vastas regiones.

(Chow, 1994) Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación, en un punto mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta, o mediante un mapa de isoyetas que especifique el patrón espacial de la precipitación.

#### b. Su importancia

El análisis de tormentas está íntimamente relacionado con los cálculos o estudios previos, al diseño de obras de ingeniería hidráulica, como son:

- Estudio de drenaje.
- Determinación del caudal máximo, que deben pasar por el aliviadero de una represa, o que debe encausarse, para impedir las inundaciones.
- Determinación de la luz de un puente.
- Conservación de suelos
- Cálculo del diámetro de alcantarillas

Las dimensiones de estas obras, dependen principalmente de la magnitud que las tormentas tengan, y de la frecuencia o periodo de retorno, esto a su vez determina el coeficiente de seguridad que se da a la obra, o a los años de vida probable de la misma.

### 2.1.8 Elementos fundamentales del análisis de tormentas

#### a. La intensidad (i)

(Villón Bejar, 2002) 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, ello es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. De acuerdo a esto la intensidad se expresa así:

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{P}{t} \quad \dots(2.1)$$

Donde:

$I_{max}$  = intensidad máxima en mm/hora

$P$  = precipitación en altura de agua, en mm

$t$  = tiempo en horas

#### **b. Duración.**

(Villón Bejar, 2002) Corresponde al tiempo que transcurre entre en comienzo y el 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. Tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas.

#### **c. Frecuencia.**

(Villón Bejar, 2002) Es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un periodo de tiempo ms o menos largo, tomado generalmente en años.

#### **d. Periodo de retorno**

(Villón Bejar, 2002) Es el intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud  $x$ , puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Representa el inverso de la frecuencia.

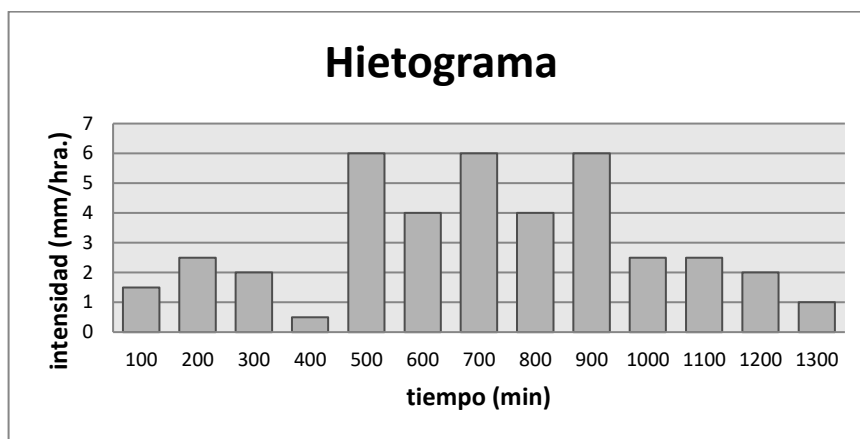
$$T = \frac{1}{f} \quad \dots(2.2)$$

Así se puede decir entonces que en la ciudad de Puno se presenta una tormenta con intensidad de 60 mm/hr, para una duración de 30 min., y un periodo de retorno de 10 años.

#### **e. Hietograma.**

(Villón Bejar, 2002) El hietograma es un gráfico de forma escalonada como un histograma, que representa la variación de la intensidad expresada en mm/horade la tormenta, en el transcurso de la misma expresada en minutos u horas.

**FIGURA N° 4 Hietograma**



Mediante este hietograma es muy fácil decir a que hora, la precipitación adquirió su máxima intensidad y cuál fue el valor de ésta, matemáticamente esta grafica se representa con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{dP}{dt} \quad \dots(2.3)$$

Donde:

i= intensidad

P = precipitación

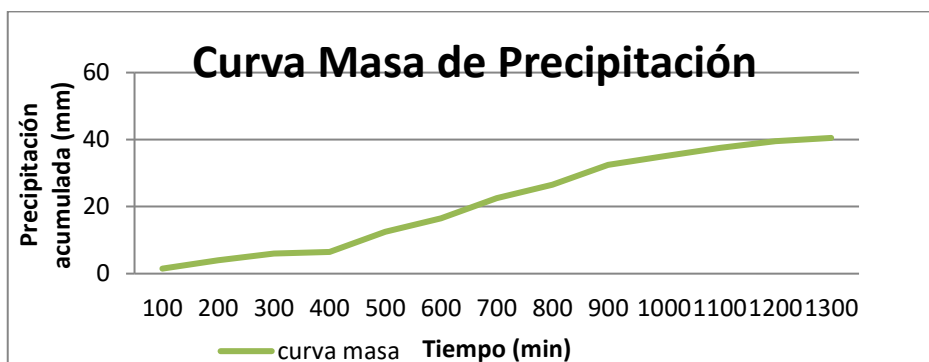
t= tiempo

**f. Curva masa de precipitación**

(Villón Bejar, 2002) La curva masa de precipitación es la representación de la precipitación acumulada vs el tiempo. Se extrae directamente del pluviograma.

La curva masa de precipitación, es una curva no decreciente, la pendiente de la tangente en cualquier punto, representa la intensidad instantánea en ese tiempo.

**FIGURA N° 5 Curva masa de precipitación**



(Chow, 1994) Matemáticamente la curva masa de precipitación representa la función  $P = f(t)$  expresada por:

$$P = \int_0^{t_1} i dt \quad \dots(2.4)$$

Que se deduce de la relación

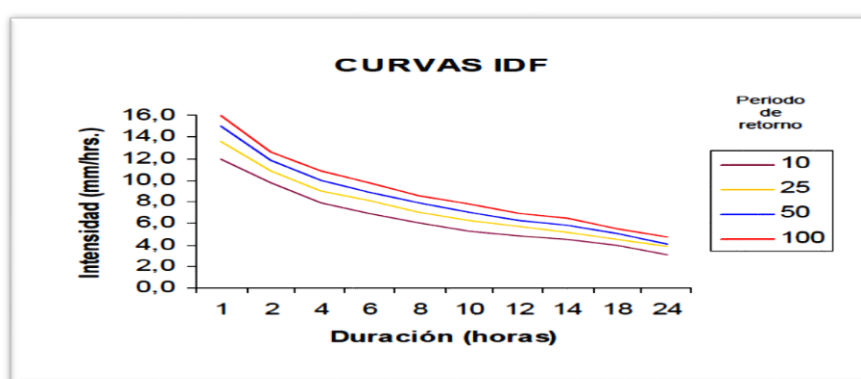
$$i = \frac{dP}{dt}$$

### g. Relación entre las curvas intensidad-Duración-Frecuencia

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor valor observado correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

**FIGURA N° 6 Curva de Intensidad - Duración y Frecuencia**



Las curvas de intensidad – duración – frecuencia también pueden expresarse como ecuaciones con el fin de evitar la lectura de la intensidad de lluvia de diseño en un una gráfica. Un modelo general es el siguiente:

$$i_{max} = \frac{a}{b + D} \quad \dots(2.5)$$

Donde:

$i_{max}$  = intensidad máxima, en mm/hr.

a,b = parámetros que dependen de la localidad y del periodo de retorno.

D= duración de la precipitación, en min.

Asimismo para la determinación de los parámetros a, b se requiere hacer una linealización previa de la ecuación para luego hallar por medio de regresión lineal.

(Aparicio, 1992, pág. 169) La fórmula empírica usada en USA, que relaciona la intensidad máxima, con la duración y periodo de retorno.

$$i_{max} = \frac{kT^m}{(d + c)^n} \quad \dots(2.6)$$

Donde:

$i_{max}$  = intensidad máxima, en mm/hr.

K, m, n y c = parámetros que dependen de la localidad y del periodo de retorno.

T = periodo de retorno, en años.

d = duración de la precipitación, en min.

Asimismo si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\ln i = \ln k + m \ln T - n \ln(d + c)$$

**O bien:**

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \quad \dots(2.7)$$

**Donde:**

$$Y = \ln i ; a_0 = \ln k ; a_1 = m ; X_1 = \ln T ; a_2 = -n ; X_2 = \ln(d+c)$$

**Nota:** Si los datos se agrupan lo suficiente en torno a líneas rectas, el valor de c puede tomarse como cero.

Al hacer un ajuste de correlación lineal múltiple de una serie de tres tipos de datos, se obtiene un sistema de ecuaciones como el siguiente:

$$\sum y = Na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 \quad \dots(2.8)$$

$$\sum(x_1 y) = a_0 \sum x_1 + a_1 \sum(x_1^2) + a_2 \sum(x_1 x_2) \quad \dots(2.9)$$

$$\sum(x_2 y) = a_0 \sum x_2 + a_1 \sum(x_1 x_2) + a_2 \sum(x_2)^2 \quad \dots(2.10)$$

Donde: N es el número de datos y las incógnitas son  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$ ;  $x_1$ ,  $x_2$ , y y son respectivamente, los logaritmos del periodo de retorno, la duración (con el valor de c agregado de ser necesario) y la intensidad, obtenidos de un registro de precipitación. Una vez calculados los coeficientes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  es posible evaluar los parámetros k, m y n de la ecuación de intensidad.

### 2.1.9 Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

#### a. Distribución de probabilidad para variables hidrológicas

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- Distribución normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros

- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

**a.1 Distribución Normal**

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{X}}{S}\right)^2} \dots (2.11)$$

Donde:

f(x) = función densidad normal de la variable x

X = variable independiente.

$\bar{X}$  = parámetro de localización, igual a la media o promedio aritmético

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de X.

Siendo su FDA

$$F(x) = F(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \dots (2.12)$$

ó

$$F(x) = F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz \dots (2.13)$$

Por ser una función simétrica y su variable estandarizada z es igual a:

$$z = \frac{(x_i - \bar{x})}{S} \dots (2.14)$$

F(z) se puede hallar mediante tablas.

Nota:

$$F(z) = H(z), z > 0$$

$$F(z) = 1 - H(z), z < 0$$

Despejando z la ecuación queda:

$$x_i = \bar{x} + z * S \dots (2.15)$$



### a.2 Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \sigma_y \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{\ln X - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2}$$

... (2.16)

Para  $0 < X < \infty$

Cuando:  $X < 0$ ,  $f(x) = 0$

$Y = \ln X$

Donde:

$f(x)$  = Función densidad

$X$  = variable hidrológica en estudio

$\mu_y$  = parámetro de posición igual a la media de los logaritmos.  $y = \ln(x_i)$

$\sigma_y$  = parámetro de escala que es igual a la desviación estándar.

$e$  = base de los logaritmos neperianos ( $\ln$ )  $e = 2.7182881828$

Estimación de los parámetros

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^x \ln(x_i)$$

... (2.17)

$$S_y = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^x (\ln x_i - \bar{y})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

... (2.18)

La función de distribución acumulada FDA es:

$$F(y) = \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right]^2} dy$$

ó ... (2.19)

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{1}{2} z^2} dz$$

... (2.20)

Donde la variable estandarizada es:

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}$$

... (2.21)

Nota:

$$F(z) = H(z), z > 0$$

$$F(z) = 1 - H(z), z < 0$$

$$x_i = e^{(\mu_y + z \cdot \sigma_y)}$$

... (2.22)

### a.3 Distribución Log Normal 3 Parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sigma_y\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{\sigma_y}\right]^2}$$

... (2.23)

Para  $X_0 \leq X \leq \infty$

Donde:

$X_0$ : parámetro de posición en el dominio X

$\mu_y$ : Parámetro de escala o media en el dominio X

$\sigma_y^2$ : parámetro de forma o varianza en el dominio X

Utilizando el método simplificado se obtiene  $X_0$  de la siguiente forma:

$$x_0 = \frac{x_1 \cdot x_n - x_{mediana}^2}{x_1 + x_n - 2x_{mediana}}$$

... (2.24)

La función de distribución acumulada FDA es:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

... (2.25)

Donde:

$$z = \frac{\ln(x - x_0) - \mu_y}{\sigma_y}$$

... (2.26)

$$X_T = x_0 + e^{(\mu_y + z \cdot \sigma_y)}$$

... (2.27)

Nota:

Si en las ecuaciones 2.23 y 2.25  $X_0 = 0$  las ecuaciones obtenidas corresponden a una distribución normal de dos parámetros.

**a.4 Distribución Gamma 2 Parámetros**

Se dice que una variable aleatoria  $X$ , tiene una distribución gamma de 2 parámetros si su función densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

... (2.28)

Para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Siendo:

$\gamma$  = parámetro de forma (+)

$\beta$  = parámetro de escala (+)

$\Gamma(\gamma)$  = función gamma completa, definida como:

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx \quad \text{que converge si } \gamma > 0$$

**a.5 Distribución Gamma 3 Parámetros**

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

... (2.29)

Para:

$$X_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Siendo:

$X$  = variable aleatoria gamma de 3 parámetros

$X_0$  = origen de la variable  $x$ , parámetro de posición

$B$  = parámetro de escala

$\gamma$  = parámetro de forma

$\Gamma(\gamma)$  = función gamma completa.

### a.6 Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

... (2.30)

Para:

$$X_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Siendo:

$X$  = variable aleatoria gamma de 3 parámetros

$X_0$  = origen de la variable  $x$ , parámetro de posición

$B$  = parámetro de escala

$\gamma$  = parámetro de forma

$\Gamma(\gamma)$  = función gamma completa.

Calculo de parámetros:

Media:

$$\bar{x}_{\ln x} = \frac{\sum \ln x}{n}$$

... (2.31)

Desviación estándar:

$$S_{\ln x} = \sqrt{\frac{\sum (\ln x - \bar{x}_{\ln x})^2}{n - 1}}$$

... (2.32)

Coefficiente de asimetría o sesgo:

$$C_{s \ln x} = \frac{n \sum (\ln x - \bar{x}_{\ln x})^3}{(n-1)(n-2)S_{\ln x}^3} \quad \dots (2.33)$$

Obteniendo los parámetros mediante el método de momentos se tiene:

$$\gamma = \frac{4}{C_{s \ln x}^2} \quad \dots (2.34)$$

$$\beta = \frac{C_{s \ln x} \times S_{\ln x}}{2} \quad \dots (2.35)$$

$$x_0 = \bar{x}_{\ln x} - \frac{2S_{\ln x}}{C_{s \ln x}} \quad \dots (2.36)$$

La función de distribución acumulada FDA es:

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{\ln x - x_0}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)} dx \quad \dots (2.37)$$

La variable reducida de log-Pearson tipo III viene a ser:

$$y = \frac{\ln x - x_0}{\beta} \quad \dots (2.38)$$

Reemplazando en la ecuación (2.37) en (2.36) queda reducida a:

$$G(y) = \int_0^y \frac{y^{\gamma-1} e^{-y}}{\Gamma(\gamma)} dy \quad \dots (2.39)$$

### a.7 Distribución Gumbel

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución acumulada la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{(x-\mu)}{a}}} \quad \dots (2.40)$$

Para:  $-\infty < x_0 < \infty$

Donde:

$0 < \alpha < \infty$ , es el parámetro de escala

$-\infty < \mu < \infty$ , es el parámetro de posición

Su función densidad:

$$f(x) = \frac{1}{a} \exp^{-\frac{x-\mu}{a}} \exp^{-\frac{x-\mu}{a}}$$

... (2.41)

Para  $-\infty < x < \infty$

Siendo la variable aleatoria reducida:

$$y = \frac{x - \mu}{a}$$

Los valores  $x$  e  $y$ , están relacionados por:

$$F(x) = G(y)$$

$$y = \frac{x - \mu}{a} \text{ ó } x = \mu + ay$$

... (2.42)

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$a = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S = 0.78S$$

... (2.43)

$$\mu = \bar{x} - 0.57721a = \bar{x} - 0.45S$$

... (2.44)

### a.8 Distribución Log Gumbel

La función de distribución acumulada de la distribución Gumbel tiene la forma:

$$f(x) = e^{-e^{-\frac{(\ln x - \mu)}{a}}}$$

... (2.45)

Para:  $-\infty < x < \infty$

Donde:

$0 < \alpha < \infty$  es el parámetro escala.

$-\infty < \mu < \infty$  es el parámetro de posición, llamado también valor central o moda.

La variable aleatoria reducida log gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{a}$$

... (2.46)

Con lo cual, la función acumulada reducida log gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \quad \dots (2.47)$$

Aplicando el método de momentos, se obtienen los valores de los parámetros  $\alpha$  y  $\mu$  de la distribución Log Gumbel los cuales son:

$$a = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S_{\ln x} = 0.78 S_{\ln x} \quad \dots (2.48)$$

$$\mu = \bar{X}_{\ln x} - 0.57721a = \bar{X}_{\ln x} - 0.45S_{\ln x} \quad \dots (2.49)$$

### **b. Selección de función de distribución de probabilidad**

Se muestra que la diferencia de una función y otra función puede ser apreciable, en muchos casos las diferencias son mucho mayores que las que resultan aquí; una selección apresurada de cualquiera de las funciones podría traducirse en una estructura sobrediseñada y costosa o subdiseñada y peligrosa. Por ello se debe de seleccionar con mucho cuidado, (J. Aparicio M.).

#### ***b.1 Análisis gráfico***

Consiste simplemente en inspeccionar una gráfica donde se haya dibujado cada una de las diferentes funciones junto con los puntos medios.

La función de distribución de probabilidad que se seleccione será la que se apegue visualmente mejor a los datos medidos.

Este método se usa a veces, incluso, para ajustar las funciones de distribución de probabilidad a los datos medidos, dibujando en un papel especial para cada función dichos datos, escogiendo la función para la que el conjunto de puntos sea semejante a una línea recta y finalmente trazando a ojo dicha línea recta para poder hacer las extrapolaciones necesarias.

Este es un método con un alto grado de subjetividad y, usado aisladamente, puede ser un tanto peligroso. Sin embargo, es muy ilustrativo y recomendable para ser usado con otros métodos. Si lo aplica un ingeniero con experiencia, puede resultar el mejor de todos.

#### ***b.2 Método del error cuadrático mínimo***

Consiste en calcular, para cada función de distribución el error cuadrático:

$$C = \left[ \sum_{i=1}^n (Xe_i - Xo_i)^2 \right]^{1/2} \quad \dots (2.50)$$

Donde:

$Xe_i$  = es el i-ésimo dato estimado

$Xo_i$  = es el i-ésimo dato calculado con la función de distribución bajo análisis

### ***b.3 Pruebas de bondad de ajuste***

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la Chi-cuadrado ( $X^2$ ) y la Smirnov - Kolmogorov, las cuales se describen a continuación.

#### ***b.3.1 Prueba Chi Cuadrado $X^2$***

Esta prueba fue propuesta por Karl Pearson en 1900, se aplica para verificar bondad de las distribuciones normales y log normales.

Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número  $k$  de intervalos de clase, Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - \varepsilon_i)^2}{\varepsilon_i} \quad \dots (2.51)$$

Donde:

$X_c^2$  = Valor calculado de Chi Cuadrado, a partir de los datos.

$\theta_i$  = numero de valores observados en el intervalo de clase  $i$ .

$\varepsilon_i$  = numero de valores esperados en el intervalo de clase  $i$ .

$k$  = número de intervalos de clase.

Cabe recalcar que la prueba del  $X^2$ , desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones normal y Log normal.

#### ***b.3.2 Prueba Kolmogorov – Smirnov***

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.



Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia  $D$  entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(x_m)$  y la estimada  $F(x_m)$ :

$$\Delta = \text{máx}|F(z) - P(x)| \quad \dots (2.52)$$

Donde:

$\Delta$  = Estadístico de Smirnov Kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x)$  = probabilidad de la distribución teórica.

$P(x)$  = probabilidad experimental o empírica de los datos denominada también frecuencia acumulada.

El estadístico  $\Delta$  tiene su función de distribución de probabilidades.

Si  $\Delta_0$  es un valor crítico para cada un nivel de significancia  $\alpha$ , se tiene que:

$$P[\text{máx}|F(z) - P(x)| \geq \Delta_0] = \alpha$$

O

$$P[\Delta \geq \Delta_0] = \alpha \quad \dots (2.53)$$

También

$$P[\Delta < \Delta_0] = 1 - \alpha \quad \dots (2.54)$$

El procedimiento para efectuar el ajuste, mediante el estadístico de Smirnov Kolmogorov, es el siguiente:

1.- calcular la probabilidad empírica o experimental  $p(x)$  de los datos, para eso usar la fórmula de Weibull:

$$P(x) = \frac{m}{n+1} \quad \dots (2.55)$$

Donde:

$P(x)$  = probabilidad empírica o experimental

$m$  = número de orden

$n$  = número de datos

2.- calcular la probabilidad teórica  $F(z)$ :

- Para el caso de utilizar el procedimiento de los modelos teóricos, usar la ecuación de la función acumulada  $F(z)$ , o tablas elaboradas para tal fin.

- Si se quiere aplicar el procedimiento gráfico, se utiliza un papel probabilístico especial donde  $F(z)$ , puede representarse como una línea recta, por lo cual, se puede trazar con solo 2 puntos pero si se quiere chequear que es una recta, se pueden plotear 3 puntos.

3.- Calcular las diferencias  $P(x) - F(z)$ , para todos los valores de  $x$ .

4.- Seleccionar la máxima diferencia: (ecuación 2.52)

$$\Delta = \max |F(z) - P(x)|$$

5.- Calcular el valor crítico del estadístico  $\Delta$ , es decir  $\Delta_0$ , para un  $\alpha = 0.05$  y  $n$  igual al número de datos. Los valores de  $\Delta_0$  se muestran en tablas.

6.- comparar el valor estadístico  $\Delta$ , con el valor crítico  $\Delta_0$  de la tabla. Con los siguiente criterios de decisión.

Si

$\Delta < \Delta_0 \implies$  el ajuste es bueno, al nivel de significación seleccionado.

$\Delta \geq \Delta_0 \implies$  el ajuste no es bueno, al nivel de significación seleccionado, siendo necesario probar con otra distribución.

### 2.1.10 Hietogramas de diseño utilizando análisis de eventos de tormentas

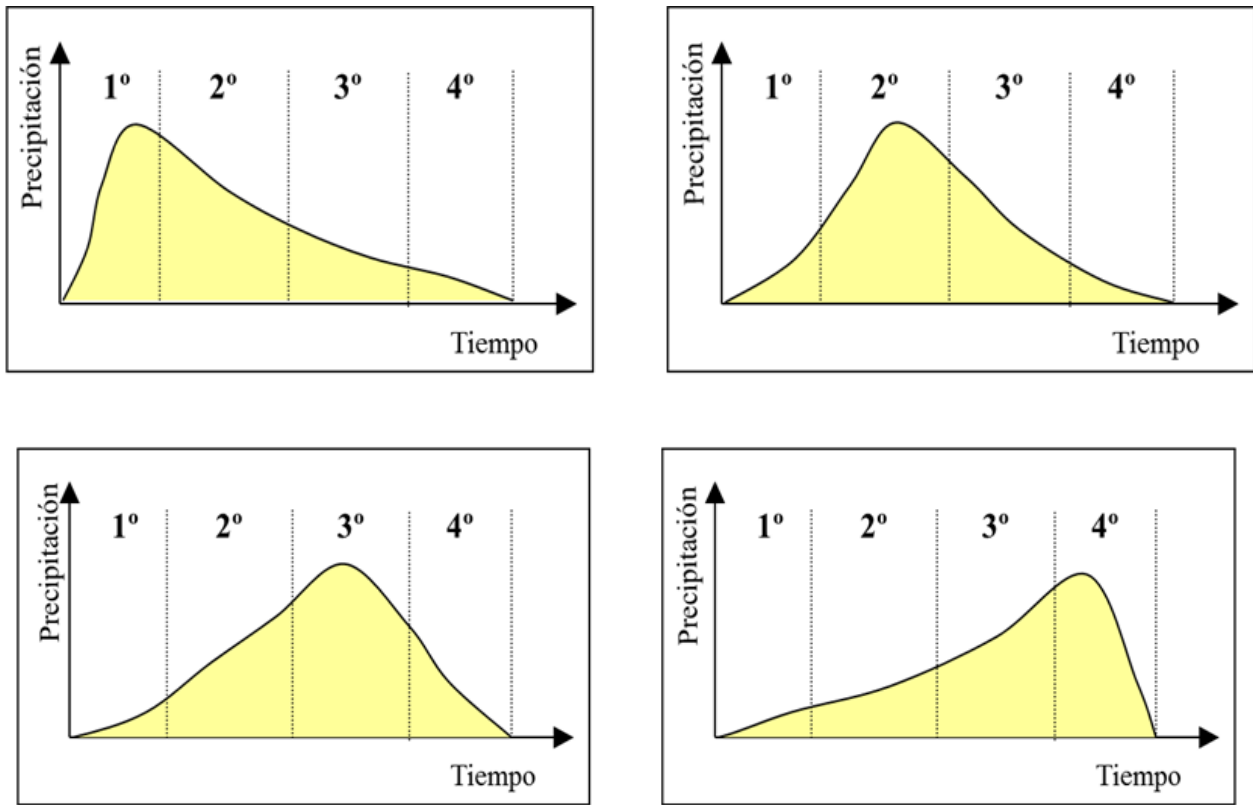
Una vez calculada y conocida la cantidad de precipitación para un periodo de retorno, se debe repartir temporalmente dicha lluvia, los patrones más conocidos de lluvia son:

- Distribución de Huff
- Distribución del Soil Conservation Service

#### a. Distribución de Huff

Fueron desarrolladas a partir de estudios de las lluvias en los Estados Unidos. Esta distribución fue desarrollada para 4 diferentes patrones de precipitación (grupos de probabilidad), desde los patrones de lluvias más severas (I cuartil), hasta los más suaves (IV cuartil). Ver figura N° 7 y 8.

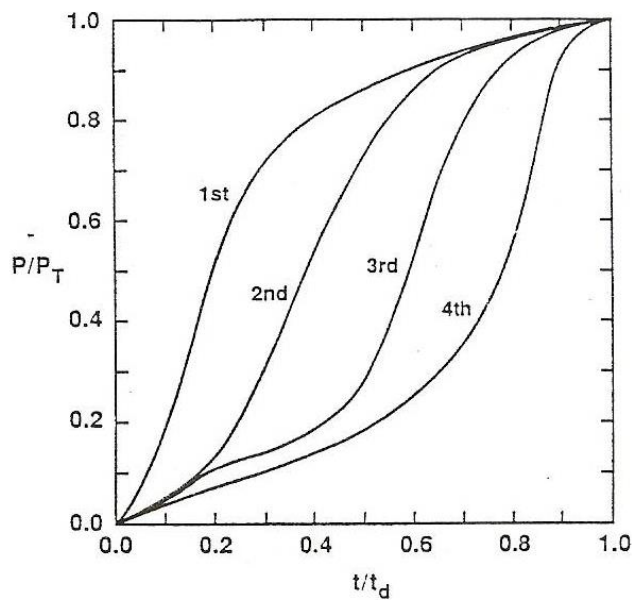
**FIGURA N° 7 Distribución de patrones Huff**



**Fuente:** Dinamica fluvial e ingeniería hidrológica - FLUMEN

Distribución de precipitación acumulada en función del tiempo que corresponde al primer cuartil, y para diferentes patrones de probabilidad.

**FIGURA N° 8 Distribución temporal de tormentas primero, segundo, tercero y cuarto cuartil de las distribuciones según Huff.**



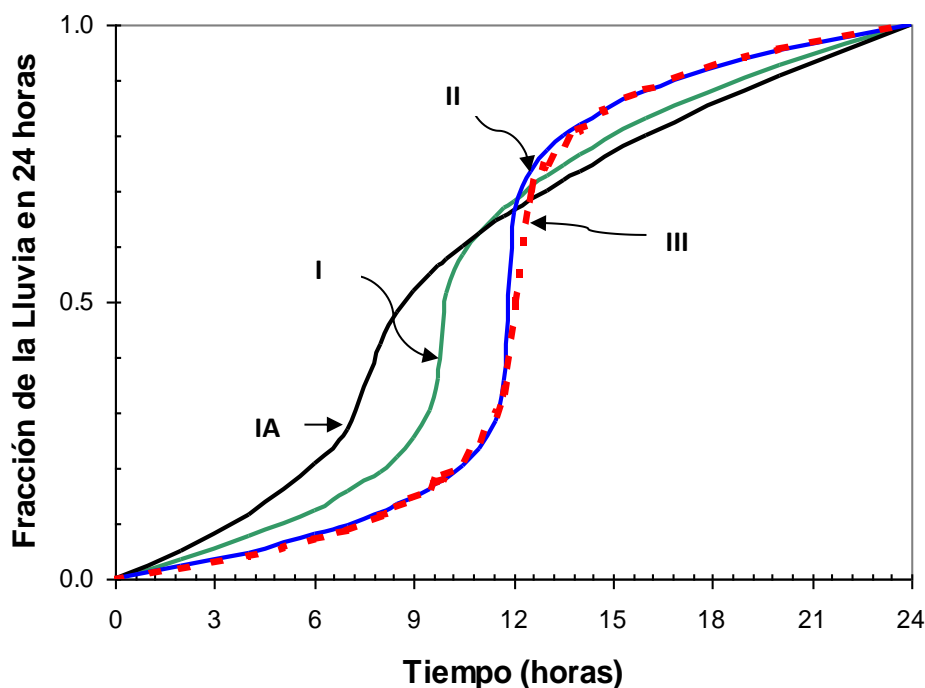
**Fuente:** A. Osman, 1993.

**b. Patrones de Distribución de Lluvia basada en los perfiles de lluvia SCS**

(Chow, 1994) El Soil Conservation Service del U.S. Department of Agriculture (1986) actualmente NRCS, desarrolló hietogramas sintéticos de tormentas para utilizarse en los Estados Unidos con duraciones de tormentas de 6 a 24 horas. Estos hietogramas se dedujeron al utilizar la información presentada por Hershfield (1961) y Miller, Frederick y Tracey (1973) y datos de tormentas adicionales. Se clasificaron las tormentas de 24 horas de duración en cuatro tipos llamados Tipo I, IA, II y III, de acuerdo al clima del lugar (húmedo, seco, costero y tropical) respectivamente.

La geografía de los Estados Unidos donde dichos hietogramas podría aplicarse. Los tipos I y IA corresponden al clima marítimo del pacífico con inviernos húmedos y veranos secos. El tipo III corresponde al golfo de México y las áreas costeras del atlántico, donde las tormentas tropicales producen lluvias de 24 horas muy grades. El tipo II corresponde al resto del país americana.

**FIGURA N° 9 Hietograma de Lluvia de 24 horas SCS.**

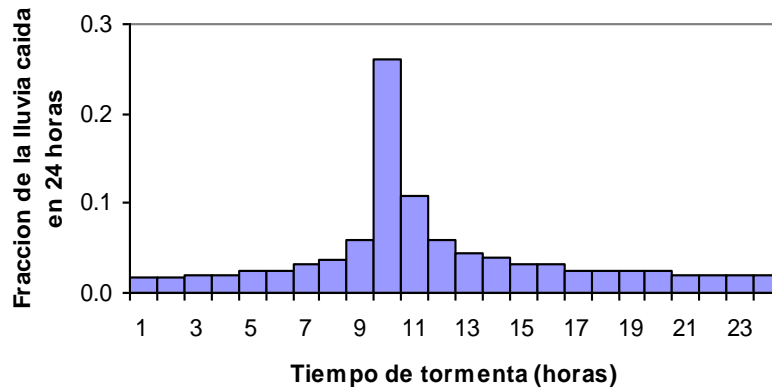


(Chow, 1994).

Fuente

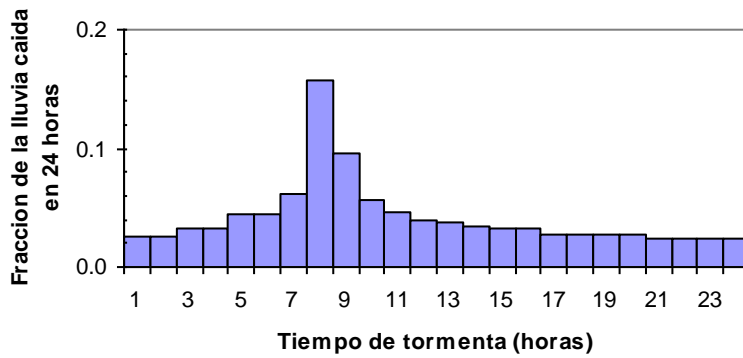
**Distribución de lluvia SCS:**

**FIGURA N° 10 Hietograma Tipo I SCS.**



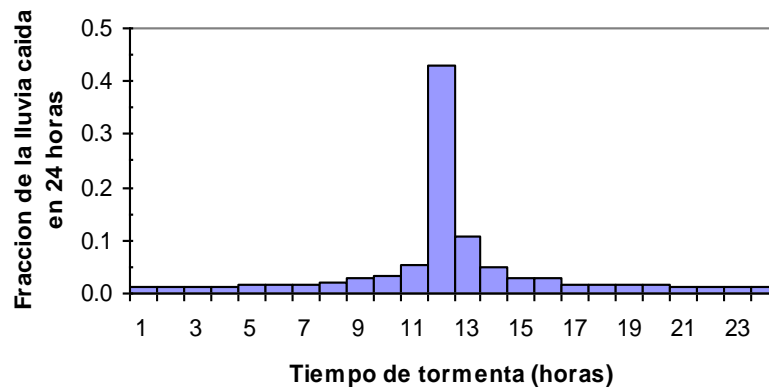
Fuente (Chow, 1994).

**FIGURA N° 11 Hietograma Tipo IA SCS**



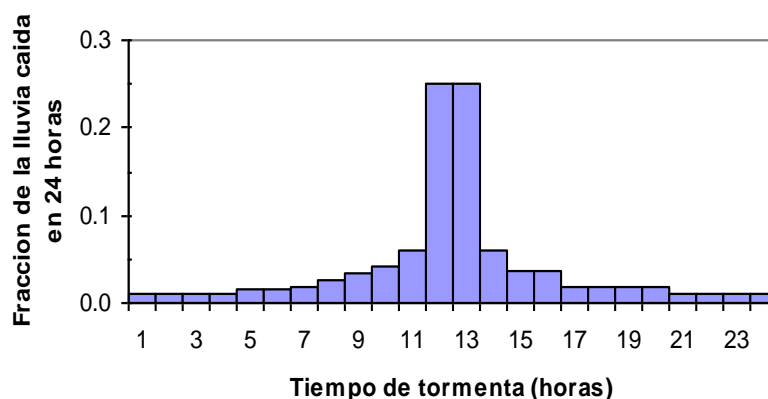
Fuente (Chow, 1994)

**FIGURA N° 12 Hietograma tipo II SCS.**



Fuente (Chow, 1994)

FIGURA N° 13 Hietograma Tipo III SCS.



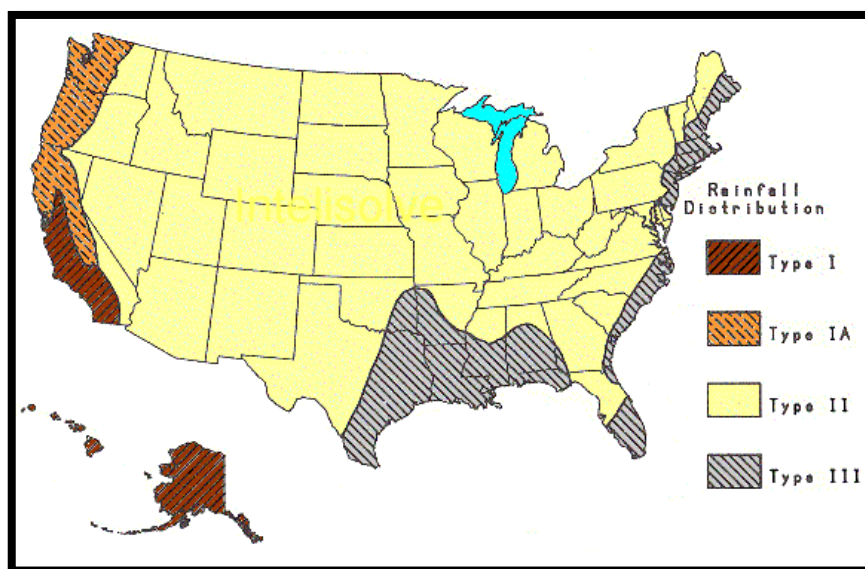
Fuente: (Chow, 1994)

CUADRO N° 1 Distribuciones de lluvia según el SCS.

Tormenta de 24 horas						Tormenta de 6 horas		
hora t	t/24	Pt/P24				Hora t	t/6	Pt/P6
		Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III			
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0	0
2.00	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020	0.60	0.10	0.04
4.00	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043	1.20	0.20	0.10
6.00	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072	1.50	0.25	0.14
7.00	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089	1.80	0.30	0.19
8.00	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115	2.10	0.35	0.31
8.50	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130	2.28	0.38	0.44
9.00	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148	2.40	0.40	0.53
9.50	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167	2.52	0.42	0.60
9.75	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178	2.64	0.44	0.63
10.00	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189	2.76	0.46	0.66
10.50	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216	3.00	0.50	0.70
11.00	0.459	0.624	0.624	0.235	0.250	3.30	0.55	0.75
11.50	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298	3.60	0.60	0.79
11.75	0.489	0.669	0.655	0.357	0.339	3.90	0.65	0.83
12.00	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500	4.20	0.70	0.86
12.50	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702	4.50	0.75	0.89
13.00	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751	4.80	0.80	0.91
13.50	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785	5.40	0.90	0.96
14.00	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811	6.00	1.00	1.00
16.00	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886			
20.00	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957			
24.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			

Fuente: (Chow, 1994)/U.S. Dep. de agricultura, soil conservation Service, 1973,1986.

**FIGURA N° 14 Localización de los EE.UU. para la aplicación de los hietogramas de lluvia de 24 horas del SCS**



Fuente: Hidrología Aplicada (Chow, 1994)

### 2.1.11 Hietograma de precipitación de diseño utilizando las relaciones IDF

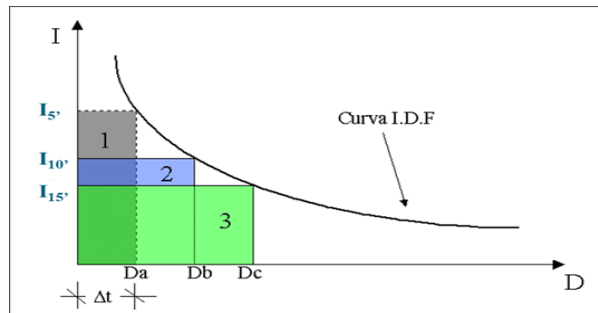
(Chow, 1994) En los métodos de diseño de hidrología desarrollados hace muchos años, tal como el método racional, solo se utilizaba el caudal pico. No existía consideración alguna sobre el tiempo de distribución del caudal (el hidrograma del caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, los cuales utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables de hietograma de diseño para obtener los hidrogramas de diseño.

#### a. Método del bloque Alterno (Chow, 1994)

(Chow, 1994), El método de bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad – duración y frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la altura de precipitación que ocurre en  $n$  intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración total de  $T_d = n\Delta t$ . después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ , y la altura de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de altura de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que

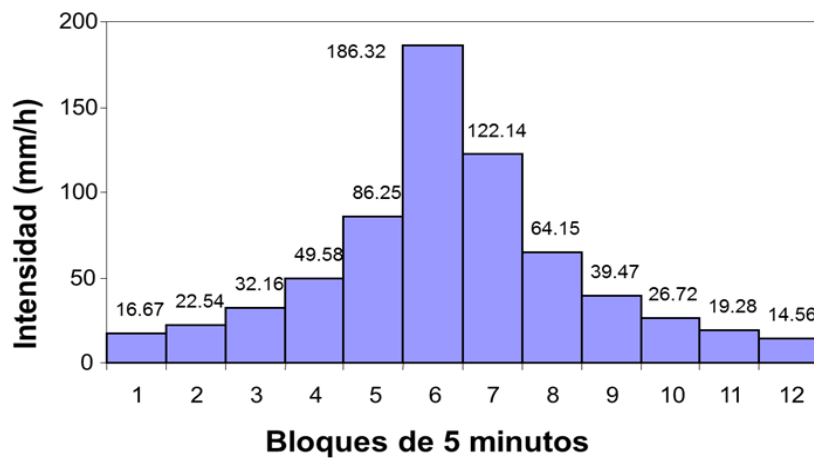
debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $\Delta t$ . estos incrementos o bloques se rodean en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

**FIGURA N° 15 Método de bloques alternos relacionado con las Curvas I-D-F.**



*FUENTE: Hidrología Aplicada (Chow, 1994)*

**FIGURA N° 16 Hietograma del método de bloques alternos.**



*FUENTE: Hidrología Aplicada (Chow, 1994)*

### 2.1.12 Probabilidad, periodo de retorno y riesgo de falla

La probabilidad de ocurrencia de eventos mayores o iguales que el que se analiza; se realiza con un análisis de frecuencias relacionando la magnitud de eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. La probabilidad o frecuencias de ocurrencia se calculan en porcentaje (%); o sea, que si un suceso se presenta (por término medio) cada 10 años, su probabilidad de ocurrencia es de 0.10 (10%).



El periodo de retorno, término mayormente utilizado en hidrología; se relaciona con la probabilidad de ocurrencia, como ya se definió anteriormente:

$$P = \frac{1}{T}$$

... (2.56)

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia

T = Periodo de retorno

### a. Elección de periodo de Retorno

Los factores que determinarán la elección del periodo de retorno para el diseño son:

➤ *Población y riesgo de falla*

Se deben tomar en cuenta muchos factores para determinar el periodo de retorno, como el de seguridad; para áreas densamente pobladas, donde la falla de estructuras para el control de agua causaría pérdida de vidas y daños a propiedades, se tendrá mayor periodo de retorno que para áreas menos pobladas donde una probable falla causaría sólo daños pequeños

Chow (1994), en base a experiencias pasadas desarrolló criterios generalizados para estructuras de control de agua, teniendo en cuenta consecuencias potenciales de falla. Así para drenaje urbano en ciudades pequeñas considera un periodo de retorno de 2 a 25 años.

➤ *Economía*

Del mismo modo se debe considerar la economía; dado que para un mayor periodo de retorno se requerirá una mayor inversión.

➤ *Criterio técnico :*

De acuerdo al RNC para proyectos de poblaciones o ciudades, así como para proyectos de mejoramiento y/o ampliación de servicios de saneamiento existentes, el periodo de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los periodos óptimos para cada componente del sistema, entonces se deberá elegir con criterio técnico el tipo de materiales a emplear (por ejemplo la vida útil del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) y asegurar el óptimo funcionamiento del sistema.

**b. Análisis de riesgo**

Las estructuras pueden fallar si la magnitud correspondiente al periodo de retorno de diseño se excede durante la vida útil de la estructura; esto se denomina Riesgo hidrológico natural o inherente, se tiene entonces:

La probabilidad de que un suceso de retorno T SI se produzca del próximo año:

$$P = \frac{1}{T} \quad \dots \dots (2.56)$$

La probabilidad de que un suceso de retorno T, NO se produzca el próximo año:

$$P = 1 - \left(\frac{1}{T}\right)$$

La probabilidad de que un suceso de retorno T, NO se produzcan en los próximos n años:

$$P = \left[1 - \left(\frac{1}{T}\right)\right]^n$$

La última expresión obtenida es el riesgo de falla (R), es decir la probabilidad que si se produzca alguna vez un suceso de periodo de Retorno T a lo largo de un periodo de n años.

$$P = 1 - \left[1 - \left(\frac{1}{T}\right)\right]^n$$

Donde:

n = vida útil de la estructura (años)

T= Periodo de retorno (años)

Ejemplo:

Veriguar cuál es el riesgo de falla de una obra que tiene una vida útil de 20 años, si se diseña para un periodo de 50 años.

Solución:

Reemplazando en la ecuación anterior T=50 años y n= 20 años se tiene:

$$P = 1 - \left[1 - \left(\frac{1}{50}\right)\right]^{20}$$

$$P = 0.33$$

$$P = 33\%$$

Se tiene un 33% de probabilidad que un evento de magnitud X sea igualado o excedido en algunos de los 20 años de la obra.

Para hallar este período de retorno existen fórmulas empíricas de las cuales la más utilizada es la de Weibull.

Fórmula de Weibull

$$T = \frac{(n + 1)}{m} \quad \dots (2.57)$$

Donde:

T = Período de retorno

n = Número de años observados

m = Número de orden del suceso considerado, siempre que el conjunto esté ordenado de mayor a menor.

### 2.1.13 Cálculo de caudales

Existen diferentes métodos para el cálculo de caudales como son:

#### a. Métodos empíricos:

Estas fórmulas son válidas para dar un primer valor de referencia u orden de magnitud. Están basadas en la experimentación y el caudal de avenida Q (m<sup>3</sup>/s) se da en función de la superficie S (Km<sup>2</sup>).

- Método racional
- Método de Chow
- Hidrograma unitario triangular
- Hidrograma adimensional

#### Método racional

Este método tiene más de 100 años de antigüedad y se generalizó todo el mundo, es utilizado para la determinación de caudales de avenida en cuencas pequeñas de una superficie de 13000 Has ó 13 Km<sup>2</sup>. o bien que su tiempo de concentración sea del orden de 1 hora:

$$Q = \frac{CIA}{3.6} \dots (2.58)$$

Donde:

Q= caudal máximo en m<sup>3</sup>/s

C= Coeficiente de escorrentía, que depende de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo, sin dimensiones.

I = Intensidad máxima de lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un periodo de retorno dado en mm/hr.

A= área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

Nota. La ecuación es entre 360 si el área está en Has.

#### **b. Métodos estadísticos**

- Pearson
- Log Pearson
- Gumbel
- Y valores extremos generalizados GEV

Basados en datos de caudales. Influyen la CANTIDAD y CALIDAD de los datos, están basados en grandes series de datos anuales de caudales, que permiten hallar caudales máximos siguiendo la siguiente metodología:

- 1) Recopilación de datos.
- 2) Análisis de datos.
- 3) Extrapolación estadística.
- 4) Contraste de resultados.

Para que los estudios tengan una consistencia suficiente, es necesario una longitud mínima de la muestra que se define como “la longitud de muestra

recomendable para un análisis de caudales, por métodos estadísticos de 40-50 años”.

Para series de 30-40 años de longitud de serie, el análisis de frecuencia de caudales debe ser apoyado por otros métodos tales como comparación con cuencas similares o por medio de métodos que estudien el caudal a partir de precipitaciones.

En series cortas de 10-20 años, se utilizan métodos basados en el estudio de la precipitación (hidrograma unitario, modelos...).

## 2.2 HIPOTESIS

### a. Hipótesis General

- Las intensidades de lluvia generados a partir de datos de precipitación máxima diaria, proporcionará una adecuada información para el diseño de infraestructuras hidráulicas, en la zona de estudio y áreas aledañas a estas.

### b. Hipótesis Específica

- El análisis de frecuencia nos permitirá relacionar la magnitud de los eventos con su frecuencia de ocurrencia, mediante el uso de distribuciones de probabilidad y sus ajustes.
- Las ecuaciones de intensidad de precipitación nos permitirá estimar intensidades en zonas sin información pluviográfica, en base a la duración y periodo de retorno tomando en cuenta las estaciones de: Huancané, moho, Putina.
- Las curvas de intensidad duración y frecuencia nos servirán como base grafica para el cálculo de las intensidades con diferentes duraciones, las cuales son iguales al tiempo de concentración y para diferentes periodos de retorno, a la vez se podrá evaluar la intensidad de lluvia a cada hora durante el día.

## CAPITULO III

## MATERIALES Y METODOLOGÍA

## 3.1 MATERIALES

## 3.1.1 Información meteorológica

La información empleada en el presente estudio es el siguiente:

- Precipitaciones máximas en 24 horas.

Toda esta información pertenece a las estaciones de Huancané, Moho y Putina, siendo obtenido por el SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (SENAMHI).

En el siguiente cuadro se detalla las características de las estaciones meteorológicas y el tamaño de la muestra de datos meteorológicos:

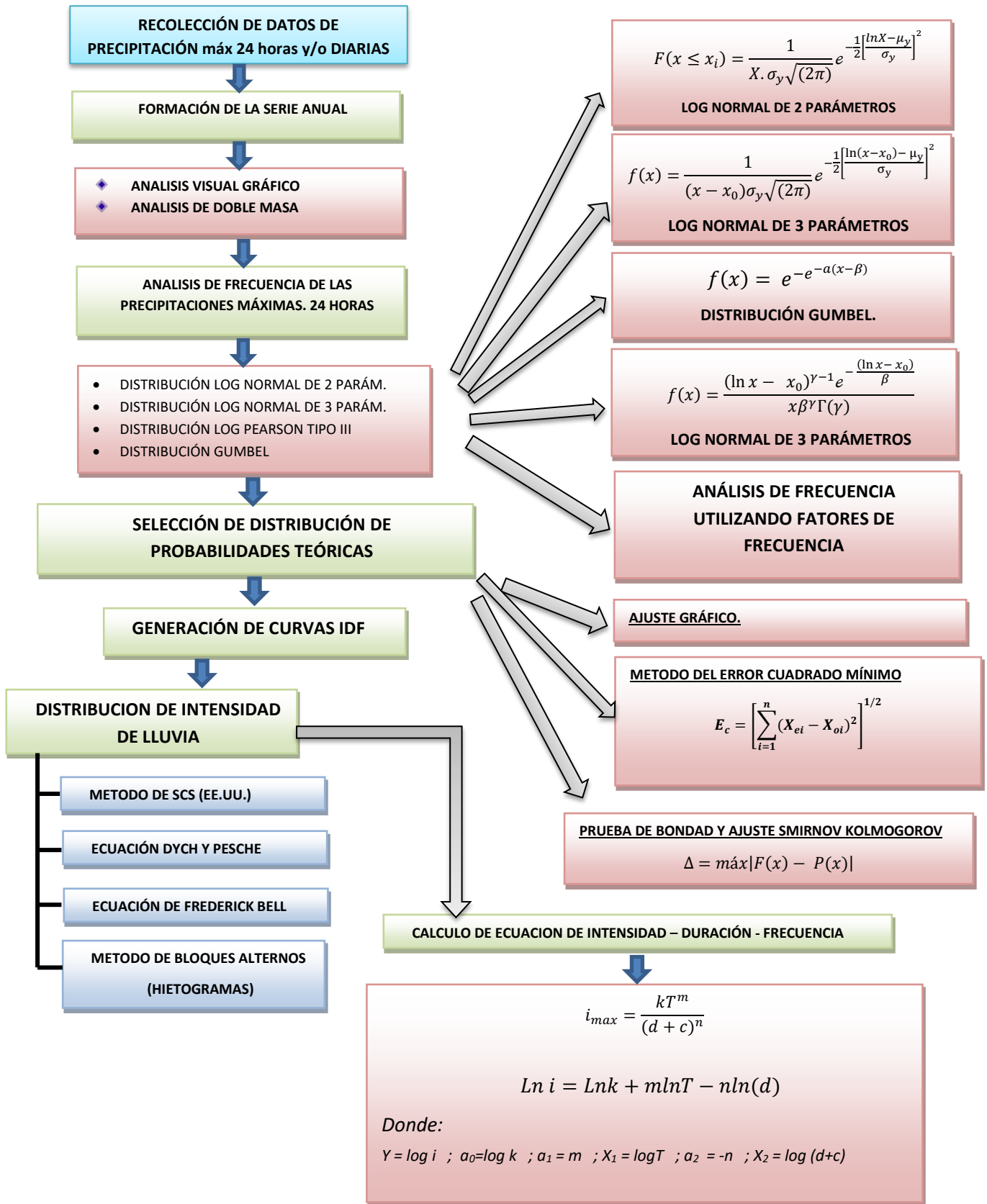
CUADRO N° 2 Estaciones meteorológicas en estudio

N°	Estación	Ubicación geográfica		Ubicación Política			
		Latitud	Longitud	PAIS	DPTO.	PROV.	DIST.
1	HUANCANE	15°12'05.4"	69°45'12.8"	PERÚ	PUNO	HUANCANÉ	HUANCANÉ
2	HUARAYA-MOHO	15°23'17.8"	69°29'03.4"	PERÚ	PUNO	MOHO	HUARAYA
3	PUTINA	14°54'52.6"	69°52'03.9"	PERÚ	PUNO	S.A. PUTINA	PUTINA

N°	Estación	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación	Propietario	TIPO	COD.
			P máx. 24hrs.			
1	HUANCANE	3890	1964 - 2010	SENAMHI	CO	110786
2	HUARAYA-MOHO	3890	1964 - 2010	SENAMHI	CO	110787
3	PUTINA	3920	1964 - 2010	SENAMHI	CO	157414

### 3.2 METODOLOGÍA

En el presente estudio sea siguiente manera:



**FIN**

### 3.2.1 Recolección de datos de precipitación máx. de 24 horas

Comprende la recolección de información bibliográfica acerca del tema en cuestión y ello se realizará de diferentes fuentes: libros, revistas, internet, trabajos de investigación, y entidades como el SENAMHI. Luego se realiza un ordenamiento y una síntesis de los datos de precipitación para su trabajo.

### 3.2.2 Análisis de consistencia de la información meteorológica

#### a. Análisis visual gráfico

Consiste en plotear datos de precipitación y generar un hidrograma el cual lleva en el eje de las abscisas el tiempo en (años, meses, días, etc.) y en el eje de las ordenadas la magnitud y/o altura de precipitación, en nuestro caso en mm. Este gráfico sirve para analizar la consistencia de la información hidrológica en forma visual, e indicar el periodo o periodo en los cuales la información es dudosa, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o tendencias, los mismos que deberán comprobarse si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido, o si son producto de errores sistemáticos.

#### b. Análisis de doble masa

El análisis de Doble masa permite verificar gráficamente la calidad de la información en comparación con estaciones vecinas. Una curva de doble masa es una gráfica en papel aritmético que se consigue acumulando los valores de la estación de interés así como los valores de la estación índice para el mismo periodo.

### 3.2.3 Función de distribución de probabilidad y análisis de frecuencia de datos hidrológicos

Para el cálculo de precipitaciones diarias de diferentes periodos de retorno ( $X_T$ ) realizamos un análisis de frecuencia utilizando los Factores de frecuencia, Según (Chow, 1994).

$$X_T = \bar{X} + K_T * S \quad \dots (3.1)$$



Donde:

$X_T$  = valor de precipitación para un determinado periodo de retorno  
( $T$ =años)

$\bar{X}$  = media de la función

$S$  = desviación estándar de la función

$K_T$  = factor de frecuencia

Previo a ello mostramos algunos parámetros estadísticos.

#### a. Parámetros estadísticos de una muestra

- **Medidas de tendencia central**

Se define como una medida de localización central, nos indican en torno a qué valor (centro) se distribuyen los datos.

#### Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad \dots (3.2)$$

Donde:

$\bar{X}$  = media muestral

$X_i$  = valor  $i$ -ésimo de la muestra

$n$  = número de datos de la muestra

#### Mediana:

$$\text{Med} = \frac{X_{n+1}}{2}, \text{ para } n \text{ impar}$$

Si  $n$  es par, la mediana adopta el valor del promedio de los números centrales, es decir:

$$\text{Med} = \frac{X_{n/2} + X_{\frac{n}{2}+1}}{2}, \text{ para } n \text{ par} \quad \dots (3.3)$$

- **Medidas de dispersión**

Las medidas de dispersión nos informan sobre cuanto se alejan y cuanto de dispersan del centro los valores de la distribución.

Algunas medidas de dispersión son:

**Varianza:**

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

... (3.4)

**Desviación estándar:**

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

... (3.5)

**b. Distribución log normal de 2 parámetros.**

$$K_T = \frac{Y_T - \mu}{\sigma}$$

$$Y_T = \bar{\mu} + K_T * \sigma$$

... (3.6)

Entonces:

De la ecuación anterior

$$X_T = \exp(Y_T) = \exp(\mu + K_T * \sigma)$$

... (3.7)

Donde:

$\mu = \text{media de } \bar{y} = \ln X_i .$

$\sigma = \text{Desviación estandar de } S_y = \ln X_i .$

La ecuación (3.6) es el mismo valor de la variable normal estandarizada z visto en la ecuación N° 2.21, siendo esta una probabilidad de excedencia de p ( $p=1/T$ ) y puede calcularse de la siguiente manera:

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{p^2}\right) \right]^{1/2}, \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

... (3.8)

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{(1-p)^2}\right) \right]^{1/2}, \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

... (3.9)

Luego calculando z utilizamos la aproximación:

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}; \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

$$z = -\left(w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}\right); \text{ Para } p > 0.5$$

... (3.10)

El factor de  $K_T = z$ ; y el error de esta fórmula es de menor que 0.00045 en z según (Abramowitz y Stegun, 1965).

**c. Distribución log normal de 3 parámetros.**

Para la distribución log normal de 3 parámetros se aplica el mismo procedimiento de log normal de 2 parámetros, con una sola variación en la ecuación (3.6):

$$Y_T = \bar{\mu} + K_T * \sigma$$

Donde:

$$\mu = \text{media de } \bar{y} = \ln(X_i - X_0) .$$

$$\sigma = \text{Desviación estandar de } S_y = \text{Ln}(X_i - X_0).$$

$$Y_T = \text{Ln} (X_T - X_0).$$

Aplicamos la inversa de log normal.

$$X_T = \exp(Y_T) = x_0 + \exp(\mu + K_T * \sigma)$$

... (3.11)

**d. Distribución log Pearson tipo III**

Para esta distribución, el primer paso es tomar los logaritmos de la información hidrológica,  $y = \ln X_i$ . Se calculan la media de  $\bar{y} = \ln X_i$ , la desviación estándar  $S_y$  y el coeficiente de asimetría  $C_S$ , el factor de frecuencia depende del periodo de retorno T y del coeficiente de asimetría  $C_S$ , cuando el  $C_S = 0$  el factor de frecuencia es igual a la variable normal estandarizada z, cuando el  $C_S \neq 0$ ,  $K_T$ , se aproxima por Kite (1977) como:

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

... (3.12)

Donde:

$$k = \frac{C_S}{6}$$

... (3.13)

$z =$ , a la ecuación anterior de log normal de 2 parámetros

Para hallar  $K_T$  por un procedimiento directo se pueden usar tablas. Se muestran en anexos Tabla N° (B-01 y B-02)

Luego aplicamos la ecuación general de los factores de frecuencia (3.1) con una variación en su media y desviación estándar:

$$Y_T = \bar{\mu} + K_T * \sigma$$

Donde:

$\mu =$  media de  $\bar{y} = \ln(X_i)$  .

$\sigma =$  Desviación estandar de  $S_y = \ln(X_i)$ .

$Y_T = \ln(X_T)$ .

Aplicamos la inversa de log normal.

$$X_T = \exp(Y_T) = \exp(\mu + K_T * \sigma)$$

... (3.14)

#### e. Distribución valor extremo tipo I y/o Gumbel

Para la distribución de valor extremo tipo I o llamada Gumbel según (Chow, 1994) dedujo la siguiente expresión:

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

... (3.15)

Donde T es el periodo de retorno.

Utilizando la ecuación n° 3.1 se tiene:

$$X_T = \bar{X} + K_T * S$$

Donde:

$\bar{X}$ = media o promedio de la función

S=desviación estándar de la función

$K_T$ = factor de frecuencia

#### 3.2.4 Selección de la función de distribución de probabilidades teóricas

Para seleccionar una de las funciones de distribución de probabilidades teóricas se tiene que tener muy en cuenta estos tres métodos, para no incurrir en un error

al momento del diseño de una estructura, pudiendo caer en el error de sobrediseñarla o sub diseñarla, ello puede traer costos económicos y sociales respectivamente.

- a. Análisis gráfico
- b. Método del error cuadrado mínimo
- c. Prueba de bondad y ajuste de KOLMOGOROV SMIRNOV.

### **3.2.5 Determinación de precipitaciones máximas para diferente periodo de retorno**

Una vez seleccionado la distribución de probabilidades, aplicando el análisis de frecuencia, y usando factores de frecuencia se determina las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno.

### **3.2.6 Distribución de intensidades de lluvia en 24 horas**

Una vez obtenida las precipitaciones diarias para diferentes periodos de retorno se procede a distribuirlas en el tiempo de 1-24 horas; en algunos casos se requiere saber la distribución de lluvia en tiempos menores a 1 hora, para ello se tiene lo siguiente:

- Distribución de lluvia basados en perfiles de lluvia SCS
- Distribución según Dyck y Peschke
- Ecuaciones de F.C. Bell
- Método de bloques alternos (generación de hietogramas a partir de curvas IDF).

#### **a. Distribución de lluvia basada en perfiles de lluvia SCS**

Cuando no se cuenta con datos pluviográficos, y solo pluviométricos como precipitaciones máximas en 24 horas o llamadas también diarias deben de ser sometidos a un tratamiento previo que permita conocer su distribución temporal en 24 horas, para lo cual se empleó la distribución basada en los perfiles de lluvia SCS, y aplicando la distribución Tipo II <sup>(1)</sup>

#### **b. Distribución según Dyck y Peschke**

---

<sup>1</sup> [http://www.hydrocalc.com/scs\\_rain/scs\\_rain.html](http://www.hydrocalc.com/scs_rain/scs_rain.html)

Según (DYCK y PESCHKE, 1978), En la práctica no se dispone con facilidad de registros de lluvias para duraciones menores de 60 minutos, o los datos son muy escasos. Sin embargo, la mayoría de los problemas hidrológicos relacionados con el drenaje urbano y vial requieren lluvias de duraciones más cortas. Algunas veces sólo existe información de las precipitaciones diarias, en cuyo caso, se suele usar la siguiente relación para estimar la lluvia máxima  $P_D$  para cualquier duración  $D$  en función de la lluvia diaria  $P_{24h}$ .

$$P_D = P_{24h} \left[ \frac{D}{1440} \right]^{0.25} \quad \dots (3.16)$$

$P_D$  = Precipitación máxima de duración  $5 < D < 1440$

$P_{24h}$  = Precipitación máxima diaria

### c. Ecuaciones de F.C. Bell

Para duraciones inferiores a 1 hora se emplean los coeficientes de Bell, el cual estudio las razones entre lluvias de distintas duraciones e igual frecuencia o periodos de retorno y también la razón entre lluvias de diferentes periodos de retorno e igual duración.

Los coeficientes de duración y de frecuencia propuestos por Bell cumplen las siguientes relaciones, válidas para duraciones de lluvia entre 5 minutos y dos horas (en nuestro caso solo se empleara hasta 60 minutos) y para periodos de retorno entre 2 y 100 años.

$$CF^T = 0.21 \ln T + 0.52 \quad \dots (3.17)$$

Donde:

$T$  = periodo de retorno en años.

Notar que para  $T=10$  se obtiene  $CF=1,00$ .

Además el coeficiente de duración,  $CD$ , en relación a la lluvia de una hora de duración (60 minutos), está dado por:

$$CD_t = 0.54t^{0.25} - 0.50$$

... (3.18)

Donde:

t= es la duración en minutos.

Notar que para t=60 min, es decir una hora, se obtiene CD=1,00.

Entonces la precipitación de duración t, entre 5 y 120 minutos (en nuestro caso solo hasta 60 minutos), y periodo de retorno T, entre 2 y 100 años, se puede estimar en base a la precipitación de una hora y 10 años de periodo de retorno, como:

$$P_t^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

... (3.19)

Siendo:

$P_t^T$ : Lluvia en mm de duración t minutos y T años de periodo de retorno.

T: Periodo de retorno, en años.

t: Duración de la lluvia, en minutos.

### 3.2.7 Análisis de correlación para la deducción de ecuaciones de IDF

Existen básicamente dos métodos con los que se puede determinar la relación entre las variables I, D y F para un sitio dado.

El primero, llamado de intensidad-periodo de retorno, relaciona estas dos variables para cada duración por separado y el segundo método que relaciona simultáneamente las tres variables en una familia de curvas como se ve en la ecuación n° (2.6):

$$i = \frac{kT^m}{(d+c)^n}$$

Donde k, m, n y c son parámetros que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple. Si los datos se agrupan lo suficiente en torno a líneas rectas, el valor de c puede tomarse como cero.

Linealizamos la ecuación (2.6) y luego tomamos logaritmos a la misma y tenemos lo siguiente:

$$i = kT^m d^{-n}$$

$$\ln i = \ln k + m \ln T + (-n) \ln(d)$$

O bien:

$$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 \quad \dots (3.21)$$

Donde:

$$y = \ln i; a_0 = \ln k; a_1 = m; X_1 = \ln T; a_2 = -n; X_2 = \ln(d)$$

Al hacer un ajuste de correlación lineal múltiple de una serie de tres tipos de datos, se obtiene un sistema de ecuaciones que es igual a las ecuaciones 2.8, 2.9 y 2.10. como sigue:

$$\sum y = Na_0 + a_1 \sum X_1 + a_2 \sum X_2 \quad \dots(2.8)$$

$$\sum(x_1y) = a_0 \sum x_1 + a_1 \sum(x_1^2) + a_2 \sum(x_1x_2) \quad \dots(2.9)$$

$$\sum(x_2y) = a_0 \sum x_2 + a_1 \sum(x_1 x_2) + a_2 \sum(x_2)^2 \quad \dots(2.10)$$

Donde N= número de datos y las incógnitas son  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ;  $X_1$  y  $X_2$  y  $Y$  son respectivamente los logaritmos naturales del periodo de retorno, la duración y la intensidad.



## CAPITULO IV

### CARACTERISTICAS DEL AREA DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1 Ubicación Geográfica:

La zona de estudio está ubicado en:

Departamento: Puno

Provincias: Huancané, Moho y San Antonio de Putina.

Distritos: Huancané, Moho, Putina.

FIGURA N° 17 Plano de ubicación de la zona en estudio.





*Fuente: elaboración propia*

#### 4.2 Demografía

La población estimada en la provincia de Huancané en el año 2007 es de 69,522 personas, la población estimada en la provincia de Moho en el año 2007 es de 27,819 personas, la población estimada en la provincia de San Antonio de Putina en el año 2007 es de 50,490 personas. Todo ello da un total de 147831 habitantes.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Fuente: INEI.

### 4.3 Clima

Por su situación geográfica, el clima durante todo el año es propio del altiplano, teniendo en ella la cordillera oriental, y la presencia del Lago Titicaca, existiendo nevados perpetuos y tormentas de nieve, esto lo hace frígido, seco y templado, estas condiciones especiales se presentan durante todo el año, teniendo variaciones de acuerdo a cada estación. Su temperatura varía desde un promedio de - 12 grados bajo cero, esto en las zonas de Ananea y la rinconada hasta 15 °C. en zonas bajas a orillas del Titicaca.

### 4.4 Vientos

Entre los vientos predominantes tenemos la brisa del lago y los provenientes de montañas ubicadas principalmente en la Provincia de San Antonio de Putina y Huancané, generalmente soplan de oeste a este y de este a oeste, pero estos se acentúan con mayor intensidad en los meses de julio a setiembre, el resto del tiempo se presente con menor intensidad.

### 4.5 Pluviografía

Las precipitaciones atmosféricas (pluviales) obedecen a una periodicidad anual de 4 meses (diciembre a marzo). Se debe hacer notar que esta periodicidad, a pesar de normar las campañas agrícolas, puede variar según características pluviales del año, originando inundaciones o sequías.

### 4.6 Hidrografía

El lago Titicaca constituye el vaso colector de la hoya, aproximadamente posee un espejo de 8900 km<sup>2</sup> con una longitud de 179 km y 50 km de ancho. En esta área se almacena el agua con un volumen aproximado de 2500 millones de m<sup>3</sup>.

#### **4.7 Suelo**

El suelo en la zona de estudio es variable. Existen zonas con mucha capacidad aurífera y suelos poco productivos, como también suelos con alto valor productivo ubicadas en las zonas bajas como los que son ubicados en las provincias de Huancané y moho.

#### **4.8 Topografía**

Las zonas en estudio poseen una topografía variable con altitudes que van desde 3,812.00 m.s.n.m. hasta los 5,995.00 m.s.n.m., siendo los picos más altos ubicados en la provincia de San Antonio de Putina como Salluyo con 5,995.00 m.s.n.m, y Ananea con 5,852.00 m.s.n.m. y los niveles más bajos ubicados a orillas del lago Titicaca pertenecientes a las provincias de Huancané y Moho

#### **4.9 Comunicación**

La zona en estudio tiene un acceso terrestre, mediante la carretera asfaltada que va de Puno - Juliaca, Juliaca - Huancané, Huancané - Moho y Juliaca – Putina.

#### **4.10 Economía**

La población de la zona de estudio es multilingüe, los idiomas que se comparten son el quechua, aimara y el español.

La actividad agropecuaria es la principal actividad económica, seguida del comercio principalmente por las ferias dominicales en Huancané y minería, en zonas altas de la provincia de Putina.

## CAPITULO V

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 Análisis de consistencia de la información meteorológica

##### ANÁLISIS VISUAL GRÁFICO

En las siguientes tablas se presenta los datos de precipitación observada y su respectivo análisis visual gráfico en la cual se puede observar lo siguiente:

Estación Huancané presenta una precipitación regular la cual no tienen excesivos saltos de precipitación, siendo su precipitación máxima diaria de 68.70 mm. en el mes de marzo de 1994 y una mínima de 20.60 mm. en el mes de enero del año 2010.

Estación Moho al igual que la estación Huancané presenta una precipitación regular la cual no tienen excesivos saltos de precipitación, siendo su precipitación máxima diaria de 74.30 mm. en el mes de diciembre del 2003 y una mínima de 26.40 mm. en el mes de Junio de 1990.

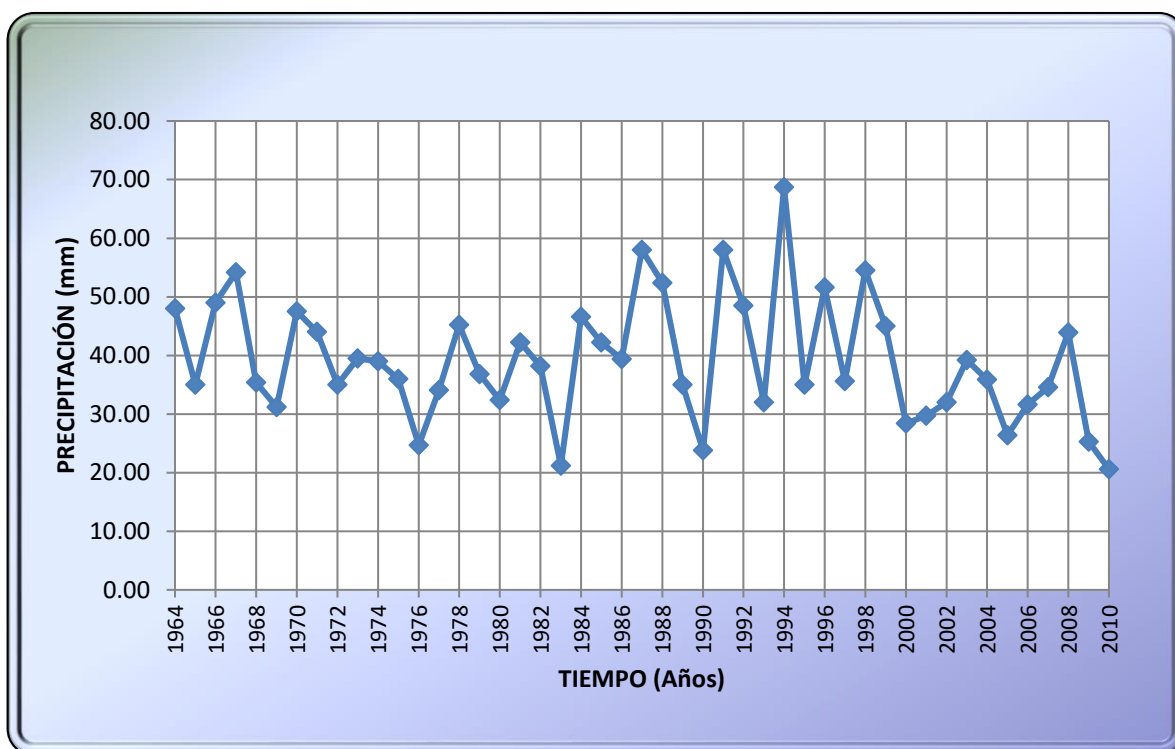
Estación Putina presenta una precipitación regular la cual no tienen excesivos saltos de precipitación, su precipitación máxima diaria fue de 52.20 mm. en el mes de enero de 1981 y la mínima de 16.70 mm. en mes de febrero de 1975.

**CUADRO N° 3 Precipitación máxima de 24 horas est. Huancané**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)													
ESTACIÓN : HUANCANE		LATITUD 15°12'05.4"						REGION : PUNO					
CODIGO : 110786		LONGITUD 69°45'12.8"						PROV : HUANCANE					
TIPO : CO		ALTITUD 3890 MSNM						DIST : HUANCANE					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1964	13.0	14.0	34.0	19.0	11.0	0.0	0.0	1.2	4.0	4.0	48.0	8.0	48.00
1965	35.0	28.5	18.0	8.0	1.5	0.0	3.0	2.0	8.0	14.0	17.0	25.0	35.00
1966	34.0	49.0	24.5	11.0	31.5	0.0	0.0	0.0	11.6	10.0	17.0	23.0	49.00
1967	6.0	21.0	16.0	2.0	7.0	1.0	13.0	5.0	11.0	18.0	5.8	54.2	54.20
1968	14.4	35.4	30.5	14.0	6.5	5.4	5.8	5.0	26.6	13.8	27.7	26.5	35.40
1969	20.0	31.2	25.0	9.2	0.0	2.2	7.5	8.2	7.2	5.2	16.5	7.5	31.20
1970	47.5	8.5	31.2	10.0	6.2	1.0	0.0	0.0	12.0	20.0	17.0	34.0	47.50
1971	19.0	44.0	18.5	3.5	1.0	1.0	0.0	1.5	0.0	12.4	20.8	13.4	44.00
1972	33.0	35.0	17.0	6.0	0.0	0.0	4.5	5.0	32.0	5.8	29.5	29.0	35.00
1973	23.0	9.2	39.5	17.5	3.5	0.0	0.0	5.5	28.8	17.0	4.5	15.0	39.50
1974	29.6	22.6	22.5	15.0	0.0	2.5	0.0	12.0	14.0	9.0	39.0	12.0	39.00
1975	21.0	36.0	17.5	10.0	5.5	0.0	0.0	0.0	3.0	30.5	6.0	20.0	36.00
1976	15.0	15.0	5.2	0.0	9.0	4.5	1.8	10.5	11.0	24.7	13.5	16.8	24.70
1977	6.8	34.1	19.0	0.0	1.8	0.0	1.9	3.2	19.0	19.0	21.0	13.6	34.10
1978	18.8	45.2	37.0	16.8	0.1	4.8	6.8	0.1	11.8	18.0	44.2	42.2	45.20
1979	36.8	34.8	7.4	23.2	1.6	0.0	2.8	6.8	1.6	16.6	33.0	22.3	36.80
1980	25.4	23.3	32.4	11.2	7.0	0.1	2.6	4.8	27.4	24.0	10.2	23.0	32.40
1981	42.2	26.2	26.4	34.8	11.2	0.1	0.0	8.8	12.0	24.8	8.8	35.2	42.20
1982	38.2	18.2	34.8	14.2	1.2	1.2	0.0	4.2	8.6	9.8	32.8	28.2	38.20
1983	18.2	21.2	13.2	9.6	7.8	1.0	0.0	1.4	12.2	15.6	16.0	19.8	21.20
1984	21.2	26.0	29.2	14.2	9.6	4.2	0.0	4.8	1.4	38.6	46.6	24.2	46.60
1985	22.8	9.8	26.4	42.2	6.2	10.4	0.0	2.2	29.6	15.6	39.0	31.8	42.20
1986	35.8	39.4	35.2	14.4	4.8	0.0	5.6	16.2	13.8	8.4	20.2	19.8	39.40
1987	58.0	7.2	25.2	7.9	7.9	8.8	8.8	9.8	5.4	21.2	32.3	15.2	58.00
1988	52.4	18.2	43.2	30.2	19.2	0.0	0.0	0.0	6.3	15.8	4.0	19.6	52.40
1989	32.0	31.2	15.2	15.8	1.8	2.0	1.0	7.4	9.0	6.0	13.6	35.0	35.00
1990	21.6	23.6	15.2	6.9	9.6	23.2	0.0	16.2	16.1	13.6	21.2	23.8	23.80
1991	23.9	58.0	44.2	6.6	12.8	24.6	1.0	0.6	12.6	5.4	20.4	38.0	58.00
1992	15.3	14.0	29.8	3.8	0.0	9.6	8.8	48.5	10.6	24.6	14.3	27.9	48.50
1993	25.5	17.8	21.5	19.1	7.2	2.1	0.0	4.6	3.6	21.5	32.0	31.2	32.00
1994	20.0	24.0	68.7	15.2	14.0	1.8	0.0	0.0	6.6	10.2	15.9	41.1	68.70
1995	16.2	22.9	16.8	9.7	1.2	0.0	0.8	1.2	8.3	11.0	35.0	15.6	35.00
1996	50.2	10.5	19.3	9.2	1.3	0.0	7.6	2.7	4.7	7.4	19.2	51.6	51.60
1997	35.6	34.0	30.2	24.3	7.4	0.0	0.0	11.0	13.1	8.6	28.1	15.0	35.60
1998	28.5	17.2	24.0	14.8	0.0	2.9	0.0	0.5	2.3	14.1	54.5	21.1	54.50
1999	26.1	11.6	45.0	43.7	9.2	0.5	1.3	0.9	10.8	15.9	25.3	13.4	45.00
2000	13.0	14.6	19.6	5.5	7.8	3.0	0.5	9.4	10.5	17.8	13.7	28.4	28.40
2001	24.8	24.9	29.7	5.9	10.5	3.5	2.8	5.9	2.3	28.2	12.0	25.7	29.70
2002	15.0	30.9	22.6	32.0	5.9	4.8	10.0	2.0	8.3	29.6	20.0	25.3	32.00
2003	26.8	32.3	31.3	19.0	1.6	11.0	1.1	1.6	6.9	27.2	19.9	39.2	39.20
2004	33.1	32.2	23.5	11.4	2.5	2.3	5.4	19.0	7.8	13.6	32.7	35.9	35.90
2005	15.2	19.3	26.4	4.5	0.5	0.0	0.0	4.6	12.6	18.5	13.8	25.0	26.40
2006	31.6	14.9	19.4	20.2	0.5	1.0	0.0	2.6	8.3	26.5	11.0	22.0	31.60
2007	29.2	22.2	34.6	18.9	2.6	0.0	1.4	0.7	21.8	3.6	19.6	25.7	34.60
2008	23.0	36.6	15.9	3.3	7.3	0.0	0.0	0.0	2.6	16.6	13.5	43.9	43.90
2009	21.0	25.3	16.5	6.7	0.5	0.0	1.6	0.0	10.0	4.5	18.0	16.8	25.30
2010	20.6	13.1	9.5	10.5	13.5	0.0	0.0	0.0	0.3	12.6	0.4	19.7	20.60
PROM	26.28	25.19	25.70	13.85	5.93	2.99	2.29	5.48	10.80	15.93	21.80	25.54	39.20
DESV. STD	11.32	11.34	11.22	9.88	5.93	5.26	3.27	7.89	7.79	7.94	12.25	10.55	10.32
MIN	6.00	7.20	5.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60	0.40	7.50	20.60
MAX	58.00	58.00	68.70	43.70	31.50	24.60	13.00	48.50	32.00	38.60	54.50	54.20	68.70
MEDIANA	23.90	23.60	24.50	11.20	5.90	1.00	0.80	3.20	10.00	15.60	19.60	24.20	36.80
n	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47

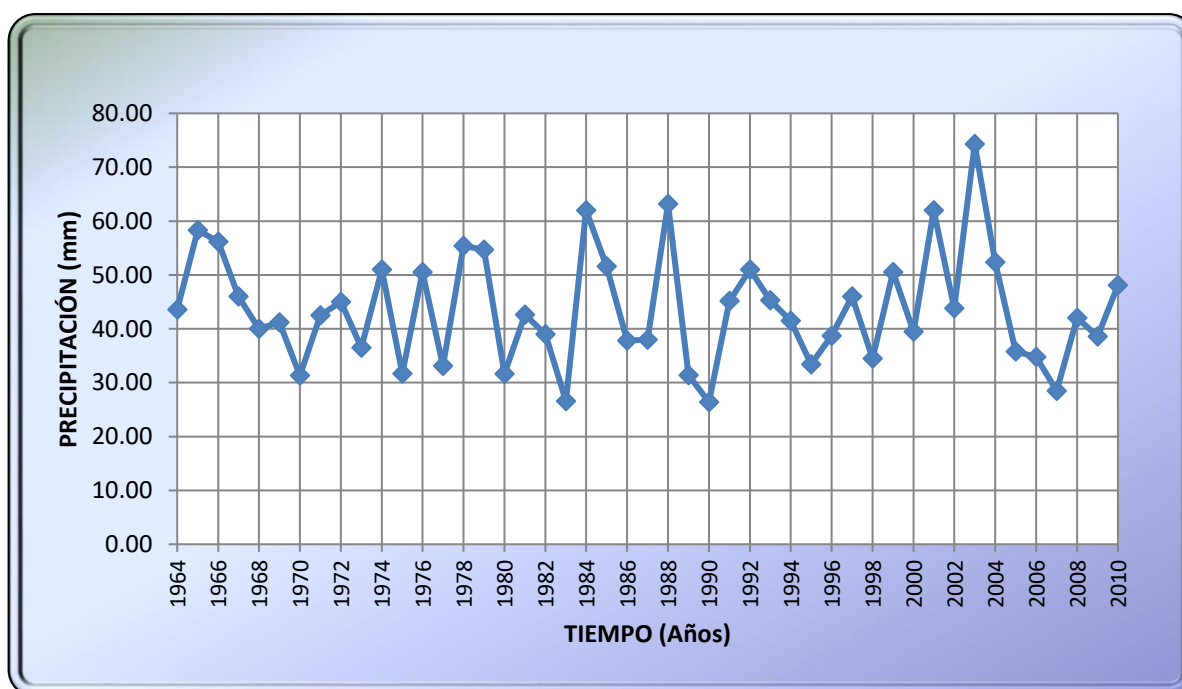
Fuente: SENAMHI

**FIGURA N° 18** Gráfica temporal de precipitación máxima en 24 horas est. Huancané



FUENTE: Elaboración propia

**FIGURA N° 19** Gráfica temporal de precipitación máxima en 24 horas est. Huaraya - Moho



FUENTE: Elaboración propia

**CUADRO N° 4 Precipitación máxima diaria est. Huaraya - Moho**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)													
ESTACIÓN: HUARAYA- MOHO				LATITUD : 15°23'17.8"				REGION : PUNO					
CODIGO: 110787				LONGITUD : 69°29'03.4"				PROV. : MOHO					
TIPO : CO				ALTITUD : 3890 MSNM				DIST : MOHO					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1964	16.50	43.60	33.80	31.50	29.50	0.00	0.00	1.40	7.10	0.00	16.80	23.60	43.60
1965	58.30	33.70	27.60	11.00	3.00	0.80	5.00	0.50	14.20	26.30	0.00	40.00	58.30
1966	56.20	25.00	50.00	23.90	0.00	0.00	0.00	0.50	8.50	9.40	14.20	26.80	56.20
1967	12.10	18.80	46.00	0.50	13.20	7.30	12.00	12.00	21.00	0.00	5.40	31.30	46.00
1968	22.00	40.00	20.20	29.50	10.00	2.50	18.60	6.50	15.00	0.00	32.00	31.50	40.00
1969	15.00	18.20	30.50	7.00	3.50	0.10	17.10	7.80	8.20	5.70	41.20	22.10	41.20
1970	24.80	18.50	22.00	22.60	21.30	0.80	0.20	0.60	18.10	20.00	17.30	31.30	31.30
1971	34.90	42.50	17.30	15.00	3.20	0.60	0.00	22.00	2.00	19.00	19.70	23.60	42.50
1972	35.60	45.00	24.30	17.40	3.20	0.00	2.00	3.60	20.40	23.00	18.50	38.70	45.00
1973	20.70	32.20	16.30	18.50	13.60	1.80	6.00	15.00	26.10	17.30	16.00	36.50	36.50
1974	42.20	51.00	16.20	14.70	0.90	7.80	0.00	5.70	5.70	9.80	16.70	29.10	51.00
1975	30.00	31.70	31.00	15.00	21.60	5.60	0.00	0.40	15.20	19.10	10.60	22.10	31.70
1976	28.40	19.90	23.60	14.00	50.50	8.60	7.00	2.70	25.50	8.70	5.00	31.80	50.50
1977	23.70	27.00	27.20	2.10	29.50	0.30	2.00	0.20	11.10	19.20	21.30	33.10	33.10
1978	55.40	39.80	38.90	23.20	3.00	11.20	1.50	1.30	9.60	19.30	25.80	46.30	55.40
1979	34.50	32.40	27.50	22.90	3.10	0.00	6.80	8.00	9.30	18.80	28.50	54.70	54.70
1980	31.60	22.50	20.50	13.30	1.50	1.90	9.50	15.00	15.20	15.90	7.20	9.80	31.60
1981	42.60	24.60	13.20	21.50	5.00	1.00	0.00	17.20	27.80	21.20	10.60	27.80	42.60
1982	39.00	22.10	18.40	25.30	3.00	0.30	1.60	5.30	31.40	25.70	20.50	22.20	39.00
1983	20.00	22.50	15.80	19.30	25.80	5.90	3.00	1.40	23.60	26.60	11.40	9.60	26.60
1984	53.30	39.00	32.00	5.70	14.50	22.20	1.00	11.60	1.00	8.30	23.20	62.00	62.00
1985	41.80	23.30	33.50	38.60	8.50	10.70	0.20	1.00	25.20	22.00	48.40	51.60	51.60
1986	30.00	37.80	22.60	14.60	30.50	0.00	15.10	27.30	13.50	11.60	31.00	34.20	37.80
1987	27.90	21.10	38.00	15.00	7.00	4.60	17.70	12.30	4.80	14.60	22.10	34.50	38.00
1988	63.20	49.30	54.70	22.20	20.30	0.00	0.00	0.00	1.70	16.70	5.80	13.70	63.20
1989	21.70	31.40	18.00	21.20	21.00	5.20	3.00	12.80	6.60	14.60	10.80	10.80	31.40
1990	25.50	24.80	21.90	19.00	3.40	26.40	0.00	7.20	12.30	24.70	24.50	20.20	26.40
1991	29.20	45.20	32.30	10.20	13.00	24.50	0.00	6.80	10.40	6.40	25.40	37.60	45.20
1992	21.30	17.20	19.00	10.50	0.00	20.20	1.50	51.00	2.80	21.50	8.50	32.00	51.00
1993	45.30	11.70	12.20	19.70	10.90	15.60	1.40	4.20	8.50	14.70	19.70	20.20	45.30
1994	33.80	23.10	26.50	28.20	21.20	1.80	0.00	2.00	2.00	10.70	15.40	41.50	41.50
1995	17.80	33.40	20.70	4.30	10.00	0.00	0.00	1.40	11.80	12.70	28.40	28.10	33.40
1996	37.00	19.60	38.70	11.00	3.00	0.00	6.00	2.60	9.60	6.20	24.60	27.70	38.70
1997	46.00	24.00	24.30	23.40	7.20	0.00	0.20	15.20	15.60	13.40	31.20	24.60	46.00
1998	28.70	31.60	34.50	15.00	0.00	11.00	0.00	2.00	1.60	8.80	17.60	11.50	34.50
1999	13.60	12.60	50.50	17.50	4.00	0.50	0.40	0.80	12.40	15.60	15.00	10.50	50.50
2000	29.80	16.50	39.50	18.00	5.90	4.40	0.00	14.20	6.50	26.60	18.50	33.60	39.50
2001	62.00	30.40	27.00	20.40	13.80	5.10	18.30	4.30	3.40	25.50	15.60	45.30	62.00
2002	38.60	43.80	41.20	10.40	9.30	2.00	10.20	5.80	15.30	23.10	35.30	16.50	43.80
2003	39.40	40.10	36.40	18.50	10.20	10.60	7.20	7.80	17.70	17.40	7.20	74.30	74.30
2004	52.40	22.50	35.50	13.80	3.10	5.80	8.40	25.90	7.20	7.30	35.30	15.40	52.40
2005	24.70	27.80	6.20	34.90	0.50	0.00	0.00	9.00	17.20	22.80	33.20	35.80	35.80
2006	34.80	26.80	22.10	11.90	2.40	0.00	0.00	0.90	26.70	9.60	24.00	22.20	34.80
2007	26.40	28.50	s/d	25.60	3.60	0.00	2.20	0.00	16.90	21.10	24.40	23.00	28.50
2008	34.50	30.50	42.00	3.00	18.00	0.00	0.00	0.00	3.60	26.60	6.30	33.60	42.00
2009	21.30	20.20	21.40	6.60	2.20	0.00	4.60	0.00	3.60	37.60	38.60	23.20	38.60
2010	29.80	42.60	s/d	12.20	20.60	0.90	0.00	4.70	1.40	20.40	0.50	48.10	48.10
<b>PROM</b>	33.47	29.49	28.24	17.01	10.82	4.85	4.04	7.61	12.22	16.29	19.77	30.29	43.68
<b>STD</b>	13.07	10.07	10.98	8.36	10.60	6.94	5.64	9.50	8.17	8.09	10.92	13.72	10.52
<b>MIN</b>	12.10	11.70	6.20	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	9.60	26.40
<b>MAX</b>	63.20	51.00	54.70	38.60	50.50	26.40	18.60	51.00	31.40	37.60	48.40	74.30	74.30
<b>MEDIANA</b>	30.00	27.80	27.00	17.40	7.20	1.80	1.50	4.70	11.10	17.30	18.50	29.10	42.50
<b>n</b>	47	47	45	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47

Fuente: SENAMHI

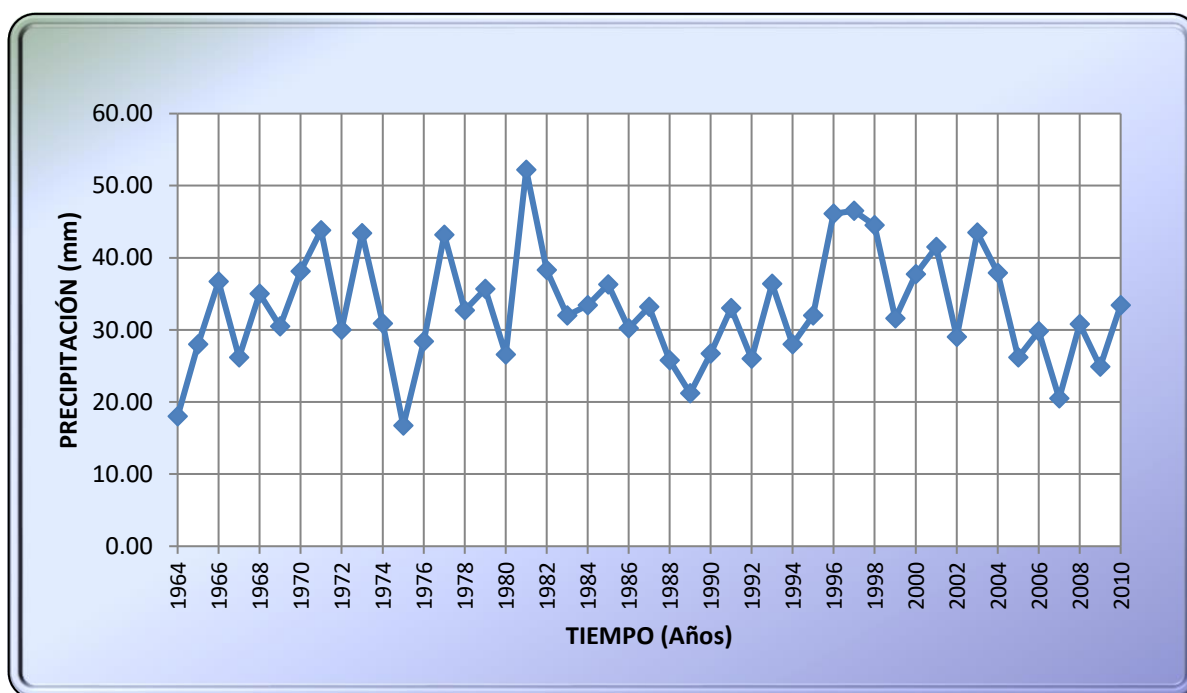


**CUADRO N° 5 Precipitación máxima diaria est. Putina**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)													
ESTACIÓN : PUTINA			LATITUD 14°54'52.6"					REGION : PUNO					
CODIGO : 157414			LONGITUD 69°52'03.9"					PROV.: SAN ANTONIO DE PUTINA					
TIPO : CO			ALTITUD 3920 MSNM					DIST : PUTINA					
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1964	12.50	8.50	18.00	14.00	12.50	0.00	0.00	0.50	5.00	7.50	8.00	7.00	18.00
1965	14.00	17.00	27.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.50	8.00	10.50	28.00	21.60	28.00
1966	10.60	36.70	14.00	14.70	15.00	0.00	0.00	0.00	12.00	13.50	20.00	17.30	36.70
1967	13.40	20.40	19.30	10.00	10.00	0.00	12.50	9.60	15.00	26.20	14.00	14.40	26.20
1968	10.00	16.00	19.00	20.00	0.50	0.40	25.00	0.50	18.10	12.20	35.00	11.60	35.00
1969	30.50	27.80	15.00	5.00	1.00	1.20	15.50	0.00	12.90	19.20	17.00	24.80	30.50
1970	37.90	16.00	19.50	4.60	13.50	0.00	0.00	0.00	19.20	13.20	10.60	38.10	38.10
1971	43.80	20.00	15.30	4.10	1.10	0.70	0.00	3.50	2.30	15.30	18.90	5.70	43.80
1972	19.90	24.40	11.40	10.70	4.10	0.00	1.00	5.20	5.20	8.80	30.00	21.40	30.00
1973	19.60	29.50	15.20	34.80	3.90	2.80	13.30	5.40	24.50	19.80	43.40	21.50	43.40
1974	30.90	25.20	13.90	22.70	0.60	4.80	1.40	5.20	10.20	11.80	24.50	29.50	30.90
1975	14.90	16.70	12.50	10.20	8.90	8.60	0.00	0.50	8.70	13.50	15.00	15.40	16.70
1976	17.90	28.40	17.10	7.50	10.90	4.20	1.50	11.60	14.30	2.20	9.00	13.40	28.40
1977	13.00	43.20	22.30	7.90	7.50	0.00	0.10	0.00	17.10	14.90	15.30	19.90	43.20
1978	16.50	16.70	24.40	15.10	3.00	2.60	0.30	0.20	12.00	8.30	32.70	25.60	32.70
1979	29.20	12.30	13.50	35.70	3.40	0.00	0.80	5.80	4.60	27.80	9.00	11.20	35.70
1980	24.50	4.20	26.60	5.90	6.10	3.00	13.10	3.00	9.90	19.20	10.20	15.00	26.60
1981	52.20	12.70	12.20	28.70	1.70	5.50	0.00	11.20	15.20	16.70	11.50	18.20	52.20
1982	38.30	30.50	24.40	19.80	0.00	0.00	0.80	4.50	20.00	12.40	22.50	21.10	38.30
1983	32.00	12.00	19.30	16.00	9.80	0.80	3.30	1.40	7.30	4.00	30.90	25.00	32.00
1984	24.30	26.70	19.20	14.50	3.80	4.20	2.20	11.10	0.60	33.40	18.30	19.80	33.40
1985	18.00	24.30	16.00	24.10	5.80	2.80	0.00	2.10	11.00	16.30	36.30	23.90	36.30
1986	20.60	21.10	19.10	30.20	4.90	0.00	1.70	4.10	11.00	6.10	19.10	25.70	30.20
1987	18.10	10.50	19.70	20.30	2.00	2.00	13.40	4.50	2.60	12.00	33.20	8.40	33.20
1988	25.80	19.60	24.30	18.00	5.40	0.00	0.00	5.10	3.40	13.40	5.70	24.30	25.80
1989	16.40	17.30	21.20	13.60	0.00	4.20	0.00	6.50	13.50	8.20	8.00	18.90	21.20
1990	21.90	21.40	18.50	5.30	3.20	21.00	0.00	0.80	7.20	26.70	16.90	16.90	26.70
1991	20.20	16.60	28.90	9.70	5.70	19.60	9.80	0.80	4.00	9.40	14.60	33.00	33.00
1992	24.10	24.80	12.40	12.80	0.00	1.20	4.00	23.50	9.80	10.10	19.80	26.00	26.00
1993	33.70	16.90	17.40	36.40	9.10	0.00	1.20	6.00	11.50	12.40	22.70	19.30	36.40
1994	20.60	25.30	25.50	28.00	14.70	5.20	0.00	17.50	11.10	6.50	22.10	14.90	28.00
1995	7.90	22.50	20.50	7.70	0.50	0.00	3.40	0.00	2.20	7.90	32.00	12.80	32.00
1996	23.70	12.00	46.10	6.70	11.70	0.00	0.90	2.80	12.60	8.10	20.50	18.30	46.10
1997	28.30	14.60	46.50	40.30	2.50	0.00	1.10	11.40	9.20	8.10	42.40	14.50	46.50
1998	44.50	21.50	18.50	12.20	0.00	8.70	0.00	1.60	0.50	11.00	12.60	7.50	44.50
1999	17.70	10.00	31.60	4.80	11.10	0.00	0.70	0.00	10.50	11.30	11.80	26.70	31.60
2000	37.70	21.00	11.00	8.30	1.10	15.30	0.00	5.80	7.20	19.80	9.60	15.90	37.70
2001	31.10	19.50	36.50	15.50	17.20	3.00	1.50	3.40	7.60	15.30	18.70	41.50	41.50
2002	16.20	25.20	17.80	12.70	5.80	0.60	7.70	3.40	10.00	29.00	16.40	24.30	29.00
2003	26.80	34.00	18.90	25.70	1.00	7.20	2.00	4.10	8.10	14.70	10.70	43.50	43.50
2004	20.60	37.90	15.50	17.50	5.20	0.00	1.20	14.30	6.30	3.90	19.60	14.00	37.90
2005	14.10	26.20	14.20	10.30	2.30	0.00	1.00	3.80	9.00	8.20	10.10	16.40	26.20
2006	29.80	8.30	6.40	16.90	2.20	5.80	0.00	1.10	14.30	12.70	17.50	18.70	29.80
2007	20.50	10.00	20.40	9.60	16.20	2.10	0.00	0.00	7.00	13.80	14.60	10.50	20.50
2008	16.20	28.50	21.20	0.80	5.10	0.00	0.00	0.00	11.40	12.10	30.80	29.00	30.80
2009	22.50	14.60	15.50	2.90	5.00	0.00	1.80	0.00	6.20	12.80	24.90	20.70	24.90
2010	33.40	19.20	29.20	20.00	7.00	0.00	0.60	2.30	0.00	13.90	5.70	21.30	33.40
PROM	23.75	20.59	20.25	15.45	5.57	2.93	3.04	4.35	9.56	13.49	19.58	20.09	33.03
STD	9.82	8.29	8.03	9.64	4.88	4.84	5.40	5.09	5.36	6.68	9.63	8.29	7.77
MIN	7.90	4.20	6.40	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	5.70	5.70	16.70
MAX	52.20	43.20	46.50	40.30	17.20	21.00	25.00	23.50	24.50	33.40	43.40	43.50	52.20
MEDIANA	20.60	20.00	19.00	14.00	4.90	0.70	0.90	3.40	9.80	12.40	18.30	19.30	32.00
n	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47

Fuente: SENAMHI

FIGURA N° 20 Gráfica temporal de precipitación máxima en 24 horas est. Putina.



Fuente: Elaboración Propia

### 5.2 Análisis de doble masa

Se presenta a continuación el análisis de doble masa de las precipitaciones máximas diarias en 24 horas:

Se generó la data necesaria para realizar el análisis de doble masa (ADM) de la precipitación máxima diaria, completando los años faltantes con la media anual de los registros disponibles y obtenidos los valores acumulados respectivos.

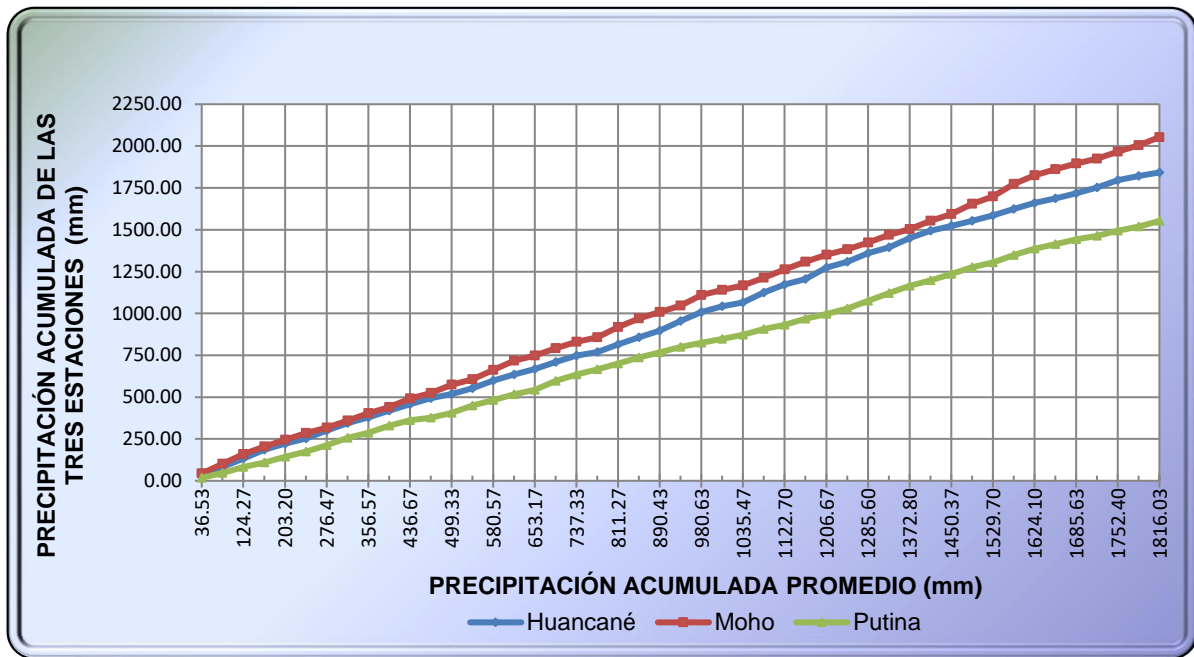
En el Figura N° 20 se aprecia el ADM entre la estación promedio (Eje X) y las tres estaciones analizadas (Eje Y), eligiéndose la estación Putina como la más confiable (no presentaría quiebres). En la Figura N° 21 se presentan los correspondientes ADM de la precipitación máxima diaria de la estación base Putina (Eje X) y las dos estaciones restantes en análisis, presentándose “quiebres insignificantes” para las estaciones de Huancané y Huaraya – Moho, respectivamente, caso contrario se sujetaría a realizar el análisis estadístico, para descartar o confirmar dichos saltos identificados. No se identificaron “quiebres” significativos en la estación de Huancané y Huaraya – Moho.

CUADRO N° 6 Análisis de doble masa de precipitaciones máximas diarias

AÑO	HUANCANE		MOHO		PUTINA		PROMEDIO	
	PP (mm)	PP acum. (mm)	PP (mm)	PP acum. (mm)	PP (mm)	PP acum. (mm)	PP (mm)	PP acum. (mm)
1964	48.00	48.00	43.60	43.60	18.00	18.00	36.53	36.53
1965	35.00	83.00	58.30	101.90	28.00	46.00	40.43	76.97
1966	49.00	132.00	56.20	158.10	36.70	82.70	47.30	124.27
1967	54.20	186.20	46.00	204.10	26.20	108.90	42.13	166.40
1968	35.40	221.60	40.00	244.10	35.00	143.90	36.80	203.20
1969	31.20	252.80	41.20	285.30	30.50	174.40	34.30	237.50
1970	47.50	300.30	31.30	316.60	38.10	212.50	38.97	276.47
1971	44.00	344.30	42.50	359.10	43.80	256.30	43.43	319.90
1972	35.00	379.30	45.00	404.10	30.00	286.30	36.67	356.57
1973	39.50	418.80	36.50	440.60	43.40	329.70	39.80	396.37
1974	39.00	457.80	51.00	491.60	30.90	360.60	40.30	436.67
1975	36.00	493.80	31.70	523.30	16.70	377.30	28.13	464.80
1976	24.70	518.50	50.50	573.80	28.40	405.70	34.53	499.33
1977	34.10	552.60	33.10	606.90	43.20	448.90	36.80	536.13
1978	45.20	597.80	55.40	662.30	32.70	481.60	44.43	580.57
1979	36.80	634.60	54.70	717.00	35.70	517.30	42.40	622.97
1980	32.40	667.00	31.60	748.60	26.60	543.90	30.20	653.17
1981	42.20	709.20	42.60	791.20	52.20	596.10	45.67	698.83
1982	38.20	747.40	39.00	830.20	38.30	634.40	38.50	737.33
1983	21.20	768.60	26.60	856.80	32.00	666.40	26.60	763.93
1984	46.60	815.20	62.00	918.80	33.40	699.80	47.33	811.27
1985	42.20	857.40	51.60	970.40	36.30	736.10	43.37	854.63
1986	39.40	896.80	37.80	1008.20	30.20	766.30	35.80	890.43
1987	58.00	954.80	38.00	1046.20	33.20	799.50	43.07	933.50
1988	52.40	1007.20	63.20	1109.40	25.80	825.30	47.13	980.63
1989	35.00	1042.20	31.40	1140.80	21.20	846.50	29.20	1009.83
1990	23.80	1066.00	26.40	1167.20	26.70	873.20	25.63	1035.47
1991	58.00	1124.00	45.20	1212.40	33.00	906.20	45.40	1080.87
1992	48.50	1172.50	51.00	1263.40	26.00	932.20	41.83	1122.70
1993	32.00	1204.50	45.30	1308.70	36.40	968.60	37.90	1160.60
1994	68.70	1273.20	41.50	1350.20	28.00	996.60	46.07	1206.67
1995	35.00	1308.20	33.40	1383.60	32.00	1028.60	33.47	1240.13
1996	51.60	1359.80	38.70	1422.30	46.10	1074.70	45.47	1285.60
1997	35.60	1395.40	46.00	1468.30	46.50	1121.20	42.70	1328.30
1998	54.50	1449.90	34.50	1502.80	44.50	1165.70	44.50	1372.80
1999	45.00	1494.90	50.50	1553.30	31.60	1197.30	42.37	1415.17
2000	28.40	1523.30	39.50	1592.80	37.70	1235.00	35.20	1450.37
2001	29.70	1553.00	62.00	1654.80	41.50	1276.50	44.40	1494.77
2002	32.00	1585.00	43.80	1698.60	29.00	1305.50	34.93	1529.70
2003	39.20	1624.20	74.30	1772.90	43.50	1349.00	52.33	1582.03
2004	35.90	1660.10	52.40	1825.30	37.90	1386.90	42.07	1624.10
2005	26.40	1686.50	35.80	1861.10	26.20	1413.10	29.47	1653.57
2006	31.60	1718.10	34.80	1895.90	29.80	1442.90	32.07	1685.63
2007	34.60	1752.70	28.50	1924.40	20.50	1463.40	27.87	1713.50
2008	43.90	1796.60	42.00	1966.40	30.80	1494.20	38.90	1752.40
2009	25.30	1821.90	38.60	2005.00	24.90	1519.10	29.60	1782.00
2010	20.60	1842.50	48.10	2053.10	33.40	1552.50	34.03	1816.03

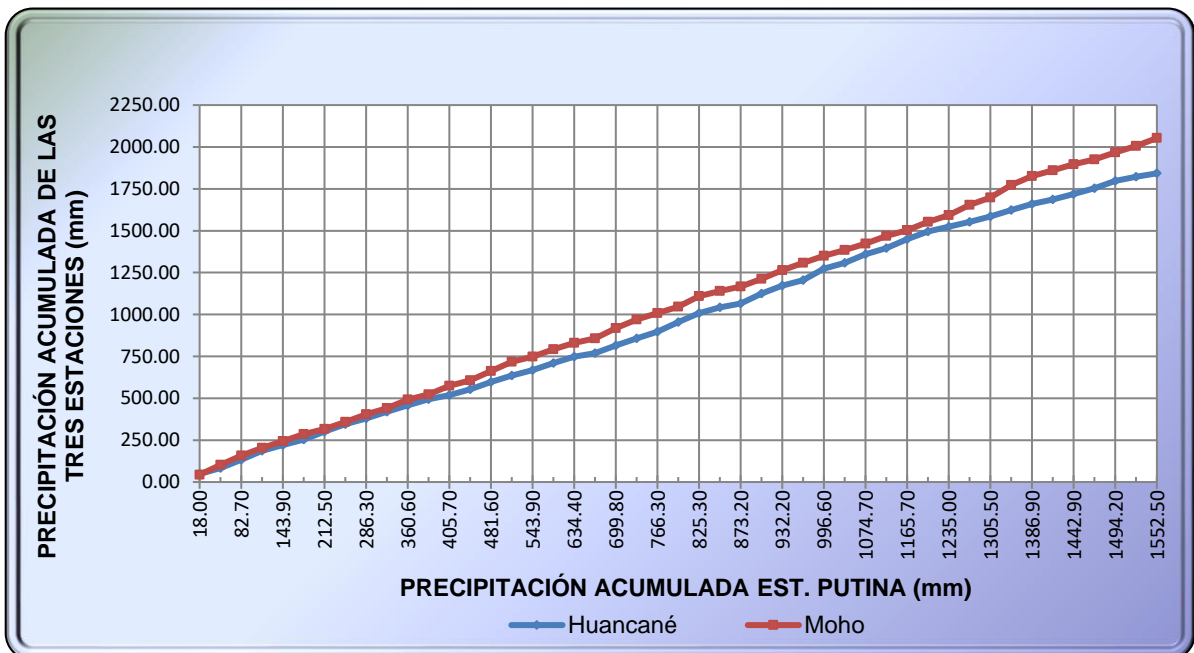
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 21 Diagrama de doble masa de precipitación máxima diaria.



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 22 Diagrama de doble masa de precipitación máxima diaria



Fuente: Elaboración Propia

### 5.3 Datos de precipitaciones máximas diarias

La información mostrada para las precipitaciones máximas diarias o 24 horas, es el **MAYOR VALOR** mostrado de cada estación:

Ejemplo:

Con precipitaciones máximas diarias

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1964	12.50	8.50	18.00	14.00	12.50	0.00	0.00	0.50	5.00	7.50	8.00	7.00	18.00
1965	14.00	17.00	27.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.50	8.00	10.50	28.00	21.60	28.00

En los siguientes cuadros se muestran el resumen de las precipitaciones máximas diarias con los cuales se trabajaron.

**CUADRO N° 7 Precipitación máxima en 24 horas o diarias (mm)**

N°	AÑOS	ESTACIONES		
		HUANCANÉ	MOHO	PUTINA
1	1964	48.00	43.60	18.00
2	1965	35.00	58.30	28.00
3	1966	49.00	56.20	36.70
4	1967	54.20	46.00	26.20
5	1968	35.40	40.00	35.00
6	1969	31.20	41.20	30.50
7	1970	47.50	31.30	38.10
8	1971	44.00	42.50	43.80
9	1972	35.00	45.00	30.00
10	1973	39.50	36.50	43.40
11	1974	39.00	51.00	30.90
12	1975	36.00	31.70	16.70
13	1976	24.70	50.50	28.40
14	1977	34.10	33.10	43.20
15	1978	45.20	55.40	32.70
16	1979	36.80	54.70	35.70
17	1980	32.40	31.60	26.60
18	1981	42.20	42.60	52.20
19	1982	38.20	39.00	38.30
20	1983	21.20	26.60	32.00
21	1984	46.60	62.00	33.40
22	1985	42.20	51.60	36.30
23	1986	39.40	37.80	30.20
24	1987	58.00	38.00	33.20
25	1988	52.40	63.20	25.80
26	1989	35.00	31.40	21.20
27	1990	23.80	26.40	26.70
28	1991	58.00	45.20	33.00
29	1992	48.50	51.00	26.00
30	1993	32.00	45.30	36.40
31	1994	68.70	41.50	28.00
32	1995	35.00	33.40	32.00
33	1996	51.60	38.70	46.10
34	1997	35.60	46.00	46.50
35	1998	54.50	34.50	44.50

N°	AÑOS	ESTACIONES		
		HUANCANÉ	MOHO	PUTINA
36	1999	45.00	50.50	31.60
37	2000	28.40	39.50	37.70
38	2001	29.70	62.00	41.50
39	2002	32.00	43.80	29.00
40	2003	39.20	74.30	43.50
41	2004	35.90	52.40	37.90
42	2005	26.40	35.80	26.20
43	2006	31.60	34.80	29.80
44	2007	34.60	28.50	20.50
45	2008	43.90	42.00	30.80
46	2009	25.30	38.60	24.90
47	2010	20.60	48.10	33.40
<b>PROMEDIO</b>		39.20	43.68	33.03
<b>DESV. EST.</b>		10.43	10.52	7.77
<b>VAL. MAX.</b>		68.70	74.30	52.20
<b>VAL. MIN.</b>		20.60	26.40	16.70
<b>COEF. ASIMETRIA</b>		0.51	0.64	0.23
<b>COEF. VARIACIÓN</b>		3.76	4.15	4.25
<b>COEF. CURTOSIS</b>		0.20	0.31	-0.10

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4 Distribuciones estadísticas y análisis de frecuencia de datos hidrológicos

Como parte del estudio se realizó las distribuciones estadísticas mencionadas a continuación:

- Distribución log normal de 2 parámetros.
- Distribución log normal de 3 parámetros.
- Distribución log Pearson tipo III
- Distribución valor extremo tipo I y/o Gumbel

Para el mejor desarrollo del proceso de análisis de distribución estadística y el análisis de frecuencia se considera como ejemplo solo la estación de Huancané, teniendo el mismo proceso de análisis las estaciones restantes (Moho, Putina), los cuales se muestran en el anexo.

Es importante realizar las funciones de distribución ya que con su aplicación se podrá determinar las precipitaciones máximas diarias, para diferentes periodos de retorno, en nuestro estudio determinaremos las precipitaciones para periodos de retorno  $T= 2, 5, 10, 20, 50, 100$  años respectivamente.

#### 5.4.1 Distribución Log Normal de 2 Parámetros

Para calcular los datos de precipitación para diferentes periodos de retorno se realizó los siguientes pasos:

- 1) En la columna A se colocan el orden de cada precipitación que va de 1 hasta 47 y es representado por  $m$ ;  $m=1, m=2, m=3, \dots m=47$ .
- 2) En la columna B y C colocar la probabilidad y el periodo de retorno para cada dato siendo esta la fórmula de Weibul mostrada en la ecuación n° (2.56) y ecuación n° (2.57)

$$P = \frac{1}{T}$$

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

Entonces:

$$P = \frac{m}{(n + 1)}$$

$$P = \frac{1}{(47+1)} = 0.0208; P = \frac{2}{(47+1)} = 0.0417; \dots \text{Hasta } m=47. \therefore P = \frac{47}{(47+1)} = 0.9792$$

De la misma forma para el periodo de retorno aplicando la ecuación n° (2.57)

$$T = \frac{(47 + 1)}{1} = 48.00; T = \frac{(47 + 1)}{2} = 24.00; \dots \text{ hasta llegar a } m = 47; T = \frac{(47 + 1)}{47}$$

- 3) Ordenar de mayor a menor las precipitaciones ( $X_i$ ) en la columna D, obtenidas del cuadro N° 7, correspondiente a las tres estaciones, Huancané, Moho y Putina; para nuestro ejemplo figura solo los datos de precipitación de la estación Huancané, las demás estaciones se adjuntan en los anexos.

Los datos de la estación de Huancané se muestran en el cuadro N° 8

- 4) En la columna E calcular el logaritmo natural de las precipitaciones de la columna D.

$$Y_1 = \ln(68.70) = 4.2297; Y_2 = \ln(58.00) = 4.0604; \text{ así hasta llegar a } Y_{47} = ?$$

- 5) En base a los datos generados en la columna E hallar el promedio aritmético o media, aplicando la ecuación n° (2.17), la desviación estándar

de la muestra aplicando la ecuación n° (2.18), y el nmero de observaciones de los datos  $n=47$ , teniendo como resultados lo siguiente:

$$\bar{Y} = \frac{1}{47} \sum_{i=1}^x \ln(x_i)$$

Media = 3.6338

$$S_y = \left\{ \frac{1}{47 - 1} \sum_{i=1}^x (\ln x_i - \bar{y})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Desviación estándar = 0.2696

- 6) Con los datos obtenidos en el ítem anterior se calculará los datos de precipitación para diferentes periodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

Para calcular la precipitación  $X_T$  aplicamos la ecuación n° 3.(6) y (3.7)

$$Y_T = \bar{\mu} + K_T * \sigma$$

$$X_T = \exp(Y_T) = \exp(\mu + K_T * \sigma)$$

De donde debemos halla el valor  $K_T$  esto es igual la variable estandarizada  $z$ , para la función de log normal de 2 parámetros y 3 parámetros. ( $K_T = z$ ), para esto se muestra la ecuación n° (3.10)

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}; \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

Para  $W$  utilizamos la ecuación n° (3.8) se tiene:

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{p^2}\right) \right]^{1/2}, \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

Para un periodo de retorno de  $T= 2$  años se tiene una probabilidad de  $P = \frac{1}{T}$  y esto es igual a:

$$P = \frac{1}{2} = 0.5$$

Reemplazando en la ecuación n° (3.8) tenemos:

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{(0.5)^2}\right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$w = 1.1774$$

Reemplazamos  $W$  en la ecuación n° (3.10)

$$z = 1.1774 - \frac{2.515517 + 0.802853(1.1774) + 0.010328(1.1774)^2}{1 + 1.432788(1.1774) + 0.189269(1.1774)^2 + 0.001308(1.1774)^3}$$



$$z = 0$$

Como se sabe  $K_T=Z$  (solo para log normal de 2 y 3 parámetros)

$$K_T = z = 0$$

Reemplazando en la ecuación n° 3.6 y 3.7 se tiene:

Media = 3.6338

Desviación estándar = 0.2696

$$K_T = z = 0$$

$$Y_T = 3.6338 + (0) * (0.2696) = 3.6338$$

Según la ecuación 3.7 tenemos:

$$X_{T=2} = \text{Exp} (3.6338) = 37.86 \text{ mm.}$$

Para T=5 años se sigue el mismo procedimiento que para T=2 años

Teniendo como resultado:

$$X_{T=5} = \text{Exp} (3.8607) = 47.50 \text{ mm.}$$

Para T=10 años se sigue el mismo procedimiento que para T=2 años

Teniendo como resultado:

$$X_{T=10} = \text{Exp} (3.9793) = 53.48 \text{ mm.}$$

Para T=20 años se sigue el mismo procedimiento que para T=2 años

Teniendo como resultado:

$$X_{T=20} = \text{Exp} (4.0773) = 58.99 \text{ mm.}$$

Para T=50 años se sigue el mismo procedimiento que para T=2 años

Teniendo como resultado:

$$X_{T=50} = \text{Exp} (4.1876) = 65.86 \text{ mm.}$$

Para T=100 años se sigue el mismo procedimiento que para T=2 años

Teniendo como resultado:

$$X_{T=100} = \text{Exp} (4.2611) = 70.89 \text{ mm.}$$

**8)** Se sigue el mismo procedimiento para hallar las precipitaciones con periodos de retorno de 2 a 100 años, para las estaciones de Huaraya- Moho y Putina, y se muestran en el cuadro N° 12 el resto de los resultados.

CUADRO N° 8

**DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE 2 PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN - HUANCANÉ

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=lnXi</i>
<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>	<b>(E)</b>
1	0.0208	48.0000	68.70	4.2297
2	0.0417	24.0000	58.00	4.0604
3	0.0625	16.0000	58.00	4.0604
4	0.0833	12.0000	54.50	3.9982
5	0.1042	9.6000	54.20	3.9927
6	0.1250	8.0000	52.40	3.9589
7	0.1458	6.8571	51.60	3.9435
8	0.1667	6.0000	49.00	3.8918
9	0.1875	5.3333	48.50	3.8816
10	0.2083	4.8000	48.00	3.8712
11	0.2292	4.3636	47.50	3.8607
12	0.2500	4.0000	46.60	3.8416
13	0.2708	3.6923	45.20	3.8111
14	0.2917	3.4286	45.00	3.8067
15	0.3125	3.2000	44.00	3.7842
16	0.3333	3.0000	43.90	3.7819
17	0.3542	2.8235	42.20	3.7424
18	0.3750	2.6667	42.20	3.7424
19	0.3958	2.5263	39.50	3.6763
20	0.4167	2.4000	39.40	3.6738
21	0.4375	2.2857	39.20	3.6687
22	0.4583	2.1818	39.00	3.6636
23	0.4792	2.0870	38.20	3.6428
24	0.5000	2.0000	36.80	3.6055
25	0.5208	1.9200	36.00	3.5835
26	0.5417	1.8462	35.90	3.5807
27	0.5625	1.7778	35.60	3.5723
28	0.5833	1.7143	35.40	3.5667
29	0.6042	1.6552	35.00	3.5553
30	0.6250	1.6000	35.00	3.5553
31	0.6458	1.5484	35.00	3.5553
32	0.6667	1.5000	35.00	3.5553
33	0.6875	1.4545	34.60	3.5439
34	0.7083	1.4118	34.10	3.5293
35	0.7292	1.3714	32.40	3.4782
36	0.7500	1.3333	32.00	3.4657
37	0.7708	1.2973	32.00	3.4657
38	0.7917	1.2632	31.60	3.4532
39	0.8125	1.2308	31.20	3.4404
40	0.8333	1.2000	29.70	3.3911
41	0.8542	1.1707	28.40	3.3464
42	0.8750	1.1429	26.40	3.2734
43	0.8958	1.1163	25.30	3.2308
44	0.9167	1.0909	24.70	3.2068
45	0.9375	1.0667	23.80	3.1697
46	0.9583	1.0435	21.20	3.0540
47	0.9792	1.0213	20.60	3.0253
n=	47		Media (Yi)	3.6338
Cs (yi)	-0.19		Desv. Est. (Yi)	0.2696

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.2 Distribución Log Normal de 3 Parámetros

Los cálculos de precipitaciones máximas diarias se realizan de igual forma que la de 2 parámetros con la única diferencia de que existe un valor inicial el parámetro de posición =  $X_0$  el detalle del análisis se muestra de la siguiente manera:

- 1) Se repiten los mismos pasos de los ítem 1, 2, 3 de la función de distribución Log normal de 2 parámetros, los datos de precipitación y su análisis se muestra en el cuadro n° 9.
- 2) Para la columna E del cuadro n° 9 se obtiene el parámetro de posición  $X_0$  para esto se utiliza la ecuación n° (2.24).

$$x_0 = \frac{x_1 \cdot x_n - x_{mediana}^2}{x_1 + x_n - 2x_{mediana}}$$

Para ello utilizamos datos de precipitación del orden  $m=1$  y  $m=47$  de la columna D, tenemos para  $X_1 = 68.70$ ; para  $X_{47} = 20.60$  y la mediana = 36.80, reemplazando se +tiene:

$$x_0 = \frac{68.70 * 20.60 - (36.80)^2}{68.70 + 20.60 - 2(36.80)} = 3.8841$$

- 3) Para la columna E se tiene que sacar el logaritmo natural de la diferencia entre la precipitación y el parámetro de posición  $X_0$ , así:

$$Y_1 = \ln(68.70 - 3.8841) = 4.1716$$

$$Y_2 = \ln(58.00 - 3.8841) = 3.9911$$

$$Y_3 = \ln(58.00 - 3.8841) = 3.9911 \text{ (hasta llegar a } m=47)$$

$$Y_{47} = \ln(20.60 - 3.8841) = 2.8164$$

- 4) Se obtiene la media y la desviación estándar de la columna E utilizando las ecuaciones n° (3.2 y 3.5).

- Media:  $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ , para nuestro caso se acomoda

$$\bar{Y} = \frac{1}{47} \times \sum_{i=1}^n Y_i = 3.5208$$

- Desviación estándar: sabemos que  $Y_i = \ln(X_i - X_0)$ , entonces

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}; S = 0.3028$$

- 5) Calculamos los datos de precipitación para diferentes periodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Para calcular la precipitación  $X_T$  aplicamos la ecuación n° (3.11).

$$X_T = \exp(Y_T) = x_0 + \exp(\mu + K_T * \sigma)$$

Para ello debemos obtener los valores de  $K_T$  esto se realiza con las ecuaciones n° (3.8 y 3.10), de la misma forma que para log normal de 2 parámetros:

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{p^2}\right) \right]^{1/2}, \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}; \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

Hallamos el valor de  $X_T = 2$ , con un  $T = 2$ , de donde la probabilidad es:

$$P = \frac{1}{T} = \frac{1}{2}; \text{ entonces: } P = 0.5$$

Reemplazando en la ecuación n° (3.8) tenemos:

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{(0.5)^2}\right) \right]^{1/2}$$

$$w = 1.1774$$

Reemplazamos  $W$  en la ecuación n° (3.10)

$$z = 1.1774 - \frac{2.515517 + 0.802853(1.1774) + 0.010328(1.1774)^2}{1 + 1.432788(1.1774) + 0.189269(1.1774)^2 + 0.001308(1.1774)^3}$$

$$z = 0$$

Como se sabe  $K_T = Z$  (solo para log normal de 2 y 3 parámetros)

$$K_T = z = 0$$

Reemplazamos  $K_T$  en la ecuación n° (3.11)

$$X_T = \exp(Y_T) = x_0 + \exp(\mu + K_T * \sigma)$$

$$X_T = \exp(Y_T) = 3.8841 + \exp^{(3.5208 + (0) * (0.3028))}$$

$$X_T = 37.70 \text{ mm.}$$

6) Se sigue el mismo procedimiento para hallar las precipitaciones con diferentes periodos de retorno, y se muestran en el cuadro N° 12 para Huancané, cuadro n° 13 para Moho y cuadro N° 14 para Putina.

**CUADRO N° 9**

**DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE 3 PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN - HUANCANÉ

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=ln(Xi-Xo)</i>
<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>	<b>(E)</b>
1	0.0208	48.0000	68.70	4.1716
2	0.0417	24.0000	58.00	3.9911
3	0.0625	16.0000	58.00	3.9911
4	0.0833	12.0000	54.50	3.9243
5	0.1042	9.6000	54.20	3.9183
6	0.1250	8.0000	52.40	3.8819
7	0.1458	6.8571	51.60	3.8653
8	0.1667	6.0000	49.00	3.8092
9	0.1875	5.3333	48.50	3.7981
10	0.2083	4.8000	48.00	3.7868
11	0.2292	4.3636	47.50	3.7754
12	0.2500	4.0000	46.60	3.7546
13	0.2708	3.6923	45.20	3.7212
14	0.2917	3.4286	45.00	3.7164
15	0.3125	3.2000	44.00	3.6918
16	0.3333	3.0000	43.90	3.6893
17	0.3542	2.8235	42.20	3.6459
18	0.3750	2.6667	42.20	3.6459
19	0.3958	2.5263	39.50	3.5728
20	0.4167	2.4000	39.40	3.5700
21	0.4375	2.2857	39.20	3.5643
22	0.4583	2.1818	39.00	3.5587
23	0.4792	2.0870	38.20	3.5356
24	0.5000	2.0000	36.80	3.4940
25	0.5208	1.9200	36.00	3.4694
26	0.5417	1.8462	35.90	3.4662
27	0.5625	1.7778	35.60	3.4568
28	0.5833	1.7143	35.40	3.4505
29	0.6042	1.6552	35.00	3.4377
30	0.6250	1.6000	35.00	3.4377
31	0.6458	1.5484	35.00	3.4377
32	0.6667	1.5000	35.00	3.4377
33	0.6875	1.4545	34.60	3.4248
34	0.7083	1.4118	34.10	3.4084
35	0.7292	1.3714	32.40	3.3505
36	0.7500	1.3333	32.00	3.3363
37	0.7708	1.2973	32.00	3.3363
38	0.7917	1.2632	31.60	3.3220
39	0.8125	1.2308	31.20	3.3075
40	0.8333	1.2000	29.70	3.2510
41	0.8542	1.1707	28.40	3.1993
42	0.8750	1.1429	26.40	3.1142
43	0.8958	1.1163	25.30	3.0641

44	0.9167	1.0909	24.70	3.0357
45	0.9375	1.0667	23.80	2.9915
46	0.9583	1.0435	21.20	2.8516
47	0.9792	1.0213	20.60	2.8164
n=	47		Media (Yi)	3.5208
Cs (yi)	0.51		Desv. Est. (Yi)	0.3028
Mediana	36.80		Xo =	3.8841

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.3 Distribución Log Pearson tipo III

Para realizar esta distribución se siguen los siguientes pasos:

- 1) Se repiten los mismos pasos de los ítem 1, 2, 3 de la función de distribución Log normal de 2 parámetros, tales resultados se observan en el cuadro n° 10.
- 2) Se toman los logaritmos naturales a los valores,  $Y=\ln(X_i)$ , y se calcula la media y la desviación estándar y el coeficiente de asimetría  $C_s$ , para ello se toman en cuenta las ecuaciones N° (2.31 para la media) y N° (2.32 para la desviación estándar) y la ecuación N° (2.33 para el coeficiente de asimetría).

- Media: según la ecuación tenemos:

Sabemos que  $Y=\ln X_i$

$$\bar{Y} = \bar{x}_{\ln x} = \frac{\sum \ln x}{n}; \quad \bar{Y} = \bar{x}_{\ln x} = 3.6338$$

- Desviación estándar:

$$S_{\ln x} = \sqrt{\frac{\sum (\ln x - \bar{x}_{\ln x})^2}{n-1}}; \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum (\ln x - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad S_y = 0.2696$$

- Coeficiente de asimetría:

Tener en cuenta que  $Y=\ln X_i$ , entonces:

$$C_{s \ln x} = \frac{n \sum (\ln x - \bar{Y})^3}{(n-1)(n-2)S_y^3}$$

$$C_{s \ln x} = -0.1937$$

- 3) Una vez obtenida los valores de media, desv. Estándar y coeficiente de asimetría procedemos a calcular los datos de precipitación para diferentes periodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Para calcular la precipitación  $X_T$  aplicamos la ecuación n° (3.14).

Aplicando los factores de frecuencia para determinar  $K_T$  se tiene: la ecuación n° (3.12)

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Donde  $k=C_s/6$  según la ecuación n° (3.13)

$$k = \frac{C_s}{6} = \frac{-0.1937}{6} = -0.0323$$

Z es obtenida de la ecuación n° (3.10)

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3}; \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

W es obtenida de la ecuación n° (3.8)

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{p^2}\right) \right]^{1/2}, \text{ Para } (0 < p \leq 0.5)$$

$$w = \left[ \ln\left(\frac{1}{(0.5)^2}\right) \right]^{1/2} = 1.1774$$

Reemplazando W en ec. (3.10) se tiene  $z=0$

Y Reemplazando z y k en ecuación n° (3.12)

$$K_T = 0 + (0^2 - 1)(-0.0323) + \frac{1}{3}[0^3 - 6(0)](-0.0323)^2 - (0^2 - 1)(-0.0323)^3 + (0)(-0.0323)^4 + \frac{1}{3}(-0.0323)^5$$

$$K_T = 0.0323$$

Hallaremos el valor de  $X_T$  para un periodo de retorno de 2 años, para esto utilizamos la ecuación n° (3.14)

$$X_{T=2} = \exp(Y_T) = \exp(3.6338 + 0.0323 \cdot 0.2696)$$

$$X_{T=2} = 38.19 \text{ mm.}$$

- 4) Se sigue el mismo procedimiento para hallar las precipitaciones con diferentes periodos de retorno, y se muestran en el cuadro N° 12 para Huancané, cuadro n° 13 para Moho y cuadro N° 14 para Putina.

**Nota:**

Para determinar directamente con tablas de  $K_t$ , para la distribución Log Pearson tipo III, se determina el coeficiente de asimetría y el periodo de

retorno o la probabilidad de excedencia, para un  $T=2$  años y un  $Cs = -0.1937$  se tiene :  $K_T = ?$

Por interpolación con datos de las tablas B-01 y B-02 del anexo B se tiene:

$$K_T = 0.017 + \frac{(0.033 - 0.017)}{[-0.2 - 0.1]} [-0.1937 - (-0.1)]$$

$$K_T = 0.031992$$

$K_T$  calculado por tablas, es lo mismo que por ecuaciones.

**CUADRO N° 10**

**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III**

PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm)

ESTACIÓN HUANCANÉ

m	Prob.	TR (años)	$X_i$	$Y_i = -\ln X_i$
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
1	0.0208	48.0000	68.70	4.2297
2	0.0417	24.0000	58.00	4.0604
3	0.0625	16.0000	58.00	4.0604
4	0.0833	12.0000	54.50	3.9982
5	0.1042	9.6000	54.20	3.9927
6	0.1250	8.0000	52.40	3.9589
7	0.1458	6.8571	51.60	3.9435
8	0.1667	6.0000	49.00	3.8918
9	0.1875	5.3333	48.50	3.8816
10	0.2083	4.8000	48.00	3.8712
11	0.2292	4.3636	47.50	3.8607
12	0.2500	4.0000	46.60	3.8416
13	0.2708	3.6923	45.20	3.8111
14	0.2917	3.4286	45.00	3.8067
15	0.3125	3.2000	44.00	3.7842
16	0.3333	3.0000	43.90	3.7819
17	0.3542	2.8235	42.20	3.7424
18	0.3750	2.6667	42.20	3.7424
19	0.3958	2.5263	39.50	3.6763
20	0.4167	2.4000	39.40	3.6738
21	0.4375	2.2857	39.20	3.6687
22	0.4583	2.1818	39.00	3.6636
23	0.4792	2.0870	38.20	3.6428
24	0.5000	2.0000	36.80	3.6055
25	0.5208	1.9200	36.00	3.5835
26	0.5417	1.8462	35.90	3.5807
27	0.5625	1.7778	35.60	3.5723
28	0.5833	1.7143	35.40	3.5667
29	0.6042	1.6552	35.00	3.5553
30	0.6250	1.6000	35.00	3.5553
31	0.6458	1.5484	35.00	3.5553
32	0.6667	1.5000	35.00	3.5553
33	0.6875	1.4545	34.60	3.5439
34	0.7083	1.4118	34.10	3.5293
35	0.7292	1.3714	32.40	3.4782
36	0.7500	1.3333	32.00	3.4657
37	0.7708	1.2973	32.00	3.4657
38	0.7917	1.2632	31.60	3.4532



39	0.8125	1.2308	31.20	3.4404
40	0.8333	1.2000	29.70	3.3911
41	0.8542	1.1707	28.40	3.3464
42	0.8750	1.1429	26.40	3.2734
43	0.8958	1.1163	25.30	3.2308
44	0.9167	1.0909	24.70	3.2068
45	0.9375	1.0667	23.80	3.1697
46	0.9583	1.0435	21.20	3.0540
47	0.9792	1.0213	20.60	3.0253
N=	47		Media (Yi)	3.6338
Cs (yi)	-0.1937		Desvest.(Y)	0.2696
k	-0.0323			

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.4 Distribución valor extremo tipo I o Gumbel

Para realizar esta distribución se siguen los siguientes pasos:

- 1) Se repiten los mismos pasos de los ítem 1, 2, 3 de la función de distribución Log normal de 2 parámetros, tales resultados se observan en el cuadro n° 11.
- 2) De los valores de Xi (columna D) se determinan lo siguiente:
  - Media: según la ecuación n° (3.2) tenemos:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

La suma total de los datos observados, dividido por el número total de datos observados nos da.

$$\bar{X} = 39.20$$

- Desviación estándar: según la ecuación n° (3.5) tenemos:

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

Para el cálculo de la desviación estándar se calcula la raíz cuadrada de la sumatoria del cuadrado de la diferencia del dato observado menos la media, sobre el número de observaciones menos uno. Todo ello nos da:

$$S = 10.43$$

- 3) Una vez calculado la media y desviación estándar, procedemos a calcular los datos de precipitación para diferentes periodos de retorno 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Para calcular la precipitación  $X_T$  aplicamos la ecuación n° (3.1).

$$X_T = \bar{X} + K_T * S$$

Antes debemos calcular el factor de frecuencia  $K_T$  para Gumbel tipo I de la ecuación n° (3.15) se tiene:

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

Para un T=2 años tenemos:

$$K_T = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[ \ln \left( \frac{2}{2-1} \right) \right] \right\} = -0.1643$$

Y aplicando la ecuación n° (3.1)

$$X_{T=2} = 39.20 + (-0.1643) * 10.43$$

$$X_{T=2} = 337.49$$

**CUADRO N° 11**

**DISTRIBUCIÓN GUMBEL**

PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm)

ESTACIÓN HUANCANÉ

m	Prob.	TR (años)	Xi
1	0.0208	48.0000	68.70
2	0.0417	24.0000	58.00
3	0.0625	16.0000	58.00
4	0.0833	12.0000	54.50
5	0.1042	9.6000	54.20
6	0.1250	8.0000	52.40
7	0.1458	6.8571	51.60
8	0.1667	6.0000	49.00
9	0.1875	5.3333	48.50
10	0.2083	4.8000	48.00
11	0.2292	4.3636	47.50
12	0.2500	4.0000	46.60
13	0.2708	3.6923	45.20
14	0.2917	3.4286	45.00
15	0.3125	3.2000	44.00
16	0.3333	3.0000	43.90
17	0.3542	2.8235	42.20
18	0.3750	2.6667	42.20
19	0.3958	2.5263	39.50
20	0.4167	2.4000	39.40
21	0.4375	2.2857	39.20
22	0.4583	2.1818	39.00
23	0.4792	2.0870	38.20
24	0.5000	2.0000	36.80
25	0.5208	1.9200	36.00
26	0.5417	1.8462	35.90
27	0.5625	1.7778	35.60
28	0.5833	1.7143	35.40
29	0.6042	1.6552	35.00
30	0.6250	1.6000	35.00
31	0.6458	1.5484	35.00
32	0.6667	1.5000	35.00
33	0.6875	1.4545	34.60
34	0.7083	1.4118	34.10
35	0.7292	1.3714	32.40
36	0.7500	1.3333	32.00

37	0.7708	1.2973	32.00
38	0.7917	1.2632	31.60
39	0.8125	1.2308	31.20
40	0.8333	1.2000	29.70
41	0.8542	1.1707	28.40
42	0.8750	1.1429	26.40
43	0.8958	1.1163	25.30
44	0.9167	1.0909	24.70
45	0.9375	1.0667	23.80
46	0.9583	1.0435	21.20
47	0.9792	1.0213	20.60
n= 47		Media (Xi)	39.20
		Desvest.(X)	10.43

Fuente: Elaboración Propia

**Nota:**

Es recomendable hallar la precipitación estimada (Xe) para los 47 datos observados, esto nos servirá para determinar el error cuadrático mínimo. Se muestra en los cuadros 15, 16 y 17.

Resumen de precipitaciones máximas diarias, hallados con diferentes distribuciones de probabilidad:

**CUADRO N° 12 Precipitación máxima diaria, est. Huancané**

TR (Años)	Prob.	Log Normal 2 param.	Log Normal 3 param.	Log Pearson Tipo-III	Gumbel
2	0.50	37.86	37.70	38.19	37.49
5	0.20	47.50	47.51	47.60	46.71
10	0.10	53.48	53.73	53.16	52.81
20	0.05	58.99	59.53	58.09	58.67
50	0.02	65.86	66.87	64.02	66.25
100	0.01	70.89	72.29	68.21	71.93

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 13 Precipitación máxima diaria, est. Huaraya Moho**

TR (Años)	Prob.	Log Normal 2 param.	Log Normal 3 param.	Log Pearson Tipo-III	Gumbel
2	0.50	42.49	42.12	42.39	41.95
5	0.20	51.90	51.84	51.86	51.25
10	0.10	57.62	58.04	57.70	57.41
20	0.05	62.82	63.85	63.06	63.31
50	0.02	69.23	71.22	69.73	70.95
100	0.01	73.87	76.69	74.60	76.68

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 14 Precipitación máxima diaria, est. Putina**

TR (Años)	Prob.	Log Normal 2 param.	Log Normal 3 param.	Log Pearson Tipo-III	Gumbel
2	0.50	32.11	32.57	32.74	31.76
5	0.20	39.46	39.43	39.59	38.62
10	0.10	43.95	43.30	43.28	43.16
20	0.05	48.04	46.66	46.36	47.52
50	0.02	53.10	50.62	49.81	53.16
100	0.01	56.77	53.37	52.10	57.39

Fuente: Elaboración Propia

## 5.5 Selección de la función distribución de probabilidad

Una vez calculada las precipitaciones máximas diarias, para diferentes periodos de retorno, se realiza como siguiente paso la selección de la función de distribución que más se ajusta a las diferentes pruebas que se mencionan seguidamente.

### 5.7.1 Análisis gráfico

En este punto se analizó gráficamente cada una de las precipitaciones observadas y calculadas por las diferentes distribuciones de probabilidad y de frecuencia, la distribución elegida o seleccionada viene a ser la que más se apege a los datos observados, o menor diferencia exista.

Estas figuras se plotearon relacionando en el eje de las abscisas o X la probabilidad de no excedencia, y en el eje de ordenadas o Y las precipitaciones máximas en mm.

En las figuras 22, 23, 24 y 25 se muestran los datos de precipitación de la estación Huancané, tanto las observadas como calculadas, siendo esta última hallada con un análisis de frecuencia aplicando factores de frecuencia a las distribuciones de log normal de 2 parámetros, log normal de 3 parámetros, log Pearson tipo III y valor extremo tipo I llamada también Gumbel.

Las figuras y/o gráficos de las estaciones de Huaraya – Moho y Putina son mostradas en el anexo.

**a. Estación Huancané:**

En esta estación se puede apreciar que visualmente la curva de la distribución de Log normal de 2 parámetros es la que más se apega a los datos observados.

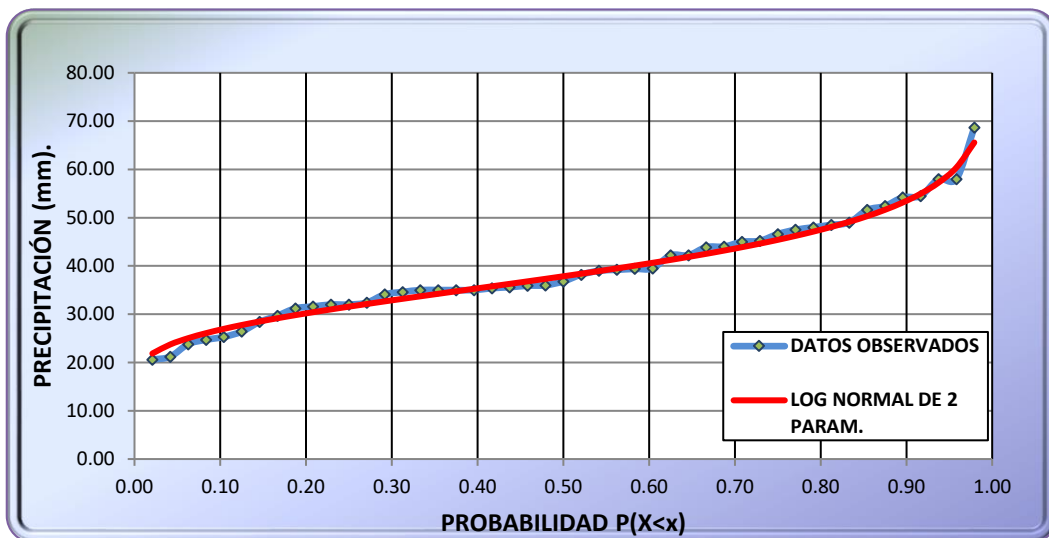
**b. Estación Huaraya-Moho:**

En esta estación se puede apreciar que visualmente la curva de la distribución de Log normal de 3 parámetros es la que más se apega a los datos observados.

**c. Estación Putina:**

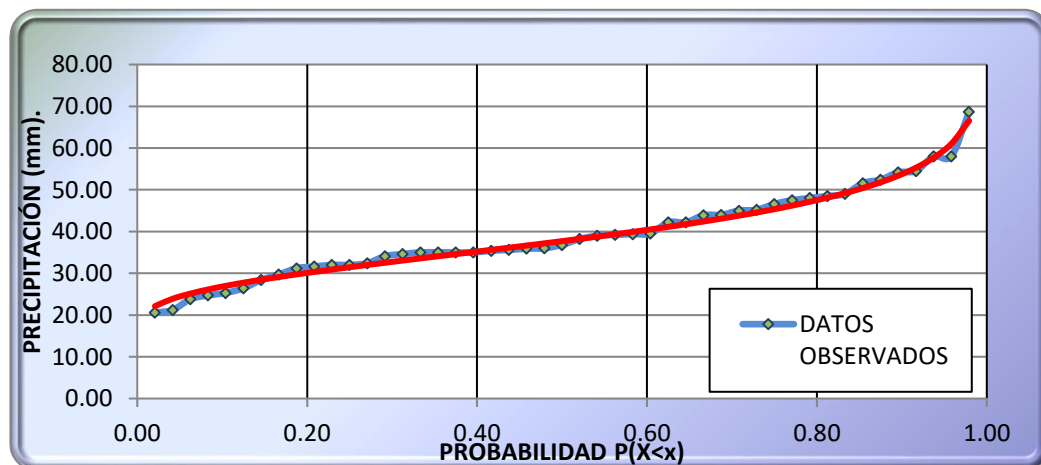
En esta estación se puede apreciar que visualmente la curva de la distribución de Log normal de 3 parámetros es la que más se apega a los datos observados.

**FIGURA N° 23 Distribución log normal de 2 parámetros est. Huancané**



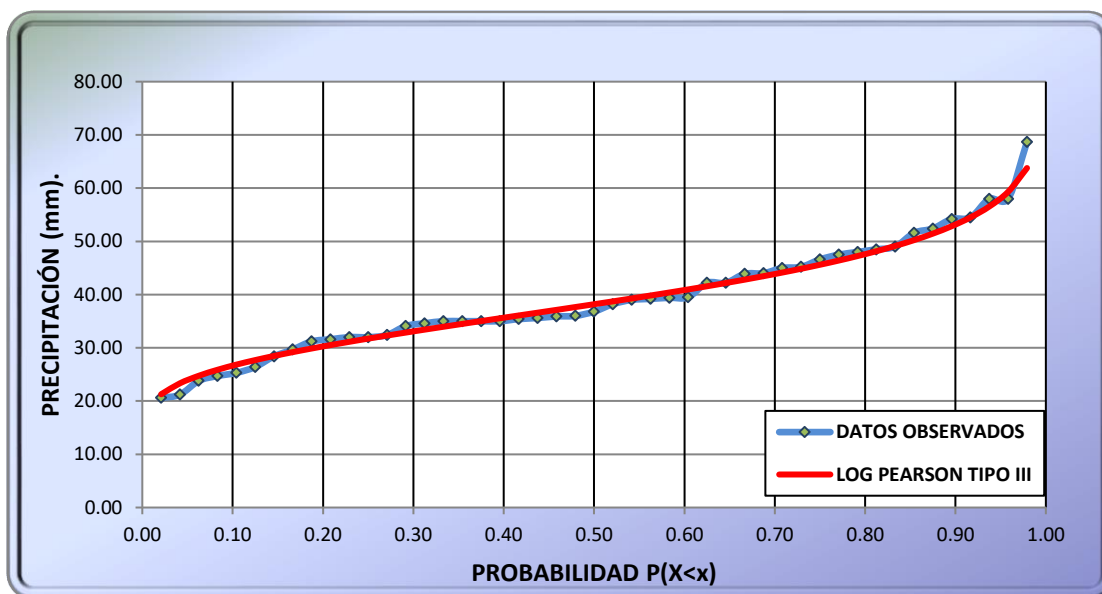
Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 24 Distribución Log normal de 3 parámetros est. Huancané**



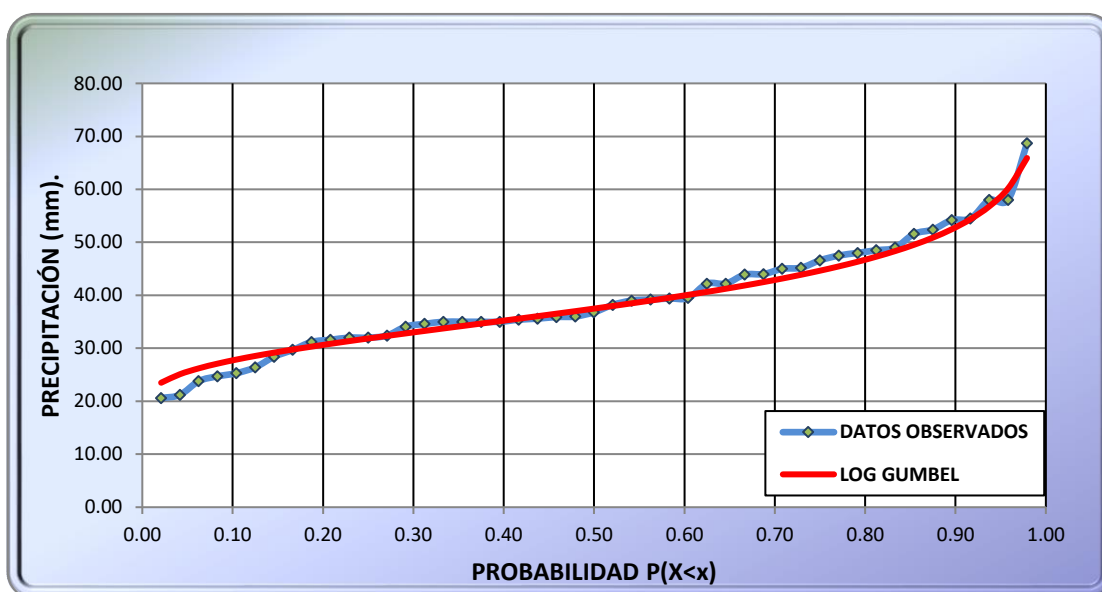
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 25 Distribución Log Pearson tipo III est. Huancané



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 26 Distribución Gumbel est. Huancané



Fuente: Elaboración Propia

### 5.7.2 Método del error cuadrático mínimo

La función de distribución elegida será la que tenga menos error cuadrático, siendo esta menos subjetiva que la anterior (análisis gráfico).

CUADRO N° 15 Prueba de error cuadrático mínimo est. Huancané

m	TR (años)	P(X<x)	Datos observados Xo (mm)	Log Normal de 2 Param.		Log Normal de 3 Param.		Log Pearson tipo III		Gumbel	
				Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2
1	48.00	0.9792	68.70	65.56	9.83	66.54	4.65	63.77	24.30	65.91	7.78
2	24.00	0.9583	58.00	60.39	5.69	61.01	9.08	59.32	1.73	60.19	4.78
3	16.00	0.9375	58.00	57.25	0.56	57.69	0.09	56.55	2.09	56.80	1.44
4	12.00	0.9167	54.50	54.97	0.22	55.29	0.62	54.50	0.00	54.37	0.02
5	9.60	0.8958	54.20	53.15	1.11	53.38	0.68	52.85	1.82	52.46	3.02
6	8.00	0.8750	52.40	51.62	0.61	51.79	0.38	51.45	0.90	50.88	2.30
7	6.86	0.8542	51.60	50.30	1.68	50.41	1.40	50.23	1.87	49.54	4.26
8	6.00	0.8333	49.00	49.14	0.02	49.20	0.04	49.14	0.02	48.35	0.42
9	5.33	0.8125	48.50	48.08	0.17	48.11	0.15	48.15	0.12	47.29	1.45
10	4.80	0.7917	48.00	47.12	0.77	47.12	0.77	47.24	0.58	46.34	2.77
11	4.36	0.7708	47.50	46.23	1.61	46.21	1.68	46.40	1.22	45.46	4.18
12	4.00	0.7500	46.60	45.40	1.43	45.35	1.55	45.60	1.00	44.64	3.84
13	3.69	0.7292	45.20	44.62	0.33	44.55	0.42	44.85	0.12	43.88	1.74
14	3.43	0.7083	45.00	43.89	1.24	43.80	1.44	44.14	0.74	43.17	3.36
15	3.20	0.6875	44.00	43.18	0.67	43.08	0.84	43.46	0.29	42.49	2.27
16	3.00	0.6667	43.90	42.51	1.92	42.40	2.25	42.81	1.20	41.85	4.20
17	2.82	0.6458	42.20	41.87	0.11	41.75	0.21	42.17	0.00	41.24	0.93
18	2.67	0.6250	42.20	41.25	0.91	41.12	1.18	41.56	0.40	40.65	2.41
19	2.53	0.6042	39.50	40.65	1.31	40.51	1.01	40.97	2.16	40.08	0.34
20	2.40	0.5833	39.40	40.06	0.44	39.92	0.27	40.39	0.98	39.53	0.02
21	2.29	0.5625	39.20	39.49	0.09	39.34	0.02	39.83	0.39	39.00	0.04
22	2.18	0.5417	39.00	38.94	0.00	38.78	0.05	39.27	0.07	38.49	0.26
23	2.09	0.5208	38.20	38.39	0.04	38.23	0.00	38.73	0.28	37.98	0.05
24	2.00	0.5000	36.80	37.86	1.12	37.70	0.80	38.19	1.92	37.49	0.47
25	1.92	0.4792	36.00	37.33	1.76	37.17	1.36	37.65	2.74	37.00	1.01
26	1.85	0.4583	35.90	36.81	0.82	36.64	0.55	37.13	1.50	36.53	0.39
27	1.78	0.4375	35.60	36.29	0.47	36.13	0.28	36.60	1.00	36.06	0.21
28	1.71	0.4167	35.40	35.77	0.14	35.61	0.04	36.08	0.46	35.59	0.04
29	1.66	0.3958	35.00	35.26	0.07	35.10	0.01	35.55	0.30	35.13	0.02
30	1.60	0.3750	35.00	34.74	0.07	34.59	0.17	35.02	0.00	34.66	0.11
31	1.55	0.3542	35.00	34.23	0.59	34.08	0.85	34.49	0.26	34.20	0.63
32	1.50	0.3333	35.00	33.71	1.66	33.56	2.06	33.96	1.09	33.74	1.58
33	1.45	0.3125	34.60	33.19	2.00	33.05	2.41	33.42	1.40	33.28	1.75
34	1.41	0.2917	34.10	32.66	2.08	32.52	2.48	32.86	1.53	32.81	1.67
35	1.37	0.2708	32.40	32.12	0.08	31.99	0.17	32.30	0.01	32.33	0.00
36	1.33	0.2500	32.00	31.56	0.19	31.45	0.30	31.73	0.07	31.85	0.02
37	1.30	0.2292	32.00	31.00	1.00	30.90	1.22	31.13	0.75	31.35	0.42
38	1.26	0.2083	31.60	30.41	1.41	30.32	1.63	30.52	1.17	30.84	0.57
39	1.23	0.1875	31.20	29.80	1.95	29.73	2.16	29.87	1.76	30.32	0.78
40	1.20	0.1667	29.70	29.17	0.28	29.11	0.35	29.20	0.25	29.76	0.00
41	1.17	0.1458	28.40	28.49	0.01	28.45	0.00	28.48	0.01	29.18	0.61
42	1.14	0.1250	26.40	27.76	1.85	27.75	1.82	27.70	1.68	28.55	4.63
43	1.12	0.1042	25.30	26.97	2.78	26.98	2.83	26.84	2.38	27.87	6.59
44	1.09	0.0833	24.70	26.07	1.88	26.12	2.03	25.88	1.39	27.10	5.77
45	1.07	0.0625	23.80	25.03	1.52	25.13	1.77	24.75	0.91	26.21	5.82
46	1.04	0.0417	21.20	23.73	6.42	23.89	7.26	23.34	4.56	25.10	15.22
47	1.02	0.0208	20.60	21.86	1.58	22.13	2.34	21.27	0.46	23.50	8.39
Suma =				62.50		63.64		69.91		108.58	
Error cuadrático mín. =				7.91		7.98		8.36		10.42	
Orden de ajuste				1		2		3		4	

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 16 Prueba de error cuadrático mínimo est. Huaraya Moho

m	TR (años)	P(X<x)	Datos observados Xo (mm)	Log Normal de 2 Param.		Log Normal de 3 Param.		Log Pearson tipo III		Gumbel	
				Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2
1	48.00	0.9792	74.30	68.96	28.56	70.90	11.59	69.44	23.58	70.61	13.58
2	24.00	0.9583	63.20	64.13	0.87	65.34	4.56	64.42	1.48	64.84	2.69
3	16.00	0.9375	62.00	61.19	0.66	62.01	0.00	61.37	0.39	61.43	0.33
4	12.00	0.9167	62.00	59.03	8.83	59.60	5.77	59.15	8.14	58.98	9.15
5	9.60	0.8958	58.30	57.30	1.00	57.69	0.37	57.37	0.86	57.05	1.56
6	8.00	0.8750	56.20	55.85	0.12	56.10	0.01	55.89	0.10	55.46	0.54
7	6.86	0.8542	55.40	54.59	0.65	54.73	0.44	54.60	0.63	54.10	1.68
8	6.00	0.8333	54.70	53.47	1.51	53.53	1.37	53.46	1.53	52.91	3.21
9	5.33	0.8125	52.40	52.46	0.00	52.44	0.00	52.43	0.00	51.84	0.31
10	4.80	0.7917	51.60	51.53	0.00	51.46	0.02	51.49	0.01	50.88	0.53
11	4.36	0.7708	51.00	50.68	0.10	50.55	0.21	50.62	0.14	49.99	1.02
12	4.00	0.7500	51.00	49.87	1.27	49.70	1.69	49.81	1.41	49.17	3.36
13	3.69	0.7292	50.50	49.12	1.91	48.91	2.54	49.05	2.11	48.40	4.40
14	3.43	0.7083	50.50	48.40	4.40	48.16	5.48	48.32	4.73	47.68	7.95
15	3.20	0.6875	48.10	47.72	0.15	47.45	0.42	47.64	0.22	47.00	1.21
16	3.00	0.6667	46.00	47.06	1.13	46.77	0.60	46.98	0.96	46.35	0.12
17	2.82	0.6458	46.00	46.44	0.19	46.12	0.02	46.34	0.12	45.73	0.07
18	2.67	0.6250	45.30	45.83	0.28	45.50	0.04	45.73	0.19	45.14	0.03
19	2.53	0.6042	45.20	45.24	0.00	44.90	0.09	45.14	0.00	44.57	0.40
20	2.40	0.5833	45.00	44.66	0.11	44.31	0.47	44.57	0.19	44.02	0.96
21	2.29	0.5625	43.80	44.10	0.09	43.75	0.00	44.01	0.04	43.48	0.10
22	2.18	0.5417	43.60	43.56	0.00	43.19	0.16	43.46	0.02	42.96	0.41
23	2.09	0.5208	42.60	43.02	0.18	42.65	0.00	42.92	0.10	42.45	0.02
24	2.00	0.5000	42.50	42.49	0.00	42.12	0.14	42.39	0.01	41.95	0.30
25	1.92	0.4792	42.00	41.97	0.00	41.60	0.16	41.87	0.02	41.47	0.28
26	1.85	0.4583	41.50	41.45	0.00	41.09	0.17	41.36	0.02	40.98	0.27
27	1.78	0.4375	41.20	40.93	0.07	40.58	0.39	40.84	0.13	40.51	0.48
28	1.71	0.4167	40.00	40.42	0.18	40.07	0.01	40.33	0.11	40.04	0.00
29	1.66	0.3958	39.50	39.91	0.17	39.57	0.00	39.82	0.11	39.57	0.01
30	1.60	0.3750	39.00	39.39	0.16	39.07	0.00	39.32	0.10	39.11	0.01
31	1.55	0.3542	38.70	38.88	0.03	38.56	0.02	38.80	0.01	38.64	0.00
32	1.50	0.3333	38.60	38.36	0.06	38.06	0.29	38.29	0.10	38.18	0.18
33	1.45	0.3125	38.00	37.83	0.03	37.55	0.20	37.77	0.05	37.71	0.08
34	1.41	0.2917	37.80	37.30	0.25	37.04	0.58	37.24	0.31	37.24	0.32
35	1.37	0.2708	36.50	36.76	0.07	36.52	0.00	36.70	0.04	36.76	0.07
36	1.33	0.2500	35.80	36.20	0.16	35.99	0.04	36.15	0.13	36.27	0.22
37	1.30	0.2292	34.80	35.63	0.68	35.44	0.42	35.59	0.62	35.77	0.94
38	1.26	0.2083	34.50	35.03	0.28	34.89	0.15	35.01	0.26	35.26	0.57
39	1.23	0.1875	33.40	34.41	1.03	34.31	0.82	34.40	0.99	34.72	1.75
40	1.20	0.1667	33.10	33.76	0.44	33.70	0.36	33.76	0.43	34.17	1.13
41	1.17	0.1458	31.70	33.07	1.88	33.06	1.84	33.08	1.90	33.58	3.52
42	1.14	0.1250	31.60	32.32	0.52	32.37	0.60	32.35	0.56	32.94	1.81
43	1.12	0.1042	31.40	31.51	0.01	31.63	0.05	31.55	0.02	32.25	0.73
44	1.09	0.0833	31.30	30.58	0.51	30.79	0.26	30.65	0.42	31.48	0.03
45	1.07	0.0625	28.50	29.50	1.01	29.82	1.76	29.60	1.20	30.58	4.34
46	1.04	0.0417	26.60	28.15	2.41	28.63	4.11	28.28	2.82	29.46	8.21
47	1.02	0.0208	26.40	26.18	0.05	26.92	0.27	26.37	0.00	27.85	2.09
Suma =				62.00		48.49		57.33		80.98	
Error cuadrático mín. =				7.87		6.96		7.57		9.00	
Orden de ajuste				2		1		3		4	

Fuente: Elaboración Propia



CUADRO N° 17 Prueba de error cuadrático mínimo est. Putina

m	TR (años)	P(X<x)	Datos observados Xo (mm)	Log Normal de 2 Param.		Log Normal de 3 Param.		Log Pearson tipo III		Gumbel	
				Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2	Xe	(Xo-Xe)2
1	48.00	0.9792	52.20	52.88	0.46	50.45	3.06	49.67	6.41	52.91	0.51
2	24.00	0.9583	46.50	49.07	6.62	47.48	0.97	47.09	0.35	48.65	4.62
3	16.00	0.9375	46.10	46.76	0.43	45.62	0.23	45.42	0.46	46.13	0.00
4	12.00	0.9167	44.50	45.06	0.31	44.22	0.08	44.14	0.13	44.32	0.03
5	9.60	0.8958	43.80	43.70	0.01	43.09	0.51	43.09	0.51	42.90	0.81
6	8.00	0.8750	43.50	42.56	0.89	42.12	1.90	42.18	1.75	41.73	3.14
7	6.86	0.8542	43.40	41.57	3.35	41.27	4.52	41.37	4.11	40.72	7.17
8	6.00	0.8333	43.20	40.69	6.28	40.51	7.22	40.64	6.54	39.84	11.28
9	5.33	0.8125	41.50	39.90	2.56	39.82	2.83	39.97	2.34	39.05	5.98
10	4.80	0.7917	38.30	39.17	0.76	39.17	0.76	39.35	1.09	38.34	0.00
11	4.36	0.7708	38.10	38.50	0.16	38.57	0.22	38.76	0.43	37.69	0.17
12	4.00	0.7500	37.90	37.87	0.00	38.01	0.01	38.20	0.09	37.08	0.67
13	3.69	0.7292	37.70	37.28	0.17	37.47	0.05	37.67	0.00	36.51	1.40
14	3.43	0.7083	36.70	36.72	0.00	36.96	0.07	37.16	0.21	35.98	0.51
15	3.20	0.6875	36.40	36.19	0.04	36.46	0.00	36.67	0.07	35.48	0.85
16	3.00	0.6667	36.30	35.68	0.39	35.99	0.10	36.20	0.01	35.00	1.68
17	2.82	0.6458	35.70	35.19	0.26	35.53	0.03	35.74	0.00	34.55	1.33
18	2.67	0.6250	35.00	34.71	0.08	35.08	0.01	35.29	0.08	34.11	0.79
19	2.53	0.6042	33.40	34.25	0.73	34.65	1.55	34.85	2.09	33.69	0.08
20	2.40	0.5833	33.40	33.81	0.16	34.22	0.67	34.41	1.02	33.28	0.01
21	2.29	0.5625	33.20	33.37	0.03	33.80	0.36	33.99	0.62	32.88	0.10
22	2.18	0.5417	33.00	32.94	0.00	33.38	0.15	33.57	0.32	32.50	0.25
23	2.09	0.5208	32.70	32.52	0.03	32.98	0.08	33.15	0.20	32.12	0.33
24	2.00	0.5000	32.00	32.11	0.01	32.57	0.33	32.74	0.54	31.76	0.06
25	1.92	0.4792	32.00	31.70	0.09	32.17	0.03	32.32	0.11	31.40	0.37
26	1.85	0.4583	31.60	31.30	0.09	31.77	0.03	31.91	0.10	31.04	0.31
27	1.78	0.4375	30.90	30.90	0.00	31.37	0.22	31.50	0.36	30.69	0.04
28	1.71	0.4167	30.80	30.50	0.09	30.97	0.03	31.09	0.08	30.34	0.21
29	1.66	0.3958	30.50	30.10	0.16	30.56	0.00	30.67	0.03	30.00	0.25
30	1.60	0.3750	30.20	29.70	0.25	30.16	0.00	30.25	0.00	29.65	0.30
31	1.55	0.3542	30.00	29.30	0.49	29.75	0.06	29.83	0.03	29.31	0.47
32	1.50	0.3333	29.80	28.90	0.81	29.33	0.22	29.39	0.16	28.97	0.69
33	1.45	0.3125	29.00	28.49	0.26	28.90	0.01	28.95	0.00	28.62	0.14
34	1.41	0.2917	28.40	28.08	0.10	28.47	0.00	28.50	0.01	28.27	0.02
35	1.37	0.2708	28.00	27.66	0.12	28.03	0.00	28.04	0.00	27.92	0.01
36	1.33	0.2500	28.00	27.22	0.60	27.57	0.19	27.56	0.19	27.56	0.19
37	1.30	0.2292	26.70	26.78	0.01	27.09	0.15	27.07	0.14	27.19	0.24
38	1.26	0.2083	26.60	26.32	0.08	26.59	0.00	26.55	0.00	26.81	0.04
39	1.23	0.1875	26.20	25.84	0.13	26.07	0.02	26.01	0.04	26.42	0.05
40	1.20	0.1667	26.20	25.34	0.74	25.51	0.47	25.43	0.59	26.01	0.04
41	1.17	0.1458	26.00	24.80	1.43	24.92	1.17	24.81	1.40	25.57	0.18
42	1.14	0.1250	25.80	24.23	2.47	24.27	2.35	24.14	2.75	25.10	0.48
43	1.12	0.1042	24.90	23.60	1.70	23.55	1.83	23.40	2.26	24.60	0.09
44	1.09	0.0833	21.20	22.88	2.84	22.72	2.32	22.55	1.82	24.03	7.99
45	1.07	0.0625	20.50	22.05	2.41	21.74	1.55	21.55	1.09	23.36	8.20
46	1.04	0.0417	18.00	21.01	9.07	20.49	6.21	20.27	5.15	22.54	20.58
47	1.02	0.0208	16.70	19.50	7.83	18.61	3.66	18.38	2.83	21.34	21.55
Suma =				55.52		46.23		48.54		104.25	
Error cuadrático mín. =				7.45		6.80		6.97		10.21	
Orden				2		1		3		4	

Fuente: Elaboración Propia

**a. Estación Huancané:**

Hallando el error cuadrático mínimo se observa que la distribución log normal de 2 parámetros es la que más se ajusta con un  $E_c = 7.91$

**b. Estación Huaraya – Moho:**

Hallando el error cuadrático mínimo se observa que la distribución log normal de 3 parámetros es la que más se ajusta con un  $E_c = 6.96$ .

**c. Estación Putina:**

Hallando el error cuadrático mínimo se observa que la distribución log normal de 3 parámetros es la que más se ajusta con un  $E_c = 6.80$ .

**5.7.3 Prueba de bondad y ajuste**

Para este estudio se realizó la prueba de bondad y ajuste de Kolmogorov Smirnov la cual como sabemos consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia  $\Delta = |F(Z) - P(X)|$ , entre la función de distribución observada y la estimada, respecto a una probabilidad, para este ajuste se tuvo que ordenar los datos en forma ascendente (de menor a mayor), calcular la probabilidad usando la fórmula de Weibull de la (ecuación 2.55):

$$P(x) = \frac{m}{n + 1}$$

Se calculó la probabilidad teórica, mediante el valor de z que es la variable normal estandarizada.

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}$$

Y  $F(z)$  se calcula mediante tablas de la variable z, luego se realiza una diferencia para hallar el máximo valor absoluto de  $\Delta = |F(Z) - P(X)|$ , de igual forma para hallar el valor crítico se utilizó la siguiente ecuación, para  $\alpha =$  nivel de significancia:

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{n}}, \quad n \text{ es numero de datos observados}$$

Por tanto, el criterio para la toma de la decisión entre las dos hipótesis será de la forma:

Si  $\Delta_{m\acute{a}x} \leq \Delta_0$ , se acepta la hipótesis con un nivel de significancia de  $\alpha \%$

Si  $\Delta_{m\acute{a}x} > \Delta_0$ , se rechaza la hipótesis con un nivel de significancia de  $\alpha \%$

**Proceso de cálculo** (Estación Huancané- log normal de 2 parámetros)

Para ello ver el cuadro n° 18

- 1) En la columna A colocar el número de orden de los datos a analizar, esto será representado por m; m=1, m=2, m=3,... hasta, ... m=47
- 2) En la columna B colocar el logaritmo natural de los datos observados en orden ascendente Ln(Xi), en la columna E del cuadro n° 8 se muestran los logaritmos naturales de Xi (Ln Xi), que son los mismos mostrados en el cuadro n° 18 con la única diferencia que estos son ordenados de menor a mayor.
- 3) En la columna C hallar la probabilidad P(x) esto es igual a:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

$$P = \frac{1}{47 + 1} = 0.0208; P = \frac{2}{47 + 1} = 0.0417; \dots; \text{ hasta } m = 47; \dots P = \frac{47}{47 + 1} = 0.9792$$

- 4) En la columna D hallar la variable estandarizada z, esto es calculado con la ecuación n° (2.21)

$$z = \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} = \frac{\ln x - \mu_y}{\sigma_y}$$

Reemplazando valores como la media y desviación estándar y el valor de  $y = \ln x$ , en el cuadro n° 18 se tiene el valor de la media y de la desviación estándar:

Media= 3.6338

Desv. Estandar= 0.2696

$$z = \frac{3.0253 - 3.6338}{0.2696} = -2.2572$$

Así para cada uno de los valores, hasta llegar al valor número 47.

- 5) En la columna E calcular el valor de F(z) tener en cuenta que para (-z):

$$F(-z) = 1 - F(z)$$

Como contamos con  $z = -2.26$

Y un nivel de significancia del 5% tenemos y con n=47 datos observados en tabla.

Interpolando según la tabla N° B-03 del anexo B tenemos:

$$F(z) = 0.98778 + \frac{(0.99061 - 0.98778)}{(2.3 - 2.2)} \times (2.26 - 2.2)$$

$$F(z) = 0.989478$$

Como z es negativo tenemos:

$$F(-z) = 1 - 0.98948 \rightarrow F(-z) = 0.012$$

Existe una ligera variación en el valor de F(z) debido a que fue hallado directamente con Microsoft Excel, pero no altera el resultado de la prueba.

- 6) En la columna F se realiza una resta entre el valor calculado y el valor tabulado  $\Delta = |F(Z) - P(X)|$ , de ahí se elige el valor mayor de las 47 calculadas, para este ejemplo es el de orden  $m=14$  que tiene un valor máximo de:

$$\Delta_{m\acute{a}x} = 0.0575$$

Este valor se debe de comparar con el valor crítico esto se determina con la ecuación:

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{n}}; \Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{47}} = 0.1984$$

$$\Delta_0 = 0.1984$$

- 7) Una vez obtenido los valores máximos y críticos se pasa a un criterio de decisión:

Si:

$\Delta_{m\acute{a}x} < \Delta_0$  ===== se dice que el ajuste **es** bueno con un nivel de significancia a%

$\Delta_{m\acute{a}x} > \Delta_0$  ===== se dice que el ajuste **no** es bueno con un nivel de significancia a%,

si es así se debe de probar con otra distribución.

$$\Delta_{m\acute{a}x} < \Delta_0$$

$$0.0575 < 0.1984$$

Se concluye que los datos de precipitación se ajustan a la distribución log normal de 2 parámetros, con un nivel de significancia del 5% o una probabilidad de 95%

El resumen de todo el proceso se muestra en el cuadro n° 23 para todas las distribuciones.

**CUADRO N° 18 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov,  
Distribución log normal de 2 parámetros.**

**ESTACIÓN HUANCANÉ**

<b>m</b>	<b>Ln(Xi)</b>	<b>P(x)=m/(n+1)</b>	<b>Z=(X-X)/S</b>	<b>F(Z)</b>	<b>Δ= F(Z)-P(X) </b>
<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>	<b>(E)</b>	<b>(F)</b>
1	3.03	0.0208	-2.26	0.012	0.0088
2	3.05	0.0417	-2.15	0.016	0.0259
3	3.17	0.0625	-1.72	0.043	0.0199
4	3.21	0.0833	-1.58	0.057	0.0267
5	3.23	0.1042	-1.49	0.067	0.0367
6	3.27	0.1250	-1.34	0.091	0.0344
7	3.35	0.1458	-1.07	0.143	0.0026
8	3.39	0.1667	-0.90	0.184	0.0174
9	3.44	0.1875	-0.72	0.237	0.0491
10	3.45	0.2083	-0.67	0.251	0.0431
11	3.47	0.2292	-0.62	0.267	0.0373
12	3.47	0.2500	-0.62	0.267	0.0165
13	3.48	0.2708	-0.58	0.282	0.0110
14	3.53	0.2917	-0.39	0.349	0.0575
15	3.54	0.3125	-0.33	0.369	0.0568
16	3.56	0.3333	-0.29	0.386	0.0522
17	3.56	0.3542	-0.29	0.386	0.0314
18	3.56	0.3750	-0.29	0.386	0.0105
19	3.56	0.3958	-0.29	0.386	0.0103
20	3.57	0.4167	-0.25	0.402	0.0149
21	3.57	0.4375	-0.23	0.410	0.0277
22	3.58	0.4583	-0.20	0.422	0.0364
23	3.58	0.4792	-0.19	0.426	0.0531
24	3.61	0.5000	-0.10	0.458	0.0418
25	3.64	0.5208	0.03	0.513	0.0075
26	3.66	0.5417	0.11	0.544	0.0023
27	3.67	0.5625	0.13	0.551	0.0110
28	3.67	0.5833	0.15	0.559	0.0244
29	3.68	0.6042	0.16	0.563	0.0415
30	3.74	0.6250	0.40	0.656	0.0315
31	3.74	0.6458	0.40	0.656	0.0107
32	3.78	0.6667	0.55	0.709	0.0420
33	3.78	0.6875	0.56	0.712	0.0240
34	3.81	0.7083	0.64	0.739	0.0310
35	3.81	0.7292	0.66	0.745	0.0154
36	3.84	0.7500	0.77	0.780	0.0296
37	3.86	0.7708	0.84	0.800	0.0292
38	3.87	0.7917	0.88	0.811	0.0191
39	3.88	0.8125	0.92	0.821	0.0085
40	3.89	0.8333	0.96	0.831	0.0026
41	3.94	0.8542	1.15	0.875	0.0205
42	3.96	0.8750	1.21	0.886	0.0111
43	3.99	0.8958	1.33	0.908	0.0126
44	4.00	0.9167	1.35	0.912	0.0049
45	4.06	0.9375	1.58	0.943	0.0057
46	4.06	0.9583	1.58	0.943	0.0151
47	4.23	0.9792	2.21	0.986	0.0073
prom.	3.63			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0575</b>
Desv. Est	0.27				
Cs	-0.19				

Fuente: Elaboración Propia

**Proceso de cálculo** (Estación Huancané- log normal de 3 parámetros)

Los cálculos serán con respecto al cuadro n° 19:

- 1) En las columnas A, C se muestran los datos y el proceso de cálculo son iguales a ítem 1, 3 de log normal de 2 parámetros.
- 2) En la columna B se muestra el logaritmo natural de los datos observados menos el parámetro de posición en orden ascendente.
- 3) En la columna D se muestra valores hallados por la ecuación n° (2.26) que nos da la variable estandarizada z:

$$z = \frac{\ln(x - x_0) - \mu_y}{\sigma_y}$$

Contamos con la media y desviación estándar según el cuadro n° 19

Media= 3.52

Desv. Estandar= 0.30

$$z = \frac{2.822 - 3.52}{0.30} = -2.33$$

- 4) Para calcular E tenemos que hallar el F(z), mediante la tabla B-03 del anexo B, y esto es igual a:

En la tabla B-03 se muestra para valores de z=-2.33 para hallar F(z), contamos con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$

z	$\alpha = 0.05$
2.3	0.99061
2.33	¿?=interpolando
2.4	0.99286

$$F(z) = 0.99061 + \frac{(0.99286 - 0.99061)}{(2.4 - 2.3)} \times (2.33 - 2.3)$$

$$F(z) = 0.9907$$

Como z es negativo:

$$F(-z) = 1 - 0.9907 = 0.010$$

Esta operación se realiza para los 47 datos observados en el cuadro n° 19

- 5) En la columna F se realiza una resta entre el valor calculado y el valor tabulado  $\Delta = |F(Z) - P(X)|$ , de ahí se elige el valor mayor de las 47 calculadas, para este ejemplo es el de orden  $m=14$  que tiene un valor máximo de:

$$\Delta_{m\acute{a}x} = 0.0636$$

- 6) Este valor se debe de comparar con el valor crítico esto se determina con la ecuación:

$$\Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{n}}; \Delta_0 = \frac{1.36}{\sqrt{47}} = 0.1984$$

$$\Delta_0 = 0.1984$$

- 7) Una vez obtenido los valores máximos y críticos se pasa a un criterio de decisión como:

Si:

$\Delta_{m\acute{a}x} < \Delta_0$  ===== se dice que el ajuste **es** bueno con un nivel de significancia  $\alpha\%$

$\Delta_{m\acute{a}x} > \Delta_0$  ===== se dice que el ajuste **no** es bueno con un nivel de significancia  $\alpha\%$ ,

si es así se debe de probar con otra distribución.

$$\Delta_{m\acute{a}x} < \Delta_0$$

$$0.0636 < 0.1984$$

Se concluye que los datos de precipitación se ajustan a la distribución log normal de 3 parámetros, con un nivel de significancia del 5% o una probabilidad de 95%

El resumen de todo el proceso se muestra en el cuadro n° 23 para todas las distribuciones.

### Proceso de cálculo (Estación Huancané- log Pearson tipo III y Gumbel)

El proceso de cálculo para las distribuciones del log Pearson tipo III y Gumbel son similares teniendo que hallar el valor estandarizado de Z de acuerdo a las ecuaciones n° 2.38, 2.42, 2.43 y 2.44

**CUADRO N° 19 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov,  
Distribución log normal de 3 parámetros.**

**ESTACIÓN HUANCANÉ**

<b>m</b>	<b>Ln(Xi-Xo)</b>	<b>P(x)=m/(n+1)</b>	<b>Z=(X-X)/S</b>	<b>F(Z)</b>	<b>Δ= F(Z)-P(X) </b>
<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b>(C)</b>	<b>(D)</b>	<b>(E)</b>	<b>(F)</b>
1	2.82	0.0208	-2.33	0.010	0.0108
2	2.85	0.0417	-2.21	0.014	0.0281
3	2.99	0.0625	-1.75	0.040	0.0222
4	3.04	0.0833	-1.60	0.055	0.0287
5	3.06	0.1042	-1.51	0.066	0.0384
6	3.11	0.1250	-1.34	0.090	0.0353
7	3.20	0.1458	-1.06	0.144	0.0016
8	3.25	0.1667	-0.89	0.186	0.0198
9	3.31	0.1875	-0.70	0.241	0.0531
10	3.32	0.2083	-0.66	0.256	0.0475
11	3.34	0.2292	-0.61	0.271	0.0421
12	3.34	0.2500	-0.61	0.271	0.0212
13	3.35	0.2708	-0.56	0.287	0.0161
14	3.41	0.2917	-0.37	0.355	0.0636
15	3.42	0.3125	-0.32	0.376	0.0631
16	3.44	0.3333	-0.27	0.392	0.0586
17	3.44	0.3542	-0.27	0.392	0.0378
18	3.44	0.3750	-0.27	0.392	0.0169
19	3.44	0.3958	-0.27	0.392	0.0039
20	3.45	0.4167	-0.23	0.408	0.0084
21	3.46	0.4375	-0.21	0.416	0.0211
22	3.47	0.4583	-0.18	0.429	0.0298
23	3.47	0.4792	-0.17	0.433	0.0466
24	3.49	0.5000	-0.09	0.465	0.0353
25	3.54	0.5208	0.05	0.520	0.0013
26	3.56	0.5417	0.13	0.550	0.0081
27	3.56	0.5625	0.14	0.557	0.0053
28	3.57	0.5833	0.16	0.565	0.0188
29	3.57	0.6042	0.17	0.568	0.0360
30	3.65	0.6250	0.41	0.660	0.0352
31	3.65	0.6458	0.41	0.660	0.0144
32	3.69	0.6667	0.56	0.711	0.0444
33	3.69	0.6875	0.56	0.714	0.0263
34	3.72	0.7083	0.65	0.741	0.0325
35	3.72	0.7292	0.66	0.746	0.0168
36	3.75	0.7500	0.77	0.780	0.0299
37	3.78	0.7708	0.84	0.800	0.0290
38	3.79	0.7917	0.88	0.810	0.0185
39	3.80	0.8125	0.92	0.820	0.0076
40	3.81	0.8333	0.95	0.830	0.0038
41	3.87	0.8542	1.14	0.872	0.0182
42	3.88	0.8750	1.19	0.883	0.0085
43	3.92	0.8958	1.31	0.905	0.0095
44	3.92	0.9167	1.33	0.909	0.0080
45	3.99	0.9375	1.55	0.940	0.0023
46	3.99	0.9583	1.55	0.940	0.0185
47	4.17	0.9792	2.15	0.984	0.0050
prom.	3.52	<b>mediana(Xi)</b>	<b>36.80</b>	<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0636</b>
Desv. Est	0.30				
Xo	3.88				

Fuente: Elaboración Propia



**CUADRO N° 20 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución log Pearson tipo III.**

**ESTACIÓN HUANCANÉ**

<b>m</b>	<b>Ln(X)</b>	<b>P(x)=m/(n+1)</b>	<b>y=(lnx-Xo)/β</b>	<b>G(y)</b>	<b>Δ= F(Z)-P(X) </b>
1	3.03	0.0208	129.8955	1.35E-25	0.0208
2	3.05	0.0417	128.7960	2.30E-25	0.0417
3	3.17	0.0625	124.3657	1.97E-24	0.0625
4	3.21	0.0833	122.9443	3.92E-24	0.0833
5	3.23	0.1042	122.0251	6.12E-24	0.1042
6	3.27	0.1250	120.3952	1.35E-23	0.1250
7	3.35	0.1458	117.5986	5.20E-23	0.1458
8	3.39	0.1667	115.8846	1.19E-22	0.1667
9	3.44	0.1875	113.9977	2.96E-22	0.1875
10	3.45	0.2083	113.5098	3.75E-22	0.2083
11	3.47	0.2292	113.0281	4.73E-22	0.2292
12	3.47	0.2500	113.0281	4.73E-22	0.2500
13	3.48	0.2708	112.5524	5.95E-22	0.2708
14	3.53	0.2917	110.5939	1.53E-21	0.2917
15	3.54	0.3125	110.0365	2.00E-21	0.3125
16	3.56	0.3333	109.5963	2.48E-21	0.3333
17	3.56	0.3542	109.5963	2.48E-21	0.3542
18	3.56	0.3750	109.5963	2.48E-21	0.3750
19	3.56	0.3958	109.5963	2.48E-21	0.3958
20	3.57	0.4167	109.1611	3.05E-21	0.4167
21	3.57	0.4375	108.9453	3.39E-21	0.4375
22	3.58	0.4583	108.6240	3.96E-21	0.4583
23	3.58	0.4792	108.5174	4.17E-21	0.4792
24	3.61	0.5000	107.6757	6.25E-21	0.5000
25	3.64	0.5208	106.2458	1.24E-20	0.5208
26	3.66	0.5417	105.4521	1.82E-20	0.5417
27	3.67	0.5625	105.2562	2.00E-20	0.5625
28	3.67	0.5833	105.0613	2.20E-20	0.5833
29	3.68	0.6042	104.9642	2.31E-20	0.6042
30	3.74	0.6250	102.4321	7.80E-20	0.6250
31	3.74	0.6458	102.4321	7.80E-20	0.6458
32	3.78	0.6667	100.9196	1.61E-19	0.6667
33	3.78	0.6875	100.8325	1.68E-19	0.6875
34	3.81	0.7083	99.9719	2.54E-19	0.7083
35	3.81	0.7292	99.8020	2.76E-19	0.7292
36	3.84	0.7500	98.6339	4.84E-19	0.7500
37	3.86	0.7708	97.9013	6.87E-19	0.7708
38	3.87	0.7917	97.5003	8.33E-19	0.7917
39	3.88	0.8125	97.1034	1.01E-18	0.8125
40	3.89	0.8333	96.7106	1.22E-18	0.8333
41	3.94	0.8542	94.7307	3.15E-18	0.8542
42	3.96	0.8750	94.1415	4.17E-18	0.8750
43	3.99	0.8958	92.8481	7.75E-18	0.8958
44	4.00	0.9167	92.6367	8.58E-18	0.9167
45	4.06	0.9375	90.2530	2.68E-17	0.9375
46	4.06	0.9583	90.2530	2.68E-17	0.9583
47	4.23	0.9792	83.7692	5.94E-16	0.9792
<b>Media</b>	<b>3.63</b>			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.97917</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>0.27</b>				
<b>Cs (lnx)</b>	<b>-0.19</b>				
<b>param. Forma Y =</b>		<b>106.59</b>			
<b>param. Escala β =</b>		<b>-0.03</b>			
<b>Param. Posición Xo =</b>		<b>6.42</b>			

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 21 Prueba de bondad del ajuste de Kolmogorov - Smirnov, Distribución valor extremo tipo I o Gumbel**

**ESTACIÓN HUANCANÉ**

<b>m</b>	<b>Xi</b>	<b>P(x)=m/(n+1)</b>	<b>y=(Xi-μ)/α</b>	<b>F(x)</b>	<b>Δ= F(x)-P(X) </b>
1	20.60	0.0208	-1.7096	0.0040	0.0169
2	21.20	0.0417	-1.6359	0.0059	0.0358
3	23.80	0.0625	-1.3162	0.0240	0.0385
4	24.70	0.0833	-1.2056	0.0355	0.0479
5	25.30	0.1042	-1.1318	0.0450	0.0592
6	26.40	0.1250	-0.9966	0.0666	0.0584
7	28.40	0.1458	-0.7507	0.1202	0.0256
8	29.70	0.1667	-0.5909	0.1644	0.0023
9	31.20	0.1875	-0.4065	0.2228	0.0353
10	31.60	0.2083	-0.3574	0.2394	0.0311
11	32.00	0.2292	-0.3082	0.2564	0.0273
12	32.00	0.2500	-0.3082	0.2564	0.0064
13	32.40	0.2708	-0.2590	0.2737	0.0029
14	34.10	0.2917	-0.0500	0.3495	0.0578
15	34.60	0.3125	0.0115	0.3721	0.0596
16	35.00	0.3333	0.0606	0.3902	0.0568
17	35.00	0.3542	0.0606	0.3902	0.0360
18	35.00	0.3750	0.0606	0.3902	0.0152
19	35.00	0.3958	0.0606	0.3902	0.0057
20	35.40	0.4167	0.1098	0.4082	0.0085
21	35.60	0.4375	0.1344	0.4172	0.0203
22	35.90	0.4583	0.1713	0.4306	0.0277
23	36.00	0.4792	0.1836	0.4350	0.0441
24	36.80	0.5000	0.2819	0.4703	0.0297
25	38.20	0.5208	0.4540	0.5299	0.0091
26	39.00	0.5417	0.5524	0.5624	0.0207
27	39.20	0.5625	0.5769	0.5703	0.0078
28	39.40	0.5833	0.6015	0.5781	0.0052
29	39.50	0.6042	0.6138	0.5820	0.0222
30	42.20	0.6250	0.9458	0.6781	0.0531
31	42.20	0.6458	0.9458	0.6781	0.0323
32	43.90	0.6667	1.1547	0.7297	0.0630
33	44.00	0.6875	1.1670	0.7325	0.0450
34	45.00	0.7083	1.2900	0.7594	0.0510
35	45.20	0.7292	1.3146	0.7645	0.0353
36	46.60	0.7500	1.4867	0.7976	0.0476
37	47.50	0.7708	1.5973	0.8167	0.0459
38	48.00	0.7917	1.6588	0.8267	0.0350
39	48.50	0.8125	1.7202	0.8361	0.0236
40	49.00	0.8333	1.7817	0.8451	0.0117
41	51.60	0.8542	2.1013	0.8849	0.0307
42	52.40	0.8750	2.1997	0.8951	0.0201
43	54.20	0.8958	2.4210	0.9150	0.0192
44	54.50	0.9167	2.4578	0.9179	0.0013
45	58.00	0.9375	2.8881	0.9458	0.0083
46	58.00	0.9583	2.8881	0.9458	0.0125
47	68.70	0.9792	4.2035	0.9852	0.0060
<b>Media</b>	<b>39.20</b>			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0630</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>10.43</b>				
<b>α</b>	<b>8.13</b>				
<b>μ</b>	<b>34.51</b>				

Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros como media desviación estándar, posición se muestran en el siguiente cuadro para las diferentes funciones de distribución:

**CUADRO N° 22 Parámetros y valores de distribuciones est. Huancané**

Distribución	Parámetro	Valor
Log normal 2 parámetros	Media	3.63
	Desv. estándar	0.27
Log normal 3 parámetros	Media	3.52
	Desv. estándar	0.30
	Posición $X_0 =$	3.88
Pearson tipo III	Forma $\gamma =$	106.59
	Escala $\beta =$	-0.03
	Posición $X_0 =$	6.42
Extrema tipo I	Posición	$\mu$ 34.51
	Escala	$\alpha$ 8.13

Fuente: Elaboración Propia

La elección de la función de distribución será aquella que mayor diferencia presente entre el valor máximo menos el valor crítico se muestra los resultados para las tres estaciones pluviométricas en los cuadros n° 23, 25 y 27 respectivamente.

**CUADRO N° 23 Selección de función de distribución est. Huancané**

Distribución	$\Delta$ Max	$\Delta_0$ crítico	Diferencia	Ajuste	Orden
Log normal 2 param.	0.0575	0.1984	0.1409	Bueno	1
Log normal 3 param.	0.0636	0.1984	0.1348	Bueno	3
Pearson tipo III	0.9792	0.1984	-0.7808	Malo	4
Extrema tipo I	0.0630	0.1984	0.1354	Bueno	2

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 24 Parámetros y valores de distribuciones est. Huaraya Moho**

Distribución	Parámetro	Valor
Log normal 2 parámetros	Media	3.75
	Desv. estándar	0.24
Log normal 3 parámetros	Media	3.47
	Desv. estándar	0.31
	Posición $X_0 =$	9.89
Pearson tipo III	Forma $\gamma =$	1243.95
	Escala $\beta =$	0.01
	Posición $X_0 =$	-4.63
Extrema tipo I	Posición	$\mu$ 38.95
	Escala	$\alpha$ 8.20

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 25 Selección de función de distribución est. Huaraya Moho

Distribución	$\Delta_{max}$	$\Delta_0$ critico	Diferencia	Ajuste	Orden
Log normal 2 param.	0.0580	0.1984	0.1404	Bueno	1
Log normal 3 param.	0.0613	0.1984	0.1371	Bueno	2
Pearson tipo III	0.9792	0.1984	-0.7808	Malo	4
Extrema tipo I	0.0747	0.1984	0.1237	Bueno	3

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 26 Parámetros y valores de distribuciones est. Putina

Distribución	Parámetro	Valor
Log normal 2 parametros	Media	3.47
	Desv. estandar	0.24
Log normal 3 parametros	Media	4.15
	Desv. estandar	0.12
	Posicion $X_0 =$	-31.07
Pearson tipo III	Forma $\gamma =$	17.68
	Escala $\beta =$	-0.06
	Posicion $X_0 =$	4.50
Extrema tipo I	Posicion	$\mu$ 29.54
	Escala	$\alpha$ 6.05

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 27 Selección de función de distribución est. Putina

Distribución	$\Delta_{max}$	$\Delta_0$ critico	Diferencia	Ajuste	Orden de ajuste
Log normal 2 param.	0.0608	0.1984	0.1376	Bueno	1
Log normal 3 param.	0.0647	0.1984	0.1336	Bueno	2
Pearson tipo III	0.8795	0.1984	-0.6811	Malo	4
Extrema tipo I	0.0673	0.1984	0.1311	Bueno	3

Fuente: Elaboración Propia

**Selección de función de Distribución:**

Una vez realizada las pruebas para la selección de función de distribución se procede a elegir la distribución que más se ajusta a las pruebas de **análisis gráfico, método del error cuadrático mínimo, y la prueba de bondad y ajuste de Kolmogorov - Smirnov**. Se llega a la siguiente conclusión:

**Estación Huancané:** analizando las diferentes pruebas antes mencionadas se concluye que la distribución que más se ajusta a los datos analizados son: Log normal de 2 parámetros.

**Estación Huaraya - Moho:** analizando las diferentes pruebas antes mencionadas se concluye que la distribución que más se ajusta a los datos analizados son: Log normal de 2 parámetros.

**Estación Putina:** analizando las diferentes pruebas antes mencionadas se concluye que la distribución que más se ajusta a los datos analizados son: Log normal de 2 parámetros.

**CUADRO N° 28 Selección de función de distribución est. Huancané**

	DISTRIBUCION	ANÁLISIS GRÁFICO	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO	KOLMOGOROV
<b>ESTACIÓN HUANCANÉ</b>	Log normal 2 Parámetros	1	1	1
	Log normal 3 Parámetros	2	2	3
	Pearson tipo III	3	3	4
	Extrema tipo I	4	4	2

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 29 Selección de función de distribución est. Huaraya - Moho**

	DISTRIBUCION	ANÁLISIS GRÁFICO	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO	KOLMOGOROV
<b>ESTACIÓN HUARAYA MOHO</b>	Log normal 2 Parámetros	1	3	1
	Log normal 3 Parámetros	3	1	2
	Pearson tipo III	2	2	4
	Extrema tipo I	4	4	3

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 30 Selección de función de distribución est. Putina**

	DISTRIBUCION	ANÁLISIS GRÁFICO	ERROR CUADRÁTICO MÍNIMO	KOLMOGOROV
ESTACIÓN PUTINA	Log normal 2 Parámetros	1	2	1
	Log normal 3 Parámetros	2	1	2
	Pearson tipo III	3	3	4
	Extrema tipo I	4	4	3



Fuente: Elaboración Propia

### 5.6 Calculo de Precipitaciones Máximas diarias en base al periodo de retorno

Una vez seleccionada la distribución se tiene las precipitaciones para diferentes periodos de retorno, tomando como base la distribución Log normal de 2 parámetros.

Los datos mostrados son calculados mediante factores de frecuencia, para diferentes periodos de retorno y son los mismo mostrados en los cuadros N° 12, 13, 14; con la única diferencia de que solo se muestran de la función seleccionada (Log Normal de 2 parámetros)

**CUADRO N° 31 Precipitaciones diarias en base al Periodo de retorno**

TR(Años)	Prob.	Huancané	Moho	Putina
2	0.5	37.86	42.49	32.11
5	0.2	47.50	51.90	39.46
10	0.1	53.48	57.62	43.95
20	0.05	58.99	62.82	48.04
50	0.02	65.86	69.23	53.10
100	0.01	70.89	73.87	56.77

Fuente: Elaboración Propia

## 5.7 Distribución de intensidades de lluvia en 24 horas

### 5.7.1 Distribución de lluvia basada en perfiles de lluvia SCS

Este método propuesto por el Soil Conservation Service del U.S. Department of Agriculture (1986) actualmente NRCS, el cual desarrollo hietogramas para la distribución de precipitaciones y el cálculo de intensidades de lluvia, en nuestro caso aplicaremos el factor de escala TIPO II. Ver figura 14, en el cual se observa que el factor tipo II pertenece a condiciones climáticas similares a nuestro país (nuestra zona de estudio).

**Como ejemplo se muestra sólo los cuadros de la estación Huancané las estaciones Huaraya-Moho y Putina se muestran en anexos.**

- 1) Seleccionar el factor de escala según la ubicación del área de estudio, para nuestro caso aplicaremos el factor tipo II por encontrarse condiciones climáticas similares con nuestra área de estudio, los factores están dado según el cuadro N° 01 o la página web:

[http://www.hydrocalc.com/scs\\_rain/scs\\_rain.html](http://www.hydrocalc.com/scs_rain/scs_rain.html)

- 2) Multiplicar el factor de escala tipo II por la precipitación obtenida para cada periodo de retorno.
- 3) Restar la altura de precipitación acumulada entre el valor 1 y cero, seguido del segundo y el primero, así sucesivamente hasta llegar a las 24 horas. Así obtenemos los valores de la columna (5) de incremento de precipitación

$$0.42 - 0.00 = 0.00$$

$$0.87 - 0.42 = 0.45$$

$$1.32 - 0.87 = 0.45$$

Valores para  
la columna E

- 4) Una vez obtenida los incrementos procedemos a graficar los hietogramas desde 1 hora a 24 horas, tomando como mayor valor de la intensidad el valor más alto dividido por el tiempo:

$$i_1 = \frac{16.16}{1} = 16.16 \text{ mm/hr} ; \text{ para la } d = 1 \text{ hora de duración}$$

Para una duración de 2 horas dividir el valor sumado del valor de orden 1 con valor de orden 2= 4.28 así:

$$i_2 = \frac{16.16+4.28}{2} = 10.22 \text{ mm/hr} ; \text{ para } d = 2 \text{ horas}$$

Para una duración de 3 horas dividir el valor sumado del valor de orden 1 mas valor de orden 2 mas valor de orden 3 asi:

$$i_3 = \frac{16.16 + 4.28 + 2.08}{3} = 7.51 \text{ mm/hr ; para } d = 3 \text{ horas}$$

Y así sucesivamente hasta llegar a una duración de 24 horas o un día.

**Paso N° 05:** una vez hallado la intensidad de lluvia para cada hora procedemos a calcular la precipitación en horas se muestran los valores en la columna J asi:

$$PP_{hrs} = I_{mm/hrs} * t_{hrs}$$

$$PP_{hrs} = 16.16 * 1 = 16.16 \text{ mm.}$$

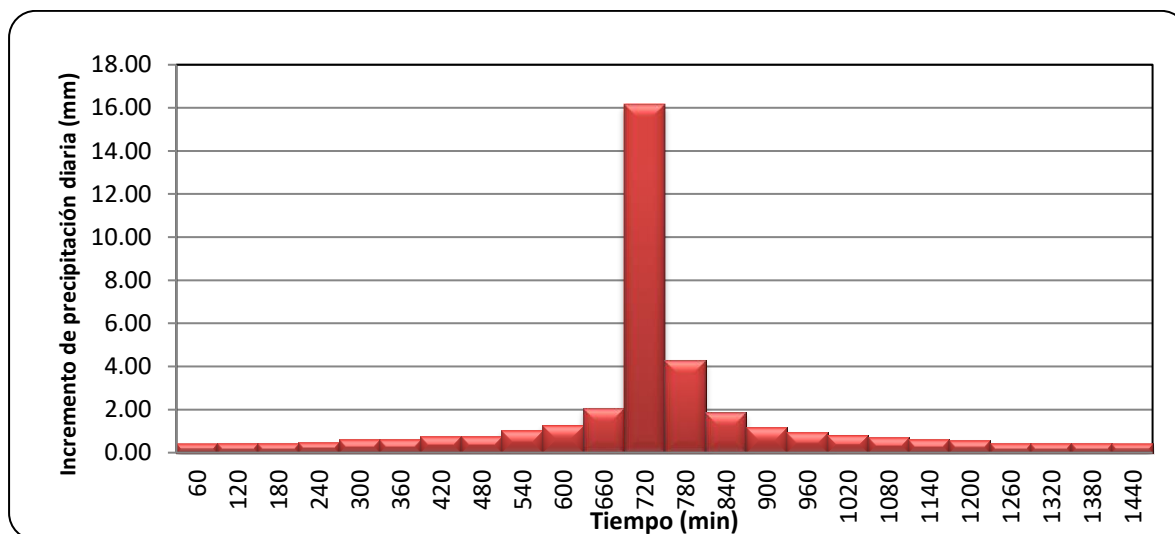
**CUADRO N° 32 Distribución SCS para la estación de Huancané T=2 años**

PP (T=2) = 37.86 mm						Generación de Curvas IDF			
Horas	Minutos	Factor de esc. Tipo. II	Altura de Pp. acumulada	Incremento de PP	Intensidad (mm/hr)	Orden de Hietograma	t (hrs)	I (mm/h)	PP(mm)
(A)	(B)	(C)	(D)=37.86*(C)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)
0	0	0	0.00	0.00	0.00				
1	60	0.011	0.42	0.42	0.42	23	1	16.2	16.2
2	120	0.023	0.87	0.45	0.45	21	2	10.2	20.4
3	180	0.035	1.32	0.45	0.45	19	3	7.5	22.5
4	240	0.048	1.82	0.49	0.49	17	4	6.1	24.4
5	300	0.064	2.42	0.61	0.61	15	5	5.1	25.7
6	360	0.080	3.03	0.61	0.61	13	6	4.5	26.8
7	420	0.100	3.79	0.76	0.76	11	7	4.0	27.9
8	480	0.120	4.54	0.76	0.76	9	8	3.6	28.8
9	540	0.147	5.56	1.02	1.02	7	9	3.3	29.6
10	600	0.181	6.85	1.29	1.29	5	10	3.0	30.4
11	660	0.236	8.93	2.08	2.08	3	11	2.8	31.2
12	720	0.663	25.10	16.16	16.16	1	12	2.7	31.9
13	780	0.776	29.38	4.28	4.28	2	13	2.5	32.5
14	840	0.825	31.23	1.85	1.85	4	14	2.4	33.1
15	900	0.856	32.41	1.17	1.17	6	15	2.2	33.7
16	960	0.881	33.35	0.95	0.95	8	16	2.1	34.3
17	1020	0.903	34.18	0.83	0.83	10	17	2.0	34.8
18	1080	0.922	34.90	0.72	0.72	12	18	2.0	35.2
19	1140	0.938	35.51	0.61	0.61	14	19	1.9	35.7
20	1200	0.953	36.08	0.57	0.57	16	20	1.8	36.1
21	1260	0.965	36.53	0.45	0.45	18	21	1.7	36.6
22	1320	0.977	36.99	0.45	0.45	20	22	1.7	37.0
23	1380	0.989	37.44	0.45	0.45	22	23	1.6	37.4
24	1440	1.000	37.86	0.42	0.42	24	24	1.6	37.9
				37.86					

Fuente: Elaboración Propia



FIGURA N° 27 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=2 años.



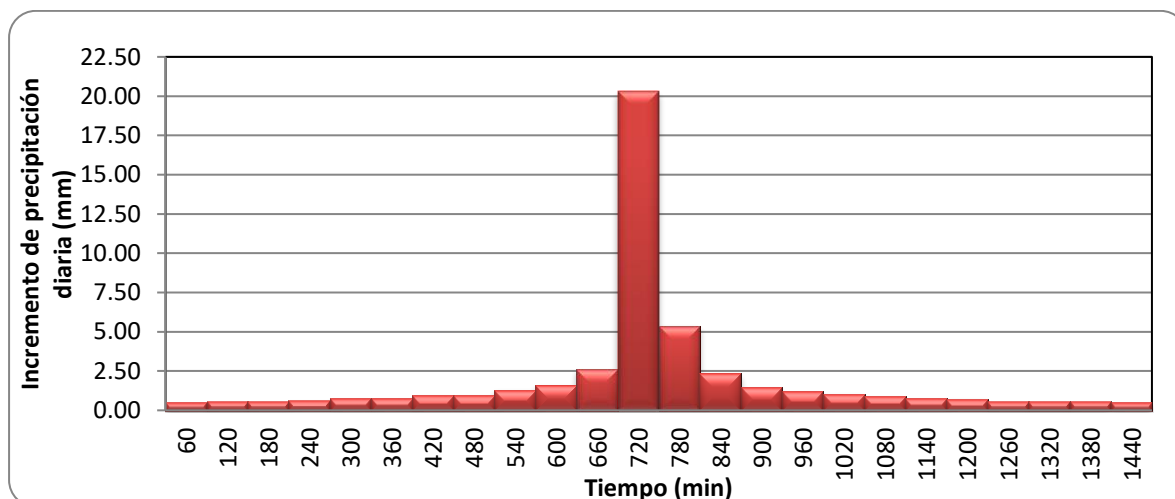
Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 33 Distribución SCS para la estación de Huancané T=5 años

PP (T=5) = 47.50 mm.						Generación de Curvas IDF			
Horas	Minutos	Factor de esc. Tipo. II	Altura de Pp. acumulada	Incremento de PP	Intensidad (mm/hr)	Orden de Hietograma	t (hrs)	I (mm/h)	PP(hrs)
0	0	0	0.00	0.00	0.00				
1	60	0.011	0.52	0.52	0.52	23	1	20.3	20.3
2	120	0.023	1.09	0.57	0.57	21	2	12.8	25.6
3	180	0.035	1.66	0.57	0.57	19	3	9.4	28.3
4	240	0.048	2.28	0.62	0.62	17	4	7.6	30.6
5	300	0.064	3.04	0.76	0.76	15	5	6.4	32.2
6	360	0.080	3.80	0.76	0.76	13	6	5.6	33.7
7	420	0.100	4.75	0.95	0.95	11	7	5.0	35.0
8	480	0.120	5.70	0.95	0.95	9	8	4.5	36.1
9	540	0.147	6.98	1.28	1.28	7	9	4.1	37.1
10	600	0.181	8.60	1.61	1.61	5	10	3.8	38.1
11	660	0.236	11.21	2.61	2.61	3	11	3.6	39.1
12	720	0.663	31.49	20.28	20.28	1	12	3.3	40.0
13	780	0.776	36.86	5.37	5.37	2	13	3.1	40.8
14	840	0.825	39.18	2.33	2.33	4	14	3.0	41.5
15	900	0.856	40.66	1.47	1.47	6	15	2.8	42.3
16	960	0.881	41.84	1.19	1.19	8	16	2.7	43.0
17	1020	0.903	42.89	1.04	1.04	10	17	2.6	43.6
18	1080	0.922	43.79	0.90	0.90	12	18	2.5	44.2
19	1140	0.938	44.55	0.76	0.76	14	19	2.4	44.7
20	1200	0.953	45.26	0.71	0.71	16	20	2.3	45.3
21	1260	0.965	45.83	0.57	0.57	18	21	2.2	45.9
22	1320	0.977	46.40	0.57	0.57	20	22	2.1	46.5
23	1380	0.989	46.97	0.57	0.57	22	23	2.0	47.0
24	1440	1.000	47.50	0.52	0.52	24	24	2.0	47.5
				47.50					

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 28 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=5 años.



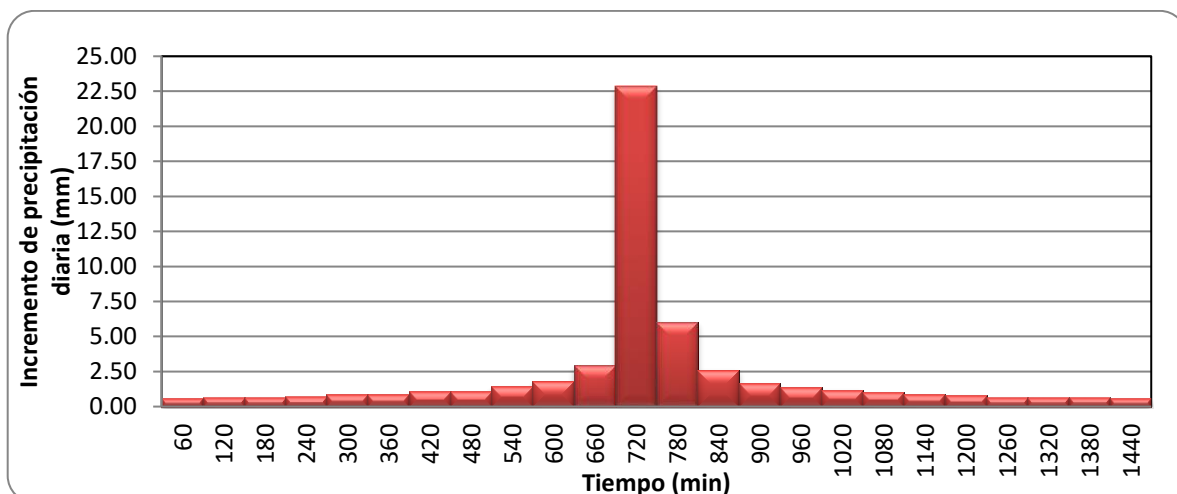
Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 34 Distribución SCS para la estación de Huancané T=10 años

PP (T=10) = 53.48						Generación de Curvas IDF			
Horas	Minutos	Factor de esc. Tipo. II	Altura de Pp. acumulada	Incremento de PP	Intensidad (mm/hr)	Orden de Hietograma	t (hrs)	I (mm/h)	PP(hrs)
0	0	0	0.00	0.00	0.00				
1	60	0.011	0.59	0.59	0.59	23	1	22.8	22.8
2	120	0.023	1.23	0.64	0.64	21	2	14.4	28.9
3	180	0.035	1.87	0.64	0.64	19	3	10.6	31.8
4	240	0.048	2.57	0.70	0.70	17	4	8.6	34.4
5	300	0.064	3.42	0.86	0.86	15	5	7.3	36.3
6	360	0.080	4.28	0.86	0.86	13	6	6.3	37.9
7	420	0.100	5.35	1.07	1.07	11	7	5.6	39.4
8	480	0.120	6.42	1.07	1.07	9	8	5.1	40.7
9	540	0.147	7.86	1.44	1.44	7	9	4.6	41.8
10	600	0.181	9.68	1.82	1.82	5	10	4.3	42.9
11	660	0.236	12.62	2.94	2.94	3	11	4.0	44.0
12	720	0.663	35.46	22.84	22.84	1	12	3.8	45.0
13	780	0.776	41.50	6.04	6.04	2	13	3.5	45.9
14	840	0.825	44.12	2.62	2.62	4	14	3.3	46.7
15	900	0.856	45.78	1.66	1.66	6	15	3.2	47.6
16	960	0.881	47.12	1.34	1.34	8	16	3.0	48.4
17	1020	0.903	48.29	1.18	1.18	10	17	2.9	49.1
18	1080	0.922	49.31	1.02	1.02	12	18	2.8	49.7
19	1140	0.938	50.17	0.86	0.86	14	19	2.7	50.4
20	1200	0.953	50.97	0.80	0.80	16	20	2.6	51.0
21	1260	0.965	51.61	0.64	0.64	18	21	2.5	51.7
22	1320	0.977	52.25	0.64	0.64	20	22	2.4	52.3
23	1380	0.989	52.89	0.64	0.64	22	23	2.3	52.9
24	1440	1.000	53.48	0.59	0.59	24	24	2.2	53.5
				53.48					

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 29 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=10 años.



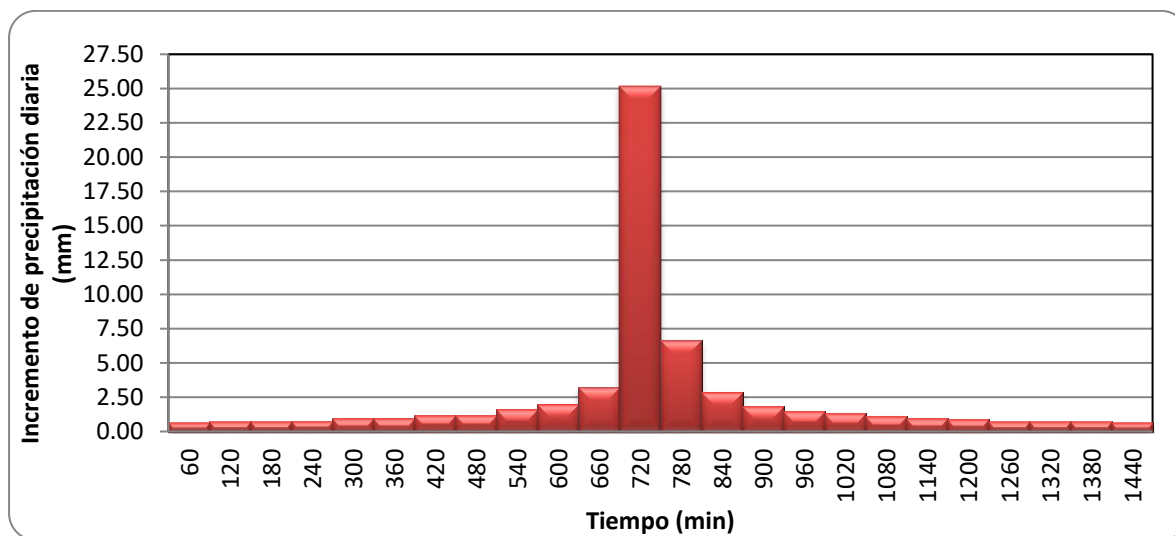
Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 35 Distribución SCS para la estación de Huancané T=20 años

PP (T=20)= 58.99 mm.						Generación de Curvas IDF			
Horas	Minutos	Factor de esc. Tipo. II	Altura de Pp. acumulada	Incremento de PP	Intensidad (mm/hr)	Orden de Hietograma	t (hrs)	I (mm/h)	PP(hrs)
0	0	0	0.00	0.00	0.00				
1	60	0.011	0.65	0.65	0.65	23	1	25.2	25.2
2	120	0.023	1.36	0.71	0.71	21	2	15.9	31.9
3	180	0.035	2.06	0.71	0.71	19	3	11.7	35.1
4	240	0.048	2.83	0.77	0.77	17	4	9.5	38.0
5	300	0.064	3.78	0.94	0.94	15	5	8.0	40.0
6	360	0.080	4.72	0.94	0.94	13	6	7.0	41.8
7	420	0.100	5.90	1.18	1.18	11	7	6.2	43.4
8	480	0.120	7.08	1.18	1.18	9	8	5.6	44.9
9	540	0.147	8.67	1.59	1.59	7	9	5.1	46.1
10	600	0.181	10.68	2.01	2.01	5	10	4.7	47.4
11	660	0.236	13.92	3.24	3.24	3	11	4.4	48.5
12	720	0.663	39.11	25.19	25.19	1	12	4.1	49.7
13	780	0.776	45.77	6.67	6.67	2	13	3.9	50.6
14	840	0.825	48.67	2.89	2.89	4	14	3.7	51.6
15	900	0.856	50.49	1.83	1.83	6	15	3.5	52.5
16	960	0.881	51.97	1.47	1.47	8	16	3.3	53.4
17	1020	0.903	53.27	1.30	1.30	10	17	3.2	54.2
18	1080	0.922	54.39	1.12	1.12	12	18	3.0	54.9
19	1140	0.938	55.33	0.94	0.94	14	19	2.9	55.6
20	1200	0.953	56.22	0.88	0.88	16	20	2.8	56.3
21	1260	0.965	56.92	0.71	0.71	18	21	2.7	57.0
22	1320	0.977	57.63	0.71	0.71	20	22	2.6	57.7
23	1380	0.989	58.34	0.71	0.71	22	23	2.5	58.3
24	1440	1.000	58.99	0.65	0.65	24	24	2.5	59.0
				58.99					

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 30 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=20 años.



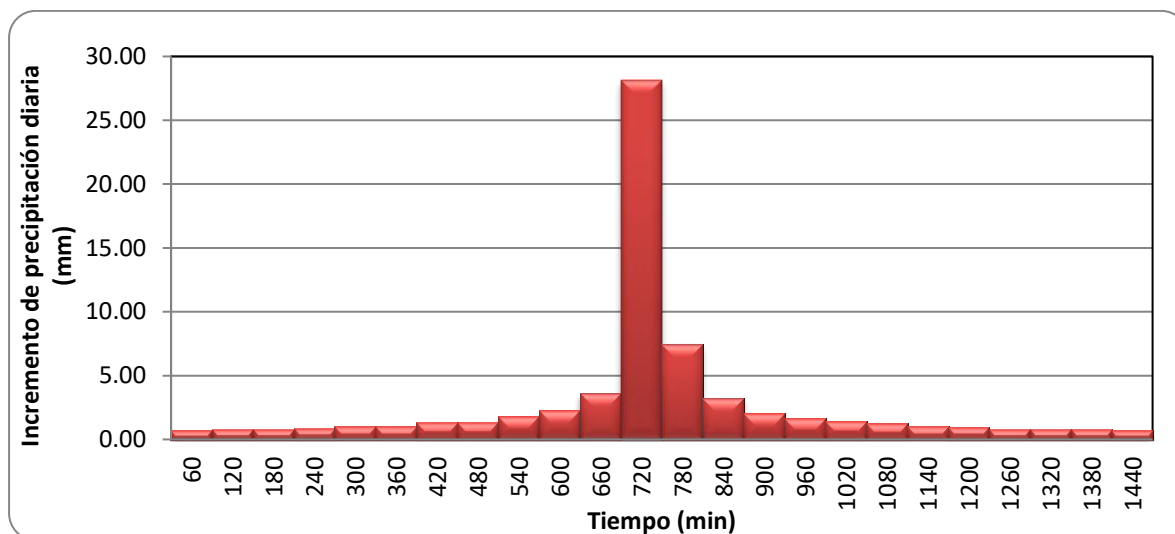
Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 36 Distribución SCS para la estación de Huancané T=50 años

PP (T=50) = 65.86 mm.						Generación de Curvas IDF			
Horas	Minutos	Factor de esc. Tipo. II	Altura de Pp. acumulada	Incremento de PP	Intensidad (mm/hr)	Orden de Hietograma	t (hrs)	I (mm/h)	PP(hrs)
0	0	0	0.00	0.00	0.00				
1	60	0.011	0.72	0.72	0.72	23	1	28.1	28.1
2	120	0.023	1.51	0.79	0.79	21	2	17.8	35.6
3	180	0.035	2.31	0.79	0.79	19	3	13.1	39.2
4	240	0.048	3.16	0.86	0.86	17	4	10.6	42.4
5	300	0.064	4.22	1.05	1.05	15	5	8.9	44.7
6	360	0.080	5.27	1.05	1.05	13	6	7.8	46.7
7	420	0.100	6.59	1.32	1.32	11	7	6.9	48.5
8	480	0.120	7.90	1.32	1.32	9	8	6.3	50.1
9	540	0.147	9.68	1.78	1.78	7	9	5.7	51.4
10	600	0.181	11.92	2.24	2.24	5	10	5.3	52.9
11	660	0.236	15.54	3.62	3.62	3	11	4.9	54.2
12	720	0.663	43.67	28.12	28.12	1	12	4.6	55.5
13	780	0.776	51.11	7.44	7.44	2	13	4.3	56.5
14	840	0.825	54.34	3.23	3.23	4	14	4.1	57.6
15	900	0.856	56.38	2.04	2.04	6	15	3.9	58.6
16	960	0.881	58.03	1.65	1.65	8	16	3.7	59.6
17	1020	0.903	59.48	1.45	1.45	10	17	3.6	60.5
18	1080	0.922	60.73	1.25	1.25	12	18	3.4	61.3
19	1140	0.938	61.78	1.05	1.05	14	19	3.3	62.0
20	1200	0.953	62.77	0.99	0.99	16	20	3.1	62.8
21	1260	0.965	63.56	0.79	0.79	18	21	3.0	63.6
22	1320	0.977	64.35	0.79	0.79	20	22	2.9	64.4
23	1380	0.989	65.14	0.79	0.79	22	23	2.8	65.1
24	1440	1.000	65.86	0.72	0.72	24	24	2.7	65.9
				65.86					

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 31 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=50 años.



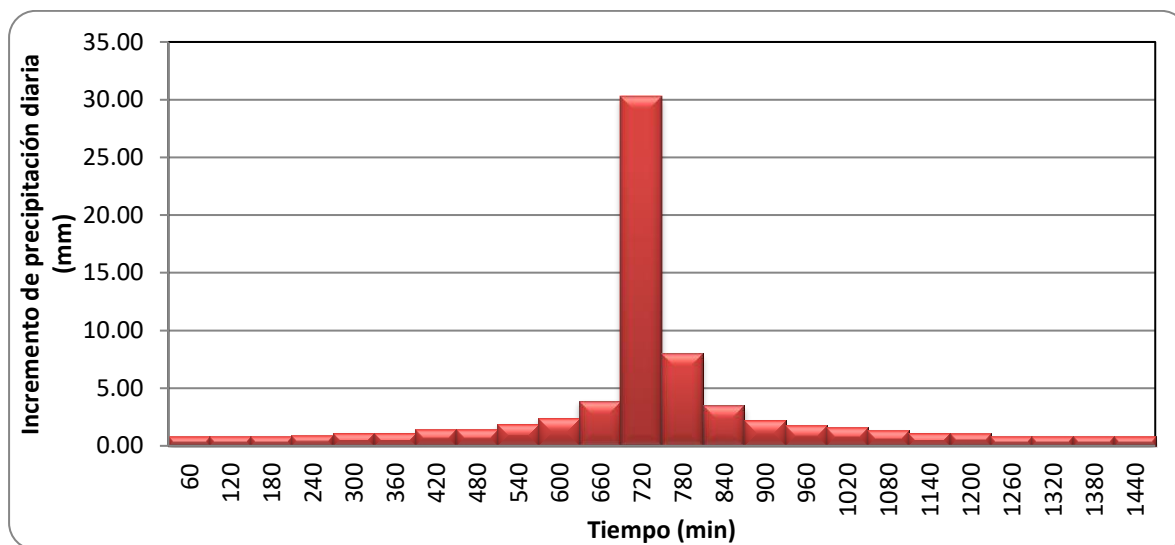
Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 37 Distribución SCS para la estación de Huancané T=100 años

PP (T=100)= 70.89 mm.						Generación de Curvas IDF			
Horas	Minutos	Factor de esc. Tipo. II	Altura de Pp. acumulada	Incremento de PP	Intensidad (mm/hr)	Orden de Hietograma	t (hrs)	I (mm/h)	PP(hrs)
0	0	0	0.00	0.00	0.00				
1	60	0.011	0.78	0.78	0.78	23	1	30.3	30.3
2	120	0.023	1.63	0.85	0.85	21	2	19.1	38.3
3	180	0.035	2.48	0.85	0.85	19	3	14.1	42.2
4	240	0.048	3.40	0.92	0.92	17	4	11.4	45.7
5	300	0.064	4.54	1.13	1.13	15	5	9.6	48.1
6	360	0.080	5.67	1.13	1.13	13	6	8.4	50.3
7	420	0.100	7.09	1.42	1.42	11	7	7.5	52.2
8	480	0.120	8.51	1.42	1.42	9	8	6.7	53.9
9	540	0.147	10.42	1.91	1.91	7	9	6.2	55.4
10	600	0.181	12.83	2.41	2.41	5	10	5.7	56.9
11	660	0.236	16.73	3.90	3.90	3	11	5.3	58.3
12	720	0.663	47.00	30.27	30.27	1	12	5.0	59.7
13	780	0.776	55.01	8.01	8.01	2	13	4.7	60.8
14	840	0.825	58.48	3.47	3.47	4	14	4.4	62.0
15	900	0.856	60.68	2.20	2.20	6	15	4.2	63.1
16	960	0.881	62.45	1.77	1.77	8	16	4.0	64.2
17	1020	0.903	64.01	1.56	1.56	10	17	3.8	65.1
18	1080	0.922	65.36	1.35	1.35	12	18	3.7	65.9
19	1140	0.938	66.49	1.13	1.13	14	19	3.5	66.8
20	1200	0.953	67.56	1.06	1.06	16	20	3.4	67.6
21	1260	0.965	68.41	0.85	0.85	18	21	3.3	68.5
22	1320	0.977	69.26	0.85	0.85	20	22	3.2	69.3
23	1380	0.989	70.11	0.85	0.85	22	23	3.0	70.1
24	1440	1.000	70.89	0.78	0.78	24	24	3.0	70.9
				70.89					

Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA N° 32 Hietograma Tipo II Distribución SCS est. Huancané T=100 años.**



Fuente: Elaboración Propia

### 5.7.2 Curvas IDF en base a intensidades de lluvia según perfiles de distribución SCS

Una vez generada las intensidades de lluvia según los hietogramas del método SCS se procede a graficar las curvas de intensidad para los diferentes periodos de retorno que van desde T=2 hasta T=100, para nuestro estudio. Y duraciones que van de 1 hora hasta 24 horas.

Para la generación de curvas IDF se toman las intensidades calculadas por el método SCS de estados unidos, las cuales se muestran en las columnas J de los cuadros n° 32, 33, 34, 35, 36 y 37.

En el eje de las abscisas se encuentra la duración en horas, en el eje de las ordenadas se encuentra la intensidad de milímetros por hora, y cada curva representa a datos agrupados con un mismo periodo de retorno.

**CUADRO N° 38 Datos de precipitación -Duración - Frecuencia (P-D-F) mm. 1-24 horas est. Huancané**

T	PP24hr.	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN HORAS																							
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24									
2	37.86	16.16	20.44	22.52	24.38	25.67	26.84	28.81	30.40	31.88	33.09	34.26	35.21	36.12	37.02	37.86									
5	47.50	20.28	25.65	28.26	30.59	32.20	33.67	36.14	38.14	39.99	41.51	42.98	44.17	45.31	46.45	47.50									
10	53.48	22.84	28.88	31.82	34.44	36.26	37.92	40.70	42.95	45.03	46.74	48.40	49.74	51.02	52.31	53.48									
20	58.99	25.19	31.85	35.10	37.99	39.99	41.82	44.89	47.37	49.67	51.56	53.38	54.86	56.27	57.69	58.99									
50	65.86	28.12	35.57	39.19	42.42	44.66	46.70	50.12	52.89	55.46	57.57	59.61	61.25	62.83	64.42	65.86									
100	70.89	30.27	38.28	42.18	45.65	48.06	50.26	53.94	56.92	59.69	61.95	64.15	65.92	67.63	69.33	70.89									

Fuente: Elaboración Propia

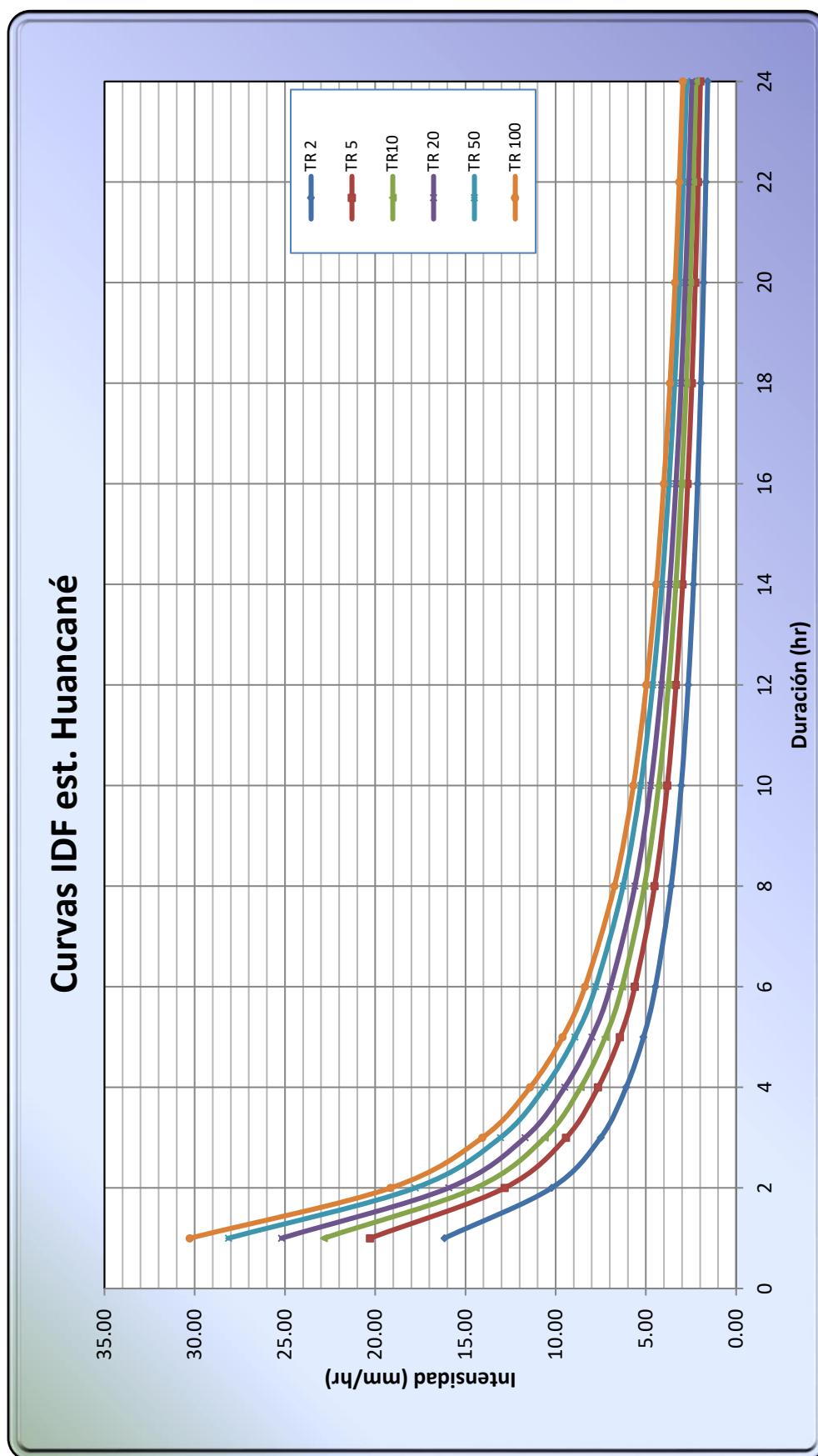
**CUADRO N° 39 Datos de Intensidad -Duración - Frecuencia (I-D-F) (mm/hr.) 1-24 horas est. Huancané**

T	I	DURACIÓN DE INTENSIDAD EN HORAS																							
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24									
2	16.16	10.22	7.51	6.09	5.13	4.47	3.60	3.04	2.66	2.36	2.14	1.96	1.81	1.68	1.58										
5	20.28	12.82	9.42	7.65	6.44	5.61	4.52	3.81	3.33	2.97	2.69	2.45	2.27	2.11	1.98										
10	22.84	14.44	10.61	8.61	7.25	6.32	5.09	4.29	3.75	3.34	3.03	2.76	2.55	2.38	2.23										
20	25.19	15.93	11.70	9.50	8.00	6.97	5.61	4.74	4.14	3.68	3.34	3.05	2.81	2.62	2.46										
50	28.12	17.78	13.06	10.60	8.93	7.78	6.27	5.29	4.62	4.11	3.73	3.40	3.14	2.93	2.74										
100	30.27	19.14	14.06	11.41	9.61	8.38	6.74	5.69	4.97	4.43	4.01	3.66	3.38	3.15	2.95										

Fuente: Elaboración Propia

Para ver las curvas de intensidad, duración y frecuencia, Ver figura N° 33

FIGURA N° 33 Curvas IDF estación Huancané



Fuente: Elaboración Propia



**Cuadro N° 40 Datos de precipitación -Duración - Frecuencia (P-D-F) mm. 1-24 horas est. Huaraya - Moho**

T	PP24hr.	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN HORAS																							
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24									
2	42.49	18.14	22.94	25.28	27.36	28.81	30.12	32.33	34.12	35.78	37.14	38.45	39.52	40.53	41.55	42.49									
5	51.90	22.16	28.02	30.88	33.42	35.19	36.79	39.49	41.67	43.70	45.36	46.97	48.26	49.51	50.75	51.90									
10	57.62	24.60	31.12	34.28	37.11	39.07	40.85	43.85	46.27	48.52	50.36	52.15	53.59	54.97	56.35	57.62									
20	62.82	26.82	33.92	37.38	40.46	42.59	44.54	47.81	50.44	52.89	54.91	56.85	58.42	59.93	61.44	62.82									
50	69.23	29.56	37.39	41.19	44.59	46.94	49.09	52.69	55.59	58.29	60.51	62.66	64.39	66.05	67.71	69.23									
100	73.87	31.54	39.89	43.95	47.57	50.08	52.37	56.21	59.32	62.20	64.56	66.85	68.70	70.47	72.24	73.87									

Fuente: Elaboración Propia

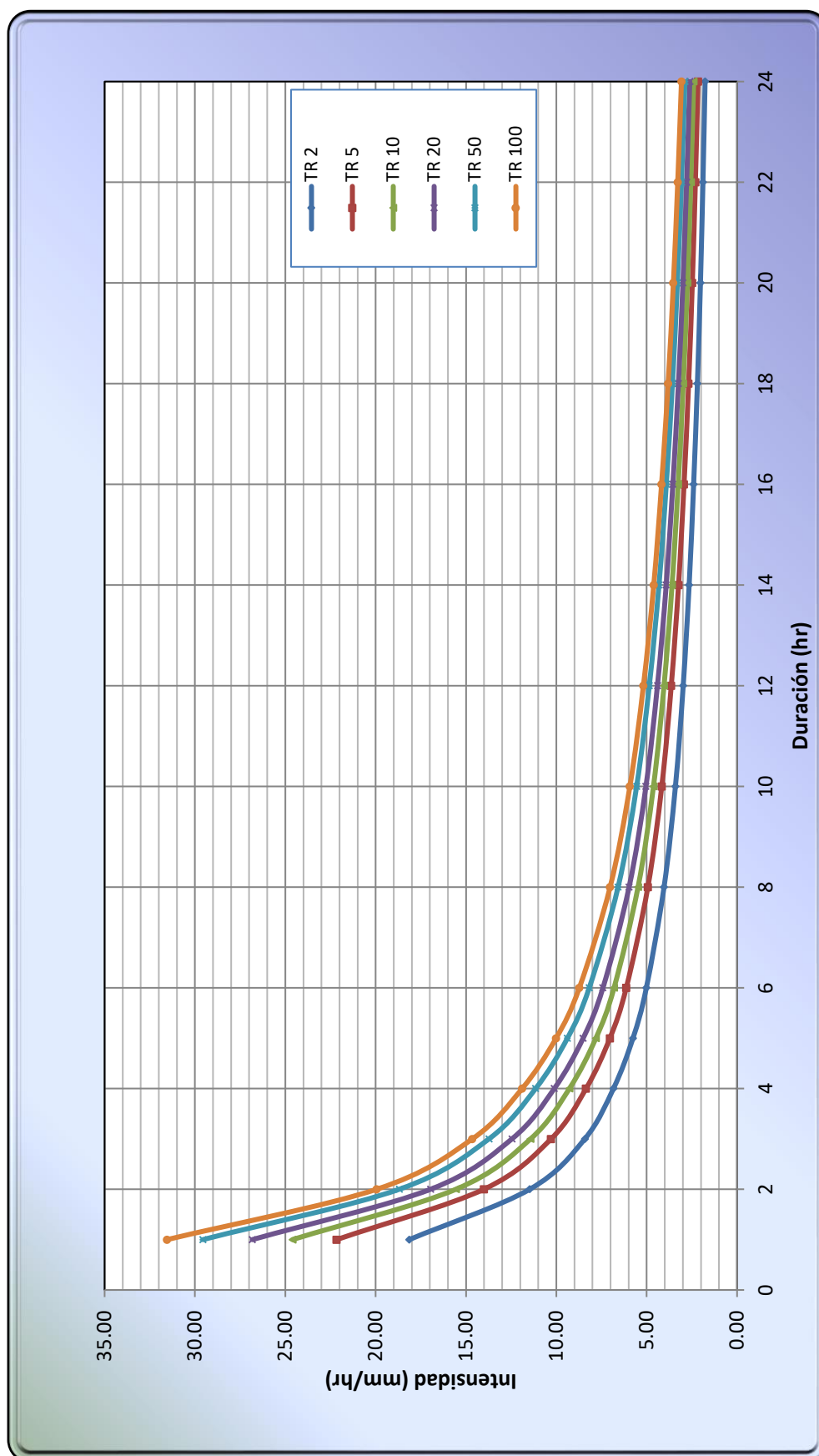
**CUADRO N° 41 Datos de Intensidad -Duración - Frecuencia (I-D-F) (mm/hr.) 1-24 horas est. Huaraya - Moho**

T	I	DURACIÓN DE INTENSIDAD EN HORAS																							
		2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24										
2	18.14	11.47	8.43	6.84	5.76	5.02	4.04	3.41	2.98	2.65	2.40	2.20	2.03	1.89	1.77										
5	22.16	14.01	10.29	8.36	7.04	6.13	4.94	4.17	3.64	3.24	2.94	2.68	2.48	2.31	2.16										
10	24.60	15.56	11.43	9.28	7.81	6.81	5.48	4.63	4.04	3.60	3.26	2.98	2.75	2.56	2.40										
20	26.82	16.96	12.46	10.11	8.52	7.42	5.98	5.04	4.41	3.92	3.55	3.25	3.00	2.79	2.62										
50	29.56	18.69	13.73	11.15	9.39	8.18	6.59	5.56	4.86	4.32	3.92	3.58	3.30	3.08	2.88										
100	31.54	19.94	14.65	11.89	10.02	8.73	7.03	5.93	5.18	4.61	4.18	3.82	3.52	3.28	3.08										

Fuente: Elaboración Propia

Para ver las curvas de intensidad, duración y frecuencia, Ver figura N° 34

FIGURA N° 34 Curvas IDF estación Huaraya - Mocho



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N° 42 Datos de precipitación -Duración - Frecuencia (P-D-F) mm. 1-24 horas est. Putina**

T	PP24hr.	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN HORAS																							
		1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24									
2	32.11	13.71	17.34	19.11	20.68	21.77	22.77	24.44	25.78	27.04	28.06	29.06	29.86	30.63	31.40	32.11									
5	39.46	16.85	21.31	23.48	25.41	26.75	27.98	30.03	31.68	33.22	34.49	35.71	36.70	37.64	38.59	39.46									
10	43.95	18.77	23.73	26.15	28.30	29.80	31.16	33.45	35.29	37.01	38.41	39.77	40.87	41.93	42.98	43.95									
20	48.04	20.51	25.94	28.58	30.94	32.57	34.06	36.56	38.58	40.45	41.99	43.48	44.68	45.83	46.98	48.04									
50	53.10	22.67	28.67	31.60	34.20	36.00	37.65	40.41	42.64	44.71	46.41	48.06	49.38	50.66	51.93	53.10									
100	56.77	24.24	30.65	33.78	36.56	38.49	40.25	43.20	45.58	47.80	49.61	51.37	52.79	54.16	55.52	56.77									

Fuente: Elaboración Propia

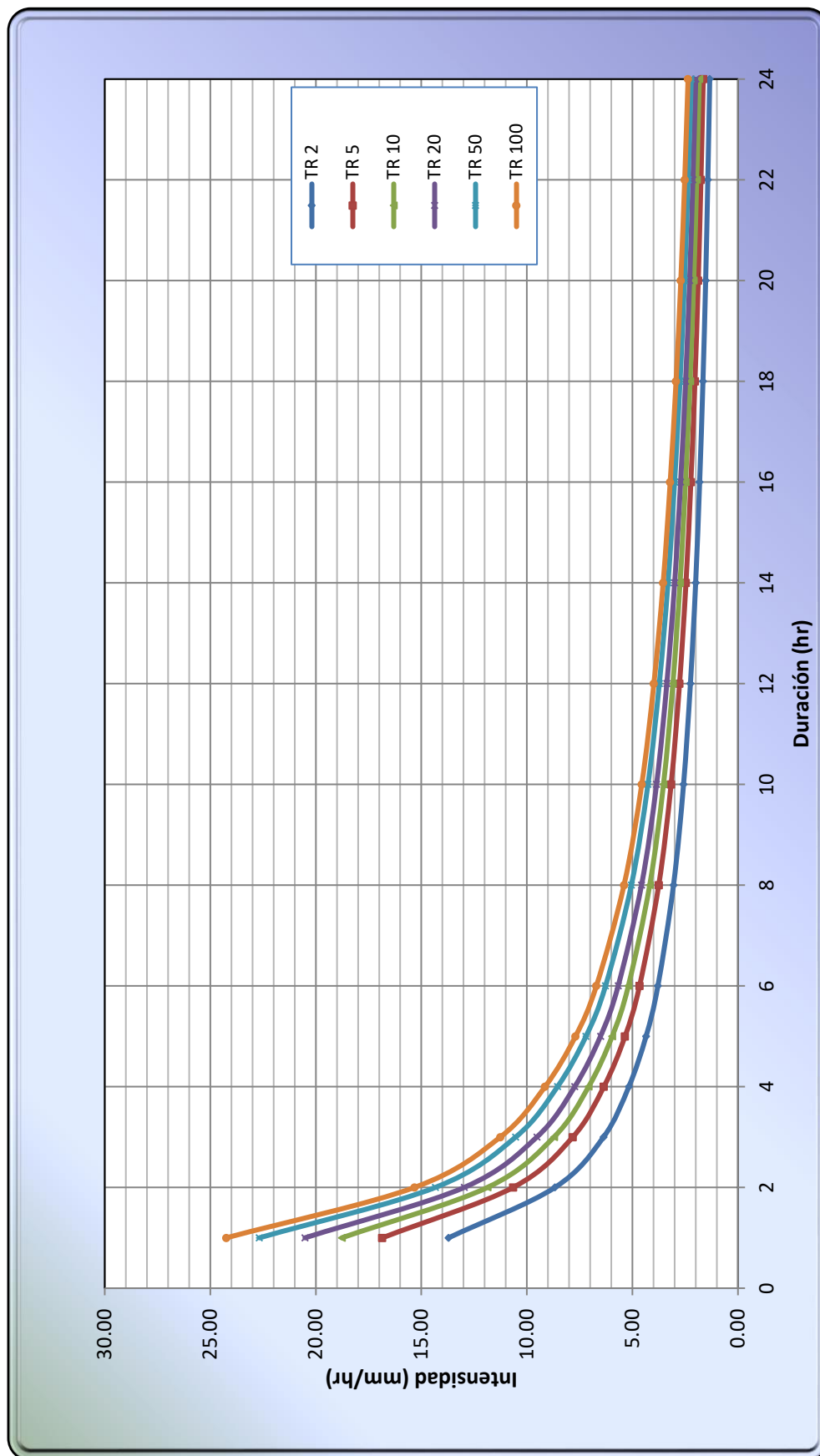
**CUADRO N° 43 Datos de Intensidad -Duración - Frecuencia (I-D-F) (mm/hr.) 1-24 horas est. Putina**

T	I	DURACIÓN DE INTENSIDAD EN HORAS																							
		2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24										
2	13.71	8.67	6.37	5.17	4.35	3.79	3.05	2.58	2.25	2.00	1.82	1.66	1.53	1.43	1.34										
5	16.85	10.65	7.83	6.35	5.35	4.66	3.75	3.17	2.77	2.46	2.23	2.04	1.88	1.75	1.64										
10	18.77	11.87	8.72	7.08	5.96	5.19	4.18	3.53	3.08	2.74	2.49	2.27	2.10	1.95	1.83										
20	20.51	12.97	9.53	7.73	6.51	5.68	4.57	3.86	3.37	3.00	2.72	2.48	2.29	2.14	2.00										
50	22.67	14.34	10.53	8.55	7.20	6.27	5.05	4.26	3.73	3.32	3.00	2.74	2.53	2.36	2.21										
100	24.24	15.33	11.26	9.14	7.70	6.71	5.40	4.56	3.98	3.54	3.21	2.93	2.71	2.52	2.37										

Fuente: Elaboración Propia

Para ver las curvas de intensidad, duración y frecuencia, Ver figura N° 35

FIGURA N° 35 curvas IDF estación Putina



Fuente: Elaboración Propia

### 5.7.3 Distribución según Dyck y Peschke

Para calcular la distribución de intensidad de lluvia, con duraciones menores a una hora se aplicó la ecuación n° (3.16) de Dyck y Peschke:

$$P_D = P_{24h} \left[ \frac{D}{1440} \right]^{0.25}$$

Donde:

$P_D$  = Precipitación máxima de duración  $5 < D < 1440$  min.

$P_{24h}$  = Precipitación máxima diaria

Como ejemplo se desarrollará la distribución de precipitaciones para un periodo de retorno de  $T=2$  años:

Para,  $P_{24h} = 37.86 \text{ mm}$ .

Para  $D=5$  min.

$$P_5 = 37.86 \left[ \frac{5}{1440} \right]^{0.25} = 9.19 \text{ mm}.$$

Para  $D=10$  min.

$$P_{10} = 37.86 \left[ \frac{10}{1440} \right]^{0.25} = 10.93 \text{ mm}.$$

Para  $D=20$  min.

$$P_{20} = 37.86 \left[ \frac{20}{1440} \right]^{0.25} = 13.00 \text{ mm}.$$

De la misma forma, se calculará para las demás duraciones hasta los 60 min para nuestro caso, y para los diferentes periodos de retorno. (ver resultados en el cuadro n° 44)

Para calcular la intensidad de lluvia se tiene la ecuación:

$$I = \frac{P}{D}$$

**NOTA:** Las duraciones se deben de expresar en horas y la precipitación en mm.

Entonces para una duración de 5 min y  $P_{5 \text{ min}} = 9.19 \text{ mm}$ . (ver tabla n° 45)

$$I = \frac{9.19}{\left(\frac{5}{60}\right)} = 110.27 \text{ mm/hr}$$

Para una duración de 10 min y  $P_{10 \text{ min}} = 10.93 \text{ mm}$ . (ver tabla n° 45)

$$I = \frac{10.93}{\left(\frac{10}{60}\right)} = 110.27 \text{ mm/hr}$$

Para una duración de 15 min y  $P_{15 \text{ min}} = 12.09 \text{ mm}$ . (ver tabla n° 45)

$$I = \frac{12.09}{\left(\frac{15}{60}\right)} = 48.38 \text{ mm/hr}$$

Para una duración de 50 min y  $P_{50 \text{ min}} = 16.34 \text{ mm}$ . (ver tabla n° 45)

$$I = \frac{16.34}{\left(\frac{50}{60}\right)} = 19.61 \text{ mm/hr}$$

Para una duración de 55 min y  $P_{55 \text{ min}} = 16.74 \text{ mm}$ . (ver tabla n° 45)

$$I = \frac{16.74}{\left(\frac{55}{60}\right)} = 18.26 \text{ mm/hr}$$

Para una duración de 60 min y  $P_{60 \text{ min}} = 17.10 \text{ mm}$ . (ver tabla n° 45)

$$I = \frac{17.10}{\left(\frac{60}{60}\right)} = 17.10 \text{ mm/hr}$$

De la misma forma se completan las intensidades de lluvia para cada una de las duraciones y periodos de retorno o frecuencias, de las estaciones de Huaraya – Moho y Putina, ver cuadros n° 46, 47, 48, 49, en los cuadros 46 y 48 se muestran las precipitaciones para diferentes duraciones y en los cuadros 47 y 49 se muestran las intensidades de lluvia para diferentes duraciones.

**CUADRO N° 44 Datos de precipitación - duración - frecuencia (P-D-F) mm. 5-60 min. est. Huancané**

T	PP 24 hr.	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN MIN											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	37.86	9.19	10.93	12.09	13.00	13.74	14.38	14.95	15.45	15.92	16.34	16.74	17.10
5	47.50	11.53	13.71	15.17	16.31	17.24	18.04	18.75	19.39	19.97	20.50	21.00	21.46
10	53.48	12.98	15.44	17.09	18.36	19.41	20.32	21.12	21.83	22.49	23.09	23.64	24.16
20	58.99	14.32	17.03	18.85	20.25	21.41	22.41	23.29	24.08	24.80	25.46	26.08	26.65
50	65.86	15.99	19.01	21.04	22.61	23.91	25.02	26.01	26.89	27.69	28.43	29.12	29.76
100	70.89	17.21	20.46	22.65	24.34	25.73	26.93	27.99	28.94	29.80	30.60	31.34	32.03

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 45 Datos de intensidad - duración - frecuencia (I-D-F) mm. 5-60 min. est. Huancané**

T	I	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN MIN											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	110.27	65.57	48.38	38.99	32.98	28.76	25.62	23.18	21.22	19.61	18.26	17.10	
5	138.35	82.27	60.69	48.92	41.38	36.09	32.15	29.09	26.63	24.60	22.91	21.46	
10	155.79	92.63	68.34	55.08	46.59	40.64	36.20	32.75	29.98	27.70	25.79	24.16	
20	171.83	102.17	75.38	60.75	51.39	44.82	39.93	36.12	33.07	30.56	28.45	26.65	
50	191.86	114.08	84.17	67.83	57.38	50.05	44.58	40.33	36.92	34.12	31.76	29.76	
100	206.49	122.78	90.59	73.01	61.75	53.86	47.98	43.41	39.74	36.72	34.19	32.03	

Fuente: Elaboración Propia

Las curvas de intensidad, duración y frecuencia se muestran en la figura N° 36

**CUADRO N° 46 Datos de precipitación - duración - frecuencia (P-D-F) mm. 5-60 min. est. Huaraya-Moho.**

T	PP 24 hr.	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN MIN											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	42.49	10.31	12.27	13.57	14.59	15.42	16.14	16.78	17.35	17.86	18.34	18.78	19.20
5	51.90	12.60	14.98	16.58	17.82	18.84	19.72	20.49	21.19	21.82	22.40	22.94	23.45
10	57.62	13.99	16.63	18.41	19.78	20.92	21.89	22.75	23.52	24.23	24.87	25.47	26.03
20	62.82	15.25	18.13	20.07	21.57	22.80	23.87	24.80	25.65	26.41	27.12	27.77	28.38
50	69.23	16.81	19.99	22.12	23.77	25.13	26.30	27.34	28.26	29.11	29.89	30.61	31.28
100	73.87	17.93	20.46	22.65	24.34	25.73	26.93	27.99	28.94	29.80	30.60	31.34	32.03

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO N° 47 Datos de intensidad - duración - frecuencia (I-D-F) mm. 5-60 min. est. Huaraya - Moho**

T	5	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN MIN											
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
2	123.77	73.59	54.30	43.76	37.02	32.28	28.76	26.02	23.82	22.01	20.49	19.20	
5	151.17	89.89	66.32	53.45	45.21	39.43	35.13	31.78	29.09	26.88	25.03	23.45	
10	167.85	99.80	73.63	59.34	50.20	43.78	39.00	35.29	32.30	29.85	27.79	26.03	
20	182.99	108.81	80.28	64.70	54.73	47.73	42.52	38.47	35.22	32.54	30.30	28.38	
50	201.67	119.92	88.47	71.30	60.31	52.61	46.86	42.40	38.81	35.86	33.39	31.28	
100	215.17	122.78	90.59	73.01	61.75	53.86	47.98	43.41	39.74	36.72	34.19	32.03	

Fuente: Elaboración Propia

Las curvas de intensidad, duración y frecuencia se muestran en la figura N° 37



**CUADRO N° 48 Datos de precipitación - duración - frecuencia (P-D-F) mm. 5-60 min. est. Putina**

T	PP 24 hr.	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN MIN											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	32.11	7.79	9.27	10.26	11.02	11.66	12.20	12.68	13.11	13.50	13.86	14.20	14.51
5	39.46	9.58	11.39	12.61	13.55	14.32	14.99	15.58	16.11	16.59	17.03	17.44	17.83
10	43.95	10.67	12.69	14.04	15.09	15.95	16.70	17.35	17.94	18.48	18.97	19.43	19.86
20	48.04	11.66	13.87	15.35	16.49	17.44	18.25	18.97	19.61	20.20	20.74	21.24	21.70
50	53.10	12.89	15.33	16.96	18.23	19.28	20.17	20.97	21.68	22.33	22.92	23.47	23.99
100	56.77	13.78	16.39	18.14	19.49	20.61	21.57	22.41	23.18	23.87	24.50	25.10	25.65

Fuente: Elaboración Propia

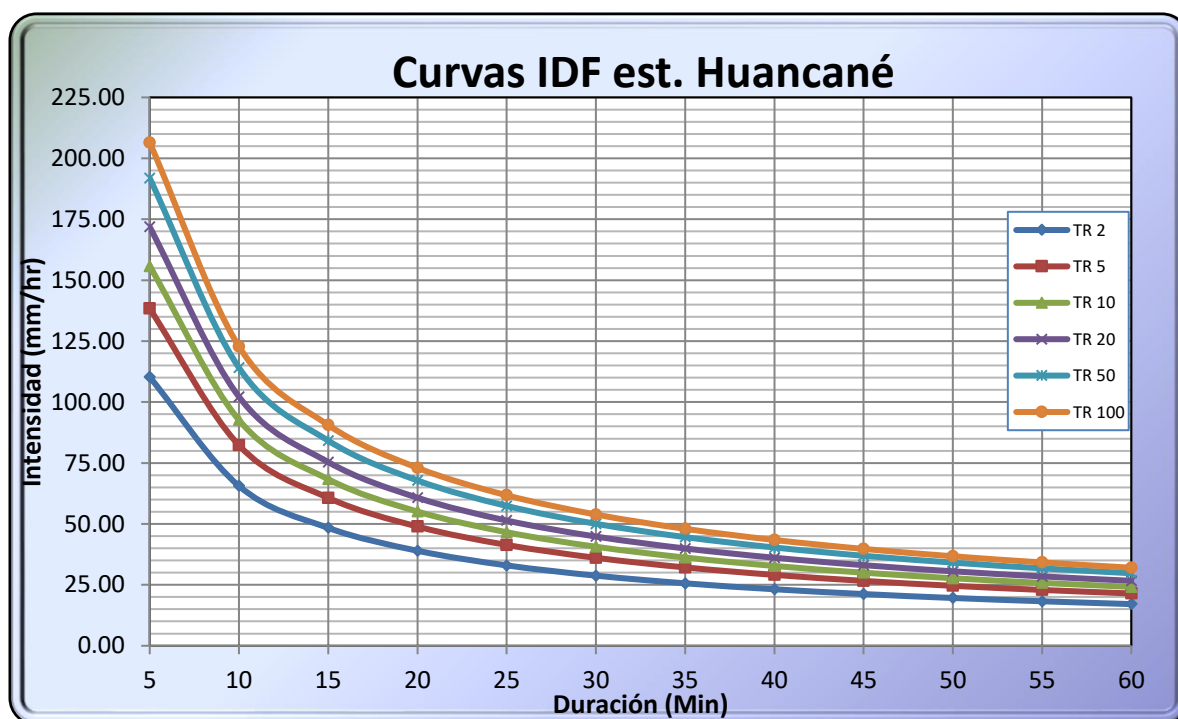
**CUADRO N° 49 Datos de intensidad - duración - frecuencia (I-D-F) mm. 5-60 min. est. Putina**

T	5	DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN EN MIN											
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
2	93.54	55.62	41.03	33.07	27.97	24.40	21.73	19.66	18.00	16.63	15.49	14.51	
5	114.94	68.34	50.42	40.64	34.37	29.98	26.71	24.16	22.12	20.44	19.03	17.83	
10	128.02	76.12	56.16	45.26	38.29	33.39	29.75	26.91	24.64	22.77	21.20	19.86	
20	139.94	83.21	61.39	49.48	41.85	36.50	32.52	29.42	26.93	24.89	23.17	21.70	
50	154.68	91.97	67.86	54.69	46.26	40.35	35.94	32.52	29.77	27.51	25.61	23.99	
100	165.36	98.32	72.54	58.46	49.45	43.13	38.42	34.76	31.82	29.41	27.38	25.65	

Fuente: Elaboración Propia

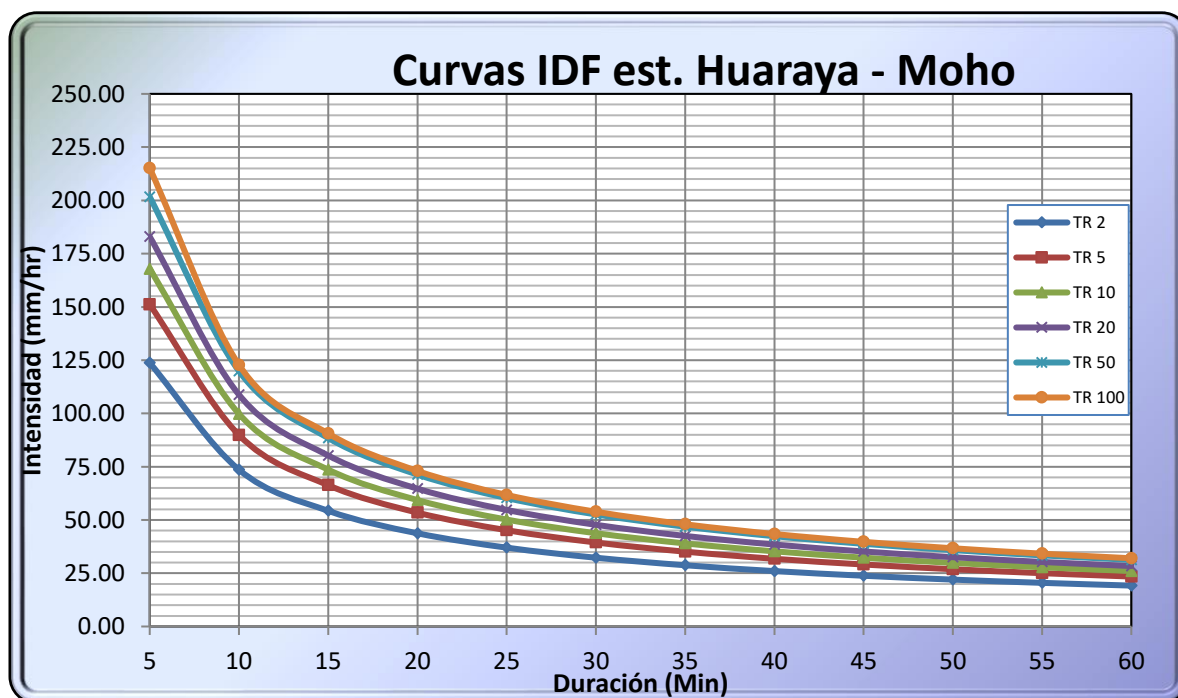
Las curvas de intensidad, duración y frecuencia se muestran en la figura N° 38.

FIGURA N° 36 curvas IDF estación Huancané



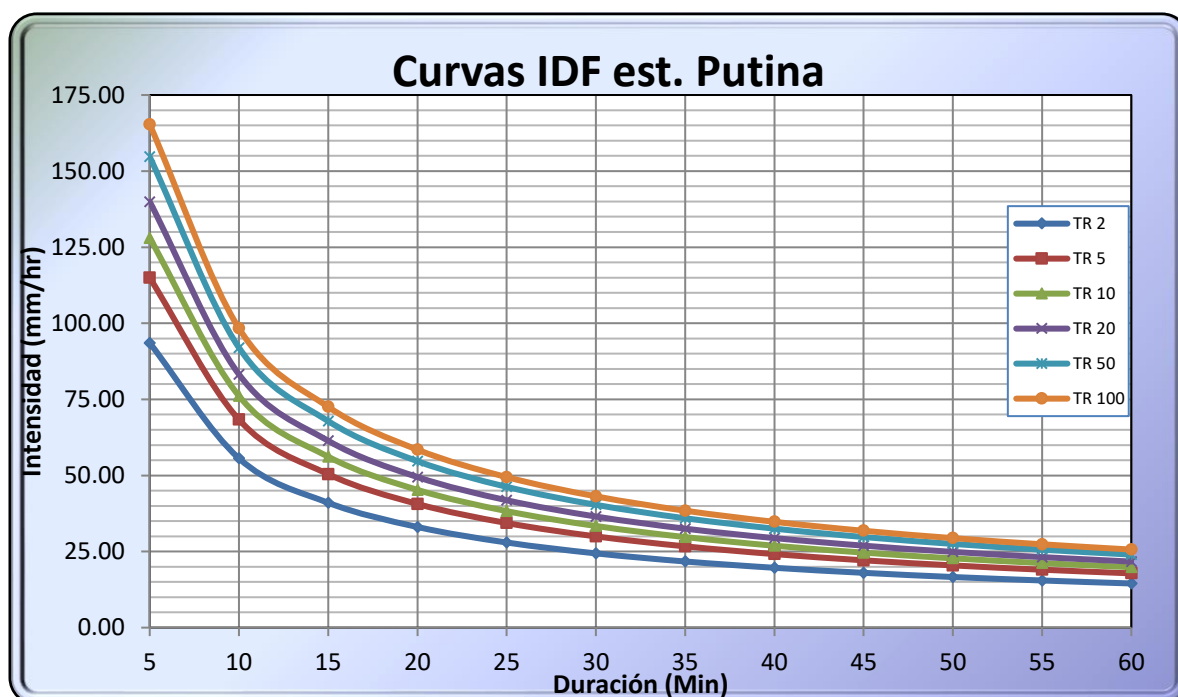
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 37 Curvas IDF estación Huaraya - Moho



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 38 Curvas IDF estación Putina



Fuente: Elaboración Propia

**5.8 Cálculo de Ecuaciones IDF por el método de distribución, correlación lineal múltiple.**

Para evitar las lecturas de las curvas IDF, existe una manera sencilla y es generar ecuaciones a partir de las curvas IDF, este método relaciona las variables *i*, *d* y *T* para un sitio dado, en nuestro estudio se toma en cuenta las intensidades de lluvia en base a los perfiles de lluvia del SCS.

La ecuación que relaciona simultáneamente las tres variables en una familia de curvas es la ecuación nº 2.6:

$$i = \frac{kT^m}{(d + c)^n}$$

**Nota:**

Si los datos se agrupan lo suficiente en torno a líneas rectas, el valor de *c* puede tomarse como cero.

$$i = kT^m d^{-n}$$

Aplicando logaritmos se tiene:

$$\ln i = \ln k + m \ln T + (-n) \ln(d)$$

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Para hallar los valores de k, m, n se realiza una correlación lineal múltiple con las ecuaciones (2.8, 2.9, 2.10)

$$\begin{aligned} \sum y &= N a_0 + a_1 \sum X_1 + a_2 \sum X_2 \\ \sum (X_1 \cdot y) &= a_0 \sum X_1 + a_1 \sum (X_1)^2 + a_2 \sum (X_1 \cdot X_2) \\ \sum (X_2 \cdot y) &= a_0 \sum X_2 + a_1 \sum (X_1 \cdot X_2) + a_2 \sum (X_2)^2 \end{aligned}$$

### 5.8.1 Cálculo de ecuación IDF para la estación de Huancané

Aplicando las ecuaciones (2.8, 2.9, 2.10); para la estación Huancané se tiene:

$$148.7201 = 90.0000 a_0 + 241.7714 a_1 + 554.5692 a_2$$

$$424.1551 = 241.7714 a_0 + 807.8785 a_1 + 1489.7666 a_2$$

$$859.7355 = 554.5692 a_0 + 1489.7666 a_1 + 3493.5400 a_2$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones mediante la regla de Cramer, se tiene:

$$|A| = \begin{bmatrix} 90.0000 & 241.7714 & 554.5692 \\ 241.7714 & 807.8785 & 1489.7666 \\ 554.5692 & 1489.7666 & 3493.5400 \end{bmatrix} = 1088435.492$$

$$|a_0| = \begin{bmatrix} 148.7201 & 241.7714 & 554.5692 \\ 424.1551 & 807.8785 & 1489.7666 \\ 859.7355 & 1489.7666 & 3493.5400 \end{bmatrix} = 6320818.048$$

$$|a_1| = \begin{bmatrix} 90.0000 & 148.7201 & 554.5692 \\ 241.7714 & 424.1551 & 1489.7666 \\ 554.5692 & 859.7355 & 3493.5400 \end{bmatrix} = 169324.5774$$

$$|a_2| = \begin{bmatrix} 90.0000 & 241.7714 & 148.7201 \\ 241.7714 & 807.8785 & 424.1551 \\ 554.5692 & 1489.7666 & 859.7355 \end{bmatrix} = -807724.6794$$

Los parámetros calculados son:

$$a_0 = \frac{|a_0|}{|A|} = \frac{6320818.048}{1088435.492} = 5.8073$$

$$a_1 = \frac{|a_1|}{|A|} = \frac{169324.5774}{1088435.492} = 0.1556$$

$$a_2 = \frac{|a_2|}{|A|} = \frac{-807724.6794}{1088435.492} = -0.7421$$

Los parámetros de la ecuación será igual a:

$$a_0 = \ln k, \text{ o también}$$

$$k = e^{a_0} = e^{5.8073} = 332.7196$$

$$a_1 = m, \text{ donde:}$$

$$m = 0.1556$$

$$a_2 = -n$$

$$n = -(-0.7421)$$

$$n = (0.7421)$$

La ecuación de intensidad, duración, frecuencia para la estación de Huancané es la siguiente:

$$I = \frac{332.7196 \times T^{0.1556}}{(D)^{0.7421}}$$

### 5.8.2 Cálculo de ecuación IDF para la estación de Huaraya-Moho

Aplicando las ecuaciones para la estación Huancané se tiene:

$$155.2094694 = 90.000000a_0 + 241.7714348a_1 + 554.5691958a_2$$

$$438.6707535 = 241.7714348a_0 + 807.8785472a_1 + 1489.766557a_2$$

$$899.7220116 = 554.5691958a_0 + 1489.766557a_1 + 3493.540046a_2$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones mediante la regla de cramer, se tiene:

$$|A| = \begin{vmatrix} 90.0000 & 241.7714348 & 554.5691958 \\ 241.7714348 & 807.8785472 & 1489.766557 \\ 554.5691958 & 1489.766557 & 3493.540046 \end{vmatrix} = 1088435.929507$$

$$|a_0| = \begin{vmatrix} 155.2094694 & 241.7714348 & 554.5691958 \\ 438.6707535 & 807.8785472 & 1489.766557 \\ 899.7220116 & 1489.766557 & 3493.540046 \end{vmatrix} = 6453160.308513$$

$$|a_1| = \begin{vmatrix} 90.0000 & 155.2094694 & 554.5691958 \\ 241.7714348 & 438.6707535 & 1489.766557 \\ 554.5691958 & 899.7220116 & 3493.540046 \end{vmatrix} = 149278.250241$$

$$|a_2| = \begin{vmatrix} 90.0000 & 241.7714348 & 155.2094694 \\ 241.7714348 & 807.8785472 & 438.6707535 \\ 554.5691958 & 1489.766557 & 899.7220116 \end{vmatrix} = -807726.222202$$

Los parámetros calculados son:

$$a_0 = \frac{|a_0|}{|A|} = \frac{6453160.308513}{1088435.929507} = 5.928838008$$

$$a_1 = \frac{|a_1|}{|A|} = \frac{149278.250241}{1088435.929507} = 0.137149322$$

$$a_2 = \frac{|a_2|}{|A|} = \frac{-807726.222202}{1088435.929507} = -0.742098088$$

Los parámetros de la ecuación será igual a:

$$a_0 = \ln k, \text{ o también}$$

$$k = e^{a_0} = e^{5.928838008} = 375.7176793$$

$$a_1 = m, \text{ entonces:}$$

$$m = 0.137149322$$

$$a_2 = -n$$

$$n = -(-0.742098088)$$

$$n = 0.742098088$$

La ecuación de intensidad, duración, frecuencia para la estación de Huaraya – Moho es la siguiente:

$$I = \frac{375.7176793 \times T^{0.137149322}}{(D)^{0.742098088}}$$

### 5.8.3 Cálculo de ecuación IDF para la estación de Putina

Aplicando las ecuaciones para la estación Huancané se tiene:

$$130.883019 = 90.000000a_0 + 241.771435a_1 + 554.569196a_2$$

$$373.979266 = 241.771435a_0 + 807.878547a_1 + 1489.766557a_2$$

$$749.825347 = 554.569196a_0 + 1489.766557a_1 + 3493.540046a_2$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones mediante la regla de Cramer, se tiene:

$$|A| = \begin{vmatrix} 90.000000 & 241.771435 & 554.569196 \\ 241.771435 & 807.878547 & 1489.766557 \\ 554.569196 & 1489.766557 & 3493.540046 \end{vmatrix} = 1088435.929507$$

$$|a_0| = \begin{vmatrix} 130.883019 & 241.771435 & 554.569196 \\ 373.979266 & 807.878547 & 1489.766557 \\ 749.825347 & 1489.766557 & 3493.540046 \end{vmatrix} = 6146819.045943$$

$$|a_1| = \begin{vmatrix} 90.000000 & 130.883019 & 554.569196 \\ 241.771435 & 373.979266 & 1489.766557 \\ 554.569196 & 749.825347 & 3493.540046 \end{vmatrix} = 153798.765094$$

$$|a_2| = \begin{vmatrix} 90.000000 & 241.771435 & 130.883019 \\ 241.771435 & 807.878547 & 373.979266 \\ 554.569196 & 1489.766557 & 749.825347 \end{vmatrix} = -807726.222202$$

Los parámetros calculados son:

$$a_0 = \frac{|a_0|}{|A|} = \frac{6146819.045943}{1088435.929507} = 5.647387117$$

$$a_1 = \frac{|a_1|}{|A|} = \frac{153798.765094}{1088435.929507} = 0.141302543$$

$$a_2 = \frac{|a_2|}{|A|} = \frac{-807726.222202}{1088435.929507} = -0.742098088$$

Los parámetros de la ecuación será igual a:

$$a_0 = \ln k, \text{ o también}$$

$$k = e^{a_0} = e^{5.647387117} = 283.5496151$$

$$a_1 = m, \text{ entonces:}$$

$$m = 0.141302543$$

$$a_2 = -n$$

$$n = -(-0.742098088)$$

$$n = 0.742098088$$

La ecuación de intensidad, duración, frecuencia para la estación de Putina es la siguiente:

$$I = \frac{283.5496151 \times T^{0.141302543}}{(D)^{0.742098088}}$$

### 5.9 Cálculo de intensidad de lluvia mediante datos pluviográficos para la estación de Puno

Como parte del estudio se calculará la intensidad de lluvia mediante datos pluviográficos, y comparar con lo calculado mediante datos pluviométricos, mostrándose un resumen de los resultados a continuación:

**Cuadro N° 50** Orden cronológico de máximas Intensidades para diferentes intervalos de duración C.P-708- Puno (Enero 73 – Diciembre 88)

N°	FECHA	PERIODO DE DURACION EN MINUTOS					
		5'	15'	30'	60'	120'	240'
1	5-6/3/73	21.00	21.00	21.00	21.00	14.16	7.88
2	17/3/73	39.90	39.90	28.51	15.00	8.30	4.15
3	27/28/1/74	17.80	17.80	10.50	7.82	8.82	7.58
4	10-11/2/74	14.10	14.10	14.10	11.75	6.03	6.27
5	25/2/74	26.40	8.80	4.40	2.20	1.10	0.55
6	14/12/74	18.00	18.00	17.47	9.80	5.45	3.27
7	1/2/75	50.40	50.40	25.50	13.05	10.37	6.52
8	20-21/3/75	20.40	20.40	20.40	14.79	15.50	7.95
9	12/12/75	40.20	40.20	40.20	20.90	12.46	8.33
10	11/1/76	45.60	15.20	7.60	4.15	2.07	1.04
11	9/12/76	25.00	25.00	25.00	25.00	12.50	7.51
12	10/1/77	19.50	19.50	14.55	9.60	5.15	2.55
13	23-24/2/77	16.80	16.80	10.37	7.15	5.55	5.53
14	8-9/3/77	16.08	16.08	15.04	12.45	8.64	5.35
15	31/12/1977	32.40	11.86	6.20	3.10	1.55	0.77
16	1-2/1/78	20.76	20.76	20.76	20.76	13.09	6.98
17	21-22/12/78	21.00	13.99	6.99	3.50	2.05	2.53
18	20-21/1/79	16.00	16.20	16.20	8.40	7.79	4.45
19	22/3/79	31.20	31.20	16.22	8.15	4.27	2.25
20	16/12/79	17.00	17.00	17.00	10.00	4.40	2.20
21	25/1/80	15.80	15.80	15.80	9.76	7.35	3.68
22	21/3/80	18.00	18.00	18.00	18.00	7.25	3.65
23	26/2/81	23.52	23.52	20.11	11.57	6.80	3.47
24	18-19/1/82	49.20	16.40	8.20	4.10	2.05	1.74
25	22-23/1/82	34.75	34.75	34.75	33.62	17.95	12.03
26	6/4/83	22.50	15.08	7.16	3.85	1.92	0.92
27	1/12/83	15.60	14.06	12.52	11.75	5.87	2.94
28	13/12/83	16.20	16.20	8.19	4.47	2.40	1.20
29	22/12/83	13.21	13.21	13.21	11.00	5.50	2.75
30	9/1/84	28.50	28.50	28.50	16.17	8.42	4.55
31	13-14/2/84	11.97	11.97	11.97	11.97	11.97	7.95
32	29-30/3/84	36.60	25.06	13.53	7.18	3.93	2.98
33	12-20/02/86	24.04	24.04	22.55	12.31	6.96	4.23
34	27-28/11/87	36.19	36.19	31.71	20.51	11.70	6.10
35	23-24/03/88	44.00	44.00	44.00	40.00	26.89	13.73

Fuente : Tesis “Diagnostico para el plan de manejo y conservación de agua y suelo en la microcuenca Paxa Azoguini. Puno” (Alberto Choquecota).



Se seleccionan las intensidades máximas en cada año para diferentes periodos de duración, quedando el cuadro de la siguiente manera:

**CUADRO N° 51 Precipitaciones máximas para diferentes duraciones est. Puno**

Nº	AÑO	PERIODO DE DURACION EN MINUTOS					
		5'	15'	30'	60'	120'	240'
1	1973	39.90	39.90	28.51	21.00	14.60	7.88
2	1974	26.40	18.00	17.47	11.75	8.82	7.58
3	1975	50.40	50.40	40.20	20.90	15.50	8.33
4	1976	45.60	25.00	25.00	25.00	12.50	7.51
5	1977	32.40	19.50	15.04	12.45	8.64	5.53
6	1978	21.00	20.76	20.76	20.76	13.09	6.98
7	1979	31.20	31.20	17.00	10.00	7.97	4.45
8	1980	18.00	18.00	18.00	18.00	7.35	3.67
9	1981	23.52	23.52	20.11	11.57	6.84	3.47
10	1982	49.20	34.75	34.75	33.62	11.95	12.03
11	1983	22.50	16.20	13.21	11.75	5.87	2.94
12	1984	36.60	28.50	28.50	19.03	11.97	7.95
13	1986	24.04	24.04	22.55	12.31	6.96	4.23
14	1987	36.19	36.19	31.71	20.51	11.70	6.10
15	1988	44.00	44.00	44.00	40.00	26.89	13.73

Fuente: Tesis "Diagnostico para el plan de manejo y conservación de agua y suelo en la microcuenca Paxa Azoguini. Puno" (Alberto Choquecota).

Del cuadro n° 51 se ordenan los valores de precipitaciones máximas de mayor a menor, para cada duración, para luego calcular la precipitación para diferentes periodos de retorno así:

**CUADRO N° 52 Relación de precipitaciones máximas para diferentes duraciones, periodos de retorno y frecuencia est. Puno.**

Nº	FRECUENCIA $f=m/n+1$	TIEMPO RETORNO (Tr) AÑOS	PERIODO DE DURACION EN MINUTOS					
			5'	15'	30'	60'	120'	240'
1	0.063	16.00	50.40	50.40	44.00	40.00	26.89	13.73
2	0.125	8.00	49.20	44.00	40.20	33.62	17.95	12.03
3	0.188	5.33	45.60	39.90	34.75	25.00	15.50	8.33
4	0.250	4.00	44.00	36.19	31.71	21.00	14.60	7.95
5	0.313	3.20	39.90	34.75	28.51	20.90	13.09	7.88
6	0.375	2.67	36.60	31.20	28.50	20.76	12.50	7.58
7	0.438	2.29	36.19	28.50	25.00	20.51	11.97	7.51
8	0.500	2.00	32.40	25.00	22.55	19.03	11.70	6.98
9	0.563	1.78	31.20	24.04	20.76	18.00	8.82	6.10
10	0.625	1.60	26.40	23.52	20.11	12.45	8.64	5.53
11	0.688	1.45	24.04	20.76	18.00	12.31	7.97	4.45
12	0.750	1.33	23.52	16.50	17.47	11.75	7.35	4.23
13	0.813	1.23	22.50	18.00	17.00	11.75	6.96	3.65
14	0.875	1.14	21.00	18.00	15.04	11.57	6.84	3.47
15	0.938	1.07	18.00	16.20	13.21	10.00	5.87	2.94

Fuente: Tesis "Diagnostico para el plan de manejo y conservación de agua y suelo en la microcuenca Paxa Azoguini. Puno" (Alberto Choquecota).

Para el cálculo de precipitaciones con diferentes periodos de retorno se ajusta a las diferentes funciones de distribución, y seleccionar una de ellas para nuestro caso se seleccionó la de Log Pearson tipo III mediante el error cuadrático mínimo:

Teniendo como resultados el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 53 precipitaciones máximas para duraciones de 5 a 240 min y Periodo de retorno de 2 a 100 años est. Puno**

N°	T	PERIODO DE DURACION EN MINUTOS					
		5	15	30	60	120	240
1.00	2.00	32.10	27.77	23.53	17.64	10.46	6.20
2.00	5.00	42.12	36.57	32.00	25.06	14.68	9.06
3.00	10.00	48.26	41.61	37.66	30.19	17.56	11.08
4.00	20.00	53.84	45.95	43.11	35.24	20.38	13.09
5.00	50.00	60.70	50.98	50.26	41.99	24.13	15.83
6.00	100.00	65.63	54.40	55.71	47.24	27.03	17.97

Fuente: Tesis Elaboración propia

Utilizando la ecuación (n° 2.1)

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{P}{t}$$

Donde:

$i_{max}$  = intensidad máxima en mm/hora

$P$  = precipitación en altura de agua, en mm

$t$  = tiempo en horas

Se tiene las intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno:

**CUADRO N° 54 Intensidad de lluvia para duraciones de 5 a 240 min. y T= 2 a 100 años est. Puno.**

N°	T	PERIODO DE DURACION EN MINUTOS					
		5	15	30	60	120	240
1.00	2.00	385.23	111.10	47.07	17.64	5.23	1.55
2.00	5.00	505.41	146.27	64.00	25.06	7.34	2.26
3.00	10.00	579.13	166.42	75.31	30.19	8.78	2.77
4.00	20.00	646.09	183.78	86.23	35.24	10.19	3.27
5.00	50.00	728.40	203.92	100.52	41.99	12.07	3.96
6.00	100.00	787.53	217.60	111.42	47.24	13.52	4.49

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida las precipitaciones en base a una función de distribución (en nuestro caso Log Pearson tipo III) y la intensidad de la misma procedemos a calcular la ecuación de intensidad, duración y frecuencia, (ecuación n° 2.6)

$$i = \frac{kT^m}{(d + c)^n}$$

Siguiendo los mismos procedimientos de los ítems 5.8.1, 5.8.2, 5.8.3 se procede a calcular la ecuación aplicando un análisis de correlación lineal múltiple:

$$135.336007 = 36.00000a_0 + 96.70857a_1 + 132.48696a_2$$

$$377.286787 = 96.70857a_0 + 323.15142a_1 + 355.90626a_2$$

$$416.278621 = 132.48696a_0 + 355.90626a_1 + 547.27865a_2$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones mediante la regla de cramer, se tiene:

$$a_0 = \frac{|a_0|}{|A|} = \frac{1119171.1722}{136172.1471} = 8.21879654$$

$$a_1 = \frac{|a_1|}{|A|} = \frac{29502.5597}{136172.1471} = 0.21665634$$

$$a_2 = \frac{|a_2|}{|A|} = \frac{-186541.5070}{136172.1471} = -1.36989473$$

Los parámetros de la ecuación será igual a:

$$a_0 = \ln k, \text{ o también}$$

$$k = e^{a_0} = e^{8.21879654} = 3710.034829$$

$$a_1 = m, \text{ donde:}$$

$$m = 0.21665634$$

$$a_2 = -n$$

$$n = -(-1.36989473)$$

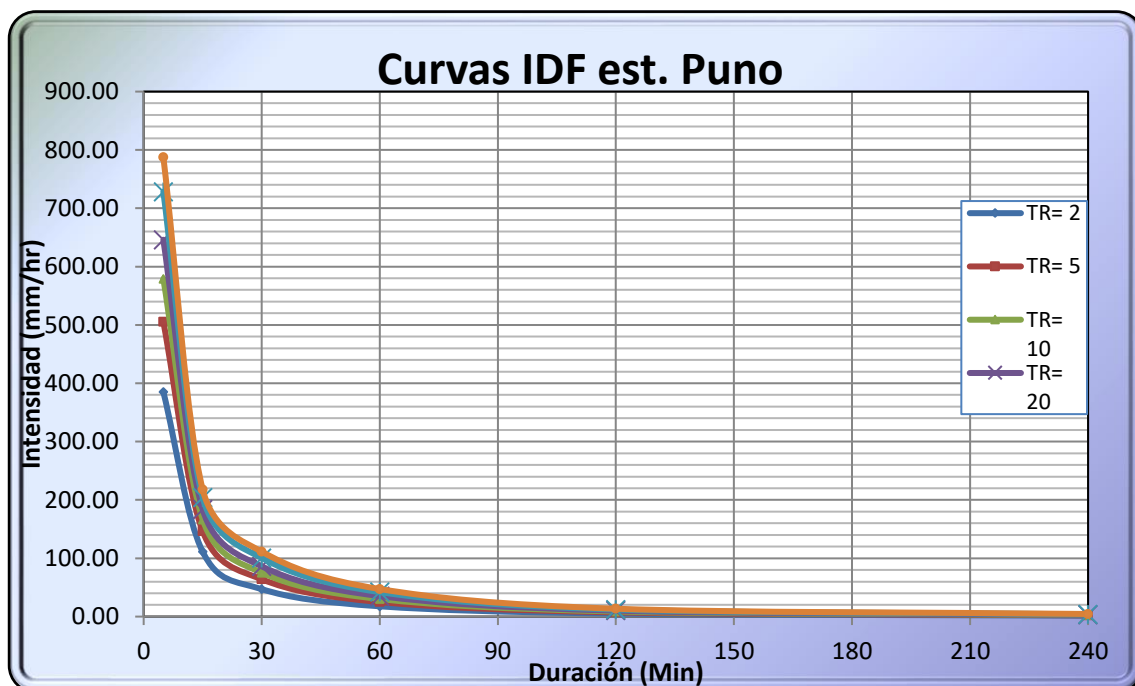
$$n = 1.36989473$$

La ecuación de intensidad, duración, frecuencia para la estación de Huancané es la siguiente:

$$I = \frac{3710.034829 \times T^{0.21665634}}{(D)^{1.36989473}}$$

Graficando la curva de intensidad duración y frecuencia mediante el cuadro n° 54 se tiene:

FIGURA N° 39 Curvas IDF estación Puno



Fuente: Elaboración propia

### 5.10 Generación de Hietogramas Método del Bloque Alternado (Chow, 1994)

El método de los bloques alternos consiste en que a partir de la definición de una duración total de una tormenta y la definición de duraciones de intervalos dentro de esa duración total, se distribuyen bloques de precipitaciones correspondientes a esas duraciones utilizando las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia.

Primero se define el bloque de mayor intensidad correspondiente a la menor duración, el que se ubica al centro, y luego se van determinando bloques de mayores duraciones múltiplos de la menor duración, los que se distribuyen en forma alternada en torno al centro de la tormenta.

Para nuestro análisis supongamos que deseamos graficar un Hietograma de una precipitación de 5 horas, con incrementos de 60 minutos (1 hora) cada uno. Se trata de 300 minutos repartidos en 5 intervalos, para un periodo de retorno de 10 años.

Para ello obtenemos valores de intensidad de lluvia de la estación de Huancané, lo cual se muestran en las figuras N° 33 y N° 36.

Las columnas 1 y 2 son obtenidas de las curvas IDF, en la columna 3 calculamos la precipitación caída en cada intervalo, como sabemos que si para 60 min. precipitó una intensidad de 22.84mm/hr en la primera hora se recoge 1hr.\*22.84mm/hr., para la segunda hora será 2hr.\*14.44mm/hr., y así sucesivamente hasta llegar a los 300 minutos o 5 horas. En la columna 4 suponemos que como en la primera hora cayó 22.84 mm y en la segunda tenemos un acumulado de 28.88mm, sólo en la segunda tendremos una precipitación de 28.88mm. - 22.84mm. y esto será igual a 6.04 mm. y así sucesivamente hasta llegar a los 300 min.

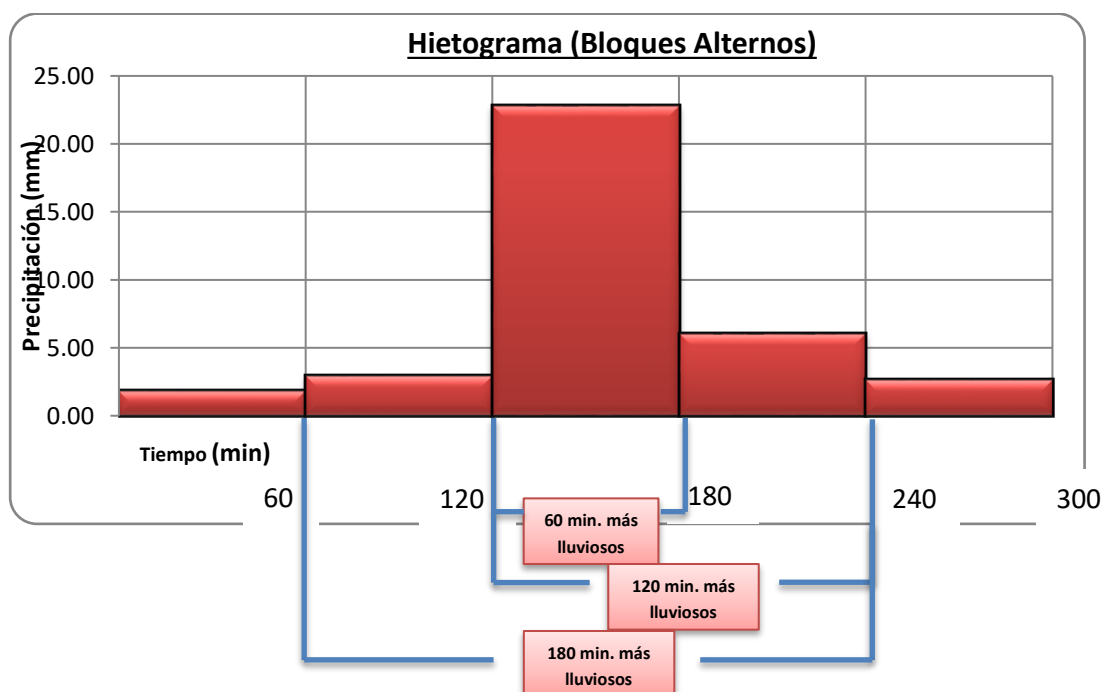
**Cuadro N° 55 Obtención de hietograma de diseño**

t (min.)	I (mm/h)	P (mm)	ΔP
60	22.84	22.84x1 = 22.84	= 22.84
120	14.44	14.44x2 = 28.88	28.88 - 22.84 = 6.04
180	10.61	10.61x3 = 31.82	31.82 - 28.88 = 2.94
240	8.61	8.61x4 = 34.44	34.44 - 31.82 = 2.62
300	7.25	7.25x5 = 36.26	36.26 - 34.44 = 1.82

Fuente: Elaboración Propia

Para elaborar el hietograma tomamos el máximo valor que es 22.84mm. y colocamos en el medio del eje de las abscisas y el segundo colocamos a la derecha y el tercero a la izquierda y así hasta terminar con los 5 intervalos, para ello se muestra la siguiente figura:

**FIGURA N° 40 Hietograma generada por el método de bloques alternos**



## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

1. Los datos de precipitaciones máximas en 24 horas o precipitaciones diarias, de las estaciones de Huancané, Huaraya – Moho y Putina, son consistentes, homogéneas y son en total de 47 años por estación; ello es suficiente para realizar los análisis de frecuencia y determinar las intensidades de lluvia.
2. Se realizó un análisis de frecuencia, usando los factores de frecuencia, para las tres estaciones de nuestro estudio; las funciones de distribución fueron Log normal de 2 parámetros, Log normal de 3 parámetros, Log Pearson tipo III y valor extremo tipo I llamado también Gumbel.
3. El periodo de retorno empleado en los análisis de frecuencia son: 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. Las cuales serán usados de acuerdo al tipo de infraestructura a construir, factores sociales o económicos.
4. Para la selección de la función de distribución se tomó en cuenta el análisis gráfico, el error cuadrático mínimo y la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov, siendo la distribución Log normal de 2 parámetros la que más se ajusta a los datos analizados.
5. La distribución de intensidad de lluvia fue en base a los **perfiles de lluvia tipo II, propuestas por el SCS** y fue en horas  $1 \leq t \leq 24$ .
6. Para distribuciones menores a una hora se analizó mediante la ecuación de Dyck y Peschke, y son similares al propuesto por el SCS.
7. Para el cálculo de ecuaciones de Intensidad de lluvia se consideró la ecuación usada en USA, el cual relaciona la intensidad máxima, la duración y el periodo de retorno.
8. Las ecuaciones halladas para las estaciones son:

Para la estación de Huancané:

$$I = \frac{332.7196 \times T^{0.1556}}{(D)^{0.7421}}$$

Para la estación de Huaraya – Moho:

$$I = \frac{375.7176793 \times T^{0.137149322}}{(D)^{0.742098088}}$$

Para la estación de Putina:

$$I = \frac{283.5496151 \times T^{0.141302543}}{(D)^{0.742098088}}$$

Donde T está en años y D en minutos.

9. Las ecuaciones de intensidad de lluvia e intensidades calculadas en base a los perfiles de lluvia varía mínimamente, esto por error de redondeo en los cálculos.
10. La aplicación de las curvas IDF será necesarias para las ecuaciones como el método racional e hidrograma unitario.
11. Para nuestro estudio se realizó la comparación de intensidad de lluvia de las estaciones de Huancané, Moho y Putina con la estación de Puno, Los resultados de intensidad de lluvia, calculada mediante datos de precipitaciones máximas diarias y datos pluviográficos, varían en los primeros minutos de duración y para diferentes periodos de retorno.
12. La intensidad calculada mediante datos de pluviográficos, es sólo de 15 años, esto nos da cierto error en el cálculo, ya que es necesario contar con datos mayores a 25 años.
13. En tanto las intensidades de lluvia, de las estaciones Huancané, Moho y Putina son consistentes y confiables para el desarrollo y la aplicación en otros estudios.

## 6.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda trabajar con datos de precipitación mayores a 20 años para evitar errores en los análisis de frecuencia.
2. Para el utilizar un periodo de retorno adecuado se debe de tomar en cuenta el tipo de infraestructura a diseñar, su importancia y su factor social y económico.
3. Se recomienda realizar distribuciones de precipitaciones en base a las ecuaciones propuestas por Frederick Bell en la cual intervienen coeficientes de duración y frecuencia, y sirven para duraciones menores a 120 min.
4. Las ecuaciones calculadas mediante los métodos descritos anteriormente son referenciales pero igual de confiables ya que para su elaboración se tomó como referencia varios estudios, esto por no contar con datos pluviográficos.
5. Se recomienda tener cuidado en la aplicación de datos de precipitación máximas diarias debido a que el dato de lluvia en 24 horas puede ser fruto de 2 ó más sucesos de lluvia.
6. Las ecuaciones calculadas se pueden utilizar como base en zonas con similares características geográficas y pluviométricas, donde no existe información pluviográfica, de preferencia en zonas cercanas a las estaciones en estudio.
7. Para el cálculo de intensidades de lluvia se recomienda trabajar con datos pluviográficos, ya que ofrecen mayor confiabilidad.
8. Si no se cuentan con datos pluviográficos, realizar más estudios similares, debido a que en nuestro departamento de Puno son muy escasos y es de mucha importancia para el diseño de infraestructuras hidráulicas.



## BIBLIOGRAFÍA

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTO CHOQUECOTA RIVA. "Diagnóstico para el plan de manejo y conservación de agua y suelo en la microcuenca Paxa – Azoguini . Puno". Tesis UNA- PUNO
- Aparicio Mijares. F.J. (1999) "Fundamentos de Hidrología de Superficie". México. 303: Limusa
- Chow, Ven Te et al. (1994) "Hidráulica de Canales Abiertos". Colombia: Mc Graw - Hill.
- Chow, Ven Te – Maidment, David – Mays, Larry. (1994). "Hidrología Aplicada". Santa Fé Bogotá – Colombia: Mc Graw - Hill.
- Dake, J.M. (1983). "Essentials of Engineering Hydraulics". 2nd. Edition. London: Mcmillan.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje". Lima – Perú.
- Secretaría de Obras Públicas de Antioquia. (1985). "Obras de Drenaje y Protección para Carreteras". Antioquia – Colombia.
- Silva, L. F. (1989) "Diseño Básico de Acueductos y Alcantarillados". 10ma. Edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Silva, G. (1998) "Hidrología Básica". Bogotá: Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional.
- Villón Béjar, Máximo. (2004). "Drenaje". Cartago – Costa Rica: Centro de Información Tecnológica (CIT).
- Villón Béjar, Máximo. "Hidrología". Cartago – Costa Rica: Centro de Información Tecnológica (CIT).
- Wendor Chereque Morán. "Hidrología para Estudiantes de Ingeniería Civil" Segunda Impresión. Lima: CONCYTEC.
- PIZARRO, R.; ABARZA, A; FLORES, J. (2001). "Determinación de las curvas Intensidad-DuraciónFrecuencia IDF, para 6 estaciones pluviográficas de la VII Región Chile".

### OTROS. Internet.

Autor/responsable (fecha de publicación). Título (edición), [tipo de medio]. Lugar de publicación: editor. Recuperado el <especifique la fecha de acceso>, de <especifique la vía>

- Universidad Técnica particular de Loja. Cuenas hidrográficas. (en línea), Gonzanamá- Ecuador. Recuperado el 20 de Enero de 2012.  
<http://www.ehu.es/inwmooqb/hidrauehidrologia/Apuntes%20de%20Hidrologia.pdf>.
- Urban Hydrology, Hydraulics, and Stormwater Quality. Estados Unidos. (en Línea). Revisado el 30 de Marzo del 2012. [http://www.hydrocalc.com/scs\\_rain/scs\\_rain.html](http://www.hydrocalc.com/scs_rain/scs_rain.html)

- Ministerio de Vivienda y Construcción. “Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos”. (En línea). Santiago – Chile. Revisado el 30 de marzo de 2012.  
[http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&sqi=2&ved=0CFMQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.minvu.cl%2Fincjs%2Fdownload.aspx%3Fglb\\_cod\\_nodo%3D20070317102718%26hdd\\_nom\\_archivo%3DCap\\_3\\_Marco\\_Geografico.pdf&ei=KXy8T5DLFcqM6QHJp8lN&usg=AFQjCNHxFJqJNOaYMwlfqHwVkwSjeuz3qw&sig2=1iPL1Br9pmfiw0wgrhawQ](http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&sqi=2&ved=0CFMQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.minvu.cl%2Fincjs%2Fdownload.aspx%3Fglb_cod_nodo%3D20070317102718%26hdd_nom_archivo%3DCap_3_Marco_Geografico.pdf&ei=KXy8T5DLFcqM6QHJp8lN&usg=AFQjCNHxFJqJNOaYMwlfqHwVkwSjeuz3qw&sig2=1iPL1Br9pmfiw0wgrhawQ)
- Universidad Austral de Chile. “Análisis de eventos extremos de precipitación y su efecto en el diseño de drenaje superficial de tierras agrícolas del sur de Chile”. (En línea). Revisado el 10 de Enero del 2012.  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/far617a/doc/far617a.pdf>
- Universidad de Talca. “Análisis Comparativo de las Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) en 6 Estaciones Pluviográficas (VII Región del Maule, Chile)”. (En línea). Chile 2001. Revisado el 10 de Enero del 2012.  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd08/analisiscurvas.pdf>

# **ANEXO A**

**(CUADROS DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA, DE PRECIPITACIONES  
MAXIMAS EN 24 HORAS)  
ESTACIONES: MOHO Y PUTINA**

**DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE 2 PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=lnXi</i>
1	0.0208	48.0000	74.30	4.3081
2	0.0417	24.0000	63.20	4.1463
3	0.0625	16.0000	62.00	4.1271
4	0.0833	12.0000	62.00	4.1271
5	0.1042	9.6000	58.30	4.0656
6	0.1250	8.0000	56.20	4.0289
7	0.1458	6.8571	55.40	4.0146
8	0.1667	6.0000	54.70	4.0019
9	0.1875	5.3333	52.40	3.9589
10	0.2083	4.8000	51.60	3.9435
11	0.2292	4.3636	51.00	3.9318
12	0.2500	4.0000	51.00	3.9318
13	0.2708	3.6923	50.50	3.9220
14	0.2917	3.4286	50.50	3.9220
15	0.3125	3.2000	48.10	3.8733
16	0.3333	3.0000	46.00	3.8286
17	0.3542	2.8235	46.00	3.8286
18	0.3750	2.6667	45.30	3.8133
19	0.3958	2.5263	45.20	3.8111
20	0.4167	2.4000	45.00	3.8067
21	0.4375	2.2857	43.80	3.7796
22	0.4583	2.1818	43.60	3.7751
23	0.4792	2.0870	42.60	3.7519
24	0.5000	2.0000	42.50	3.7495
25	0.5208	1.9200	42.00	3.7377
26	0.5417	1.8462	41.50	3.7257
27	0.5625	1.7778	41.20	3.7184
28	0.5833	1.7143	40.00	3.6889
29	0.6042	1.6552	39.50	3.6763
30	0.6250	1.6000	39.00	3.6636
31	0.6458	1.5484	38.70	3.6558
32	0.6667	1.5000	38.60	3.6533
33	0.6875	1.4545	38.00	3.6376
34	0.7083	1.4118	37.80	3.6323
35	0.7292	1.3714	36.50	3.5973
36	0.7500	1.3333	35.80	3.5779
37	0.7708	1.2973	34.80	3.5496
38	0.7917	1.2632	34.50	3.5410
39	0.8125	1.2308	33.40	3.5086
40	0.8333	1.2000	33.10	3.4995
41	0.8542	1.1707	31.70	3.4563
42	0.8750	1.1429	31.60	3.4532
43	0.8958	1.1163	31.40	3.4468
44	0.9167	1.0909	31.30	3.4436
45	0.9375	1.0667	28.50	3.3499
46	0.9583	1.0435	26.60	3.2809
47	0.9792	1.0213	26.40	3.2734
n=	47		Media (Yi)	3.7493
Cs (yi)	0.06		Desv. Est. (Yi)	0.2377

Fuente: Elaboración Propia

**DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE 2 PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN – PUTINA

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>Y<sub>i</sub>=lnX<sub>i</sub></i>
1	0.0208	48.0000	52.20	3.9551
2	0.0417	24.0000	46.50	3.8395
3	0.0625	16.0000	46.10	3.8308
4	0.0833	12.0000	44.50	3.7955
5	0.1042	9.6000	43.80	3.7796
6	0.1250	8.0000	43.50	3.7728
7	0.1458	6.8571	43.40	3.7705
8	0.1667	6.0000	43.20	3.7658
9	0.1875	5.3333	41.50	3.7257
10	0.2083	4.8000	38.30	3.6454
11	0.2292	4.3636	38.10	3.6402
12	0.2500	4.0000	37.90	3.6350
13	0.2708	3.6923	37.70	3.6297
14	0.2917	3.4286	36.70	3.6028
15	0.3125	3.2000	36.40	3.5946
16	0.3333	3.0000	36.30	3.5918
17	0.3542	2.8235	35.70	3.5752
18	0.3750	2.6667	35.00	3.5553
19	0.3958	2.5263	33.40	3.5086
20	0.4167	2.4000	33.40	3.5086
21	0.4375	2.2857	33.20	3.5025
22	0.4583	2.1818	33.00	3.4965
23	0.4792	2.0870	32.70	3.4874
24	0.5000	2.0000	32.00	3.4657
25	0.5208	1.9200	32.00	3.4657
26	0.5417	1.8462	31.60	3.4532
27	0.5625	1.7778	30.90	3.4308
28	0.5833	1.7143	30.80	3.4275
29	0.6042	1.6552	30.50	3.4177
30	0.6250	1.6000	30.20	3.4078
31	0.6458	1.5484	30.00	3.4012
32	0.6667	1.5000	29.80	3.3945
33	0.6875	1.4545	29.00	3.3673
34	0.7083	1.4118	28.40	3.3464
35	0.7292	1.3714	28.00	3.3322
36	0.7500	1.3333	28.00	3.3322
37	0.7708	1.2973	26.70	3.2847
38	0.7917	1.2632	26.60	3.2809
39	0.8125	1.2308	26.20	3.2658
40	0.8333	1.2000	26.20	3.2658
41	0.8542	1.1707	26.00	3.2581
42	0.8750	1.1429	25.80	3.2504
43	0.8958	1.1163	24.90	3.2149
44	0.9167	1.0909	21.20	3.0540
45	0.9375	1.0667	20.50	3.0204
46	0.9583	1.0435	18.00	2.8904
47	0.9792	1.0213	16.70	2.8154
n=	47		Media (Y <sub>i</sub> )	3.4692
Cs (y <sub>i</sub> )	-0.48		Desv. Est. (Y <sub>i</sub> )	0.2449

Fuente: Elaboración Propia

**DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE 3 PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=ln(Xi-Xo)</i>
1	0.0208	48.0000	74.30	4.1653
2	0.0417	24.0000	63.20	3.9761
3	0.0625	16.0000	62.00	3.9534
4	0.0833	12.0000	62.00	3.9534
5	0.1042	9.6000	58.30	3.8797
6	0.1250	8.0000	56.20	3.8354
7	0.1458	6.8571	55.40	3.8179
8	0.1667	6.0000	54.70	3.8024
9	0.1875	5.3333	52.40	3.7497
10	0.2083	4.8000	51.60	3.7307
11	0.2292	4.3636	51.00	3.7163
12	0.2500	4.0000	51.00	3.7163
13	0.2708	3.6923	50.50	3.7040
14	0.2917	3.4286	50.50	3.7040
15	0.3125	3.2000	48.10	3.6431
16	0.3333	3.0000	46.00	3.5866
17	0.3542	2.8235	46.00	3.5866
18	0.3750	2.6667	45.30	3.5670
19	0.3958	2.5263	45.20	3.5642
20	0.4167	2.4000	45.00	3.5585
21	0.4375	2.2857	43.80	3.5237
22	0.4583	2.1818	43.60	3.5178
23	0.4792	2.0870	42.60	3.4877
24	0.5000	2.0000	42.50	3.4846
25	0.5208	1.9200	42.00	3.4692
26	0.5417	1.8462	41.50	3.4535
27	0.5625	1.7778	41.20	3.4439
28	0.5833	1.7143	40.00	3.4049
29	0.6042	1.6552	39.50	3.3881
30	0.6250	1.6000	39.00	3.3711
31	0.6458	1.5484	38.70	3.3607
32	0.6667	1.5000	38.60	3.3573
33	0.6875	1.4545	38.00	3.3361
34	0.7083	1.4118	37.80	3.3290
35	0.7292	1.3714	36.50	3.2813
36	0.7500	1.3333	35.80	3.2546
37	0.7708	1.2973	34.80	3.2153
38	0.7917	1.2632	34.50	3.2032
39	0.8125	1.2308	33.40	3.1574
40	0.8333	1.2000	33.10	3.1446
41	0.8542	1.1707	31.70	3.0824
42	0.8750	1.1429	31.60	3.0778
43	0.8958	1.1163	31.40	3.0685
44	0.9167	1.0909	31.30	3.0639
45	0.9375	1.0667	28.50	2.9237
46	0.9583	1.0435	26.60	2.8160
47	0.9792	1.0213	26.40	2.8040
n=	47		Media (Yi)	3.4730
Cs (yi)	0.64		Desv. Est. (Yi)	0.3132
Mediana	42.50		Xo =	9.8898

Fuente: Elaboración Propia

**DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE 3 PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN – PUTINA

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=ln(Xi-Xo)</i>
1	0.0208	48.0000	52.20	4.4221
2	0.0417	24.0000	46.50	4.3512
3	0.0625	16.0000	46.10	4.3461
4	0.0833	12.0000	44.50	4.3251
5	0.1042	9.6000	43.80	4.3158
6	0.1250	8.0000	43.50	4.3118
7	0.1458	6.8571	43.40	4.3104
8	0.1667	6.0000	43.20	4.3078
9	0.1875	5.3333	41.50	4.2846
10	0.2083	4.8000	38.30	4.2395
11	0.2292	4.3636	38.10	4.2366
12	0.2500	4.0000	37.90	4.2337
13	0.2708	3.6923	37.70	4.2308
14	0.2917	3.4286	36.70	4.2162
15	0.3125	3.2000	36.40	4.2117
16	0.3333	3.0000	36.30	4.2103
17	0.3542	2.8235	35.70	4.2013
18	0.3750	2.6667	35.00	4.1908
19	0.3958	2.5263	33.40	4.1663
20	0.4167	2.4000	33.40	4.1663
21	0.4375	2.2857	33.20	4.1631
22	0.4583	2.1818	33.00	4.1600
23	0.4792	2.0870	32.70	4.1553
24	0.5000	2.0000	32.00	4.1443
25	0.5208	1.9200	32.00	4.1443
26	0.5417	1.8462	31.60	4.1379
27	0.5625	1.7778	30.90	4.1267
28	0.5833	1.7143	30.80	4.1251
29	0.6042	1.6552	30.50	4.1202
30	0.6250	1.6000	30.20	4.1153
31	0.6458	1.5484	30.00	4.1121
32	0.6667	1.5000	29.80	4.1088
33	0.6875	1.4545	29.00	4.0956
34	0.7083	1.4118	28.40	4.0855
35	0.7292	1.3714	28.00	4.0788
36	0.7500	1.3333	28.00	4.0788
37	0.7708	1.2973	26.70	4.0565
38	0.7917	1.2632	26.60	4.0548
39	0.8125	1.2308	26.20	4.0478
40	0.8333	1.2000	26.20	4.0478
41	0.8542	1.1707	26.00	4.0443
42	0.8750	1.1429	25.80	4.0408
43	0.8958	1.1163	24.90	4.0249
44	0.9167	1.0909	21.20	3.9565
45	0.9375	1.0667	20.50	3.9430
46	0.9583	1.0435	18.00	3.8933
47	0.9792	1.0213	16.70	3.8665
n=	47		Media (Yi)	4.1533
Cs (yi)	0.23		Desv. Est. (Yi)	0.1215
Mediana	32.00		Xo =	-31.0735

Fuente: Elaboración Propia

**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON DE III PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=lnXi</i>
1	0.0208	48.0000	74.30	4.3081
2	0.0417	24.0000	63.20	4.1463
3	0.0625	16.0000	62.00	4.1271
4	0.0833	12.0000	62.00	4.1271
5	0.1042	9.6000	58.30	4.0656
6	0.1250	8.0000	56.20	4.0289
7	0.1458	6.8571	55.40	4.0146
8	0.1667	6.0000	54.70	4.0019
9	0.1875	5.3333	52.40	3.9589
10	0.2083	4.8000	51.60	3.9435
11	0.2292	4.3636	51.00	3.9318
12	0.2500	4.0000	51.00	3.9318
13	0.2708	3.6923	50.50	3.9220
14	0.2917	3.4286	50.50	3.9220
15	0.3125	3.2000	48.10	3.8733
16	0.3333	3.0000	46.00	3.8286
17	0.3542	2.8235	46.00	3.8286
18	0.3750	2.6667	45.30	3.8133
19	0.3958	2.5263	45.20	3.8111
20	0.4167	2.4000	45.00	3.8067
21	0.4375	2.2857	43.80	3.7796
22	0.4583	2.1818	43.60	3.7751
23	0.4792	2.0870	42.60	3.7519
24	0.5000	2.0000	42.50	3.7495
25	0.5208	1.9200	42.00	3.7377
26	0.5417	1.8462	41.50	3.7257
27	0.5625	1.7778	41.20	3.7184
28	0.5833	1.7143	40.00	3.6889
29	0.6042	1.6552	39.50	3.6763
30	0.6250	1.6000	39.00	3.6636
31	0.6458	1.5484	38.70	3.6558
32	0.6667	1.5000	38.60	3.6533
33	0.6875	1.4545	38.00	3.6376
34	0.7083	1.4118	37.80	3.6323
35	0.7292	1.3714	36.50	3.5973
36	0.7500	1.3333	35.80	3.5779
37	0.7708	1.2973	34.80	3.5496
38	0.7917	1.2632	34.50	3.5410
39	0.8125	1.2308	33.40	3.5086
40	0.8333	1.2000	33.10	3.4995
41	0.8542	1.1707	31.70	3.4563
42	0.8750	1.1429	31.60	3.4532
43	0.8958	1.1163	31.40	3.4468
44	0.9167	1.0909	31.30	3.4436
45	0.9375	1.0667	28.50	3.3499
46	0.9583	1.0435	26.60	3.2809
47	0.9792	1.0213	26.40	3.2734
N=	47		Media	3.7493
Cs (yi)	0.0567		Desv. Est.	0.2377
k	0.0095			

Fuente: Elaboración Propia



**DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON DE III PARÁMETROS**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN - PUTINA

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>	<i>Yi=lnXi</i>
1	0.0208	48.0000	52.20	3.9551
2	0.0417	24.0000	46.50	3.8395
3	0.0625	16.0000	46.10	3.8308
4	0.0833	12.0000	44.50	3.7955
5	0.1042	9.6000	43.80	3.7796
6	0.1250	8.0000	43.50	3.7728
7	0.1458	6.8571	43.40	3.7705
8	0.1667	6.0000	43.20	3.7658
9	0.1875	5.3333	41.50	3.7257
10	0.2083	4.8000	38.30	3.6454
11	0.2292	4.3636	38.10	3.6402
12	0.2500	4.0000	37.90	3.6350
13	0.2708	3.6923	37.70	3.6297
14	0.2917	3.4286	36.70	3.6028
15	0.3125	3.2000	36.40	3.5946
16	0.3333	3.0000	36.30	3.5918
17	0.3542	2.8235	35.70	3.5752
18	0.3750	2.6667	35.00	3.5553
19	0.3958	2.5263	33.40	3.5086
20	0.4167	2.4000	33.40	3.5086
21	0.4375	2.2857	33.20	3.5025
22	0.4583	2.1818	33.00	3.4965
23	0.4792	2.0870	32.70	3.4874
24	0.5000	2.0000	32.00	3.4657
25	0.5208	1.9200	32.00	3.4657
26	0.5417	1.8462	31.60	3.4532
27	0.5625	1.7778	30.90	3.4308
28	0.5833	1.7143	30.80	3.4275
29	0.6042	1.6552	30.50	3.4177
30	0.6250	1.6000	30.20	3.4078
31	0.6458	1.5484	30.00	3.4012
32	0.6667	1.5000	29.80	3.3945
33	0.6875	1.4545	29.00	3.3673
34	0.7083	1.4118	28.40	3.3464
35	0.7292	1.3714	28.00	3.3322
36	0.7500	1.3333	28.00	3.3322
37	0.7708	1.2973	26.70	3.2847
38	0.7917	1.2632	26.60	3.2809
39	0.8125	1.2308	26.20	3.2658
40	0.8333	1.2000	26.20	3.2658
41	0.8542	1.1707	26.00	3.2581
42	0.8750	1.1429	25.80	3.2504
43	0.8958	1.1163	24.90	3.2149
44	0.9167	1.0909	21.20	3.0540
45	0.9375	1.0667	20.50	3.0204
46	0.9583	1.0435	18.00	2.8904
47	0.9792	1.0213	16.70	2.8154
N=	47		Media	3.4692
Cs (yi)	-0.4756		Desv. Est.	0.2449
k	-0.0793			

Fuente: Elaboración Propia

**DISTRIBUCIÓN GUMBEL**

PRECIPITACION MAXIMAS DIARIAS (mm)

ESTACIÓN – HUARAYA MOHO

<i>m</i>	<i>Prob.</i>	<i>TR (años)</i>	<i>Xi</i>
1	0.0208	48.0000	74.30
2	0.0417	24.0000	63.20
3	0.0625	16.0000	62.00
4	0.0833	12.0000	62.00
5	0.1042	9.6000	58.30
6	0.1250	8.0000	56.20
7	0.1458	6.8571	55.40
8	0.1667	6.0000	54.70
9	0.1875	5.3333	52.40
10	0.2083	4.8000	51.60
11	0.2292	4.3636	51.00
12	0.2500	4.0000	51.00
13	0.2708	3.6923	50.50
14	0.2917	3.4286	50.50
15	0.3125	3.2000	48.10
16	0.3333	3.0000	46.00
17	0.3542	2.8235	46.00
18	0.3750	2.6667	45.30
19	0.3958	2.5263	45.20
20	0.4167	2.4000	45.00
21	0.4375	2.2857	43.80
22	0.4583	2.1818	43.60
23	0.4792	2.0870	42.60
24	0.5000	2.0000	42.50
25	0.5208	1.9200	42.00
26	0.5417	1.8462	41.50
27	0.5625	1.7778	41.20
28	0.5833	1.7143	40.00
29	0.6042	1.6552	39.50
30	0.6250	1.6000	39.00
31	0.6458	1.5484	38.70
32	0.6667	1.5000	38.60
33	0.6875	1.4545	38.00
34	0.7083	1.4118	37.80
35	0.7292	1.3714	36.50
36	0.7500	1.3333	35.80
37	0.7708	1.2973	34.80
38	0.7917	1.2632	34.50
39	0.8125	1.2308	33.40
40	0.8333	1.2000	33.10
41	0.8542	1.1707	31.70
42	0.8750	1.1429	31.60
43	0.8958	1.1163	31.40
44	0.9167	1.0909	31.30
45	0.9375	1.0667	28.50
46	0.9583	1.0435	26.60
47	0.9792	1.0213	26.40
n=	47	Media (Xi)	43.68
		Desvest.(X)	10.52

Fuente: Elaboración Propia

**DISTRIBUCIÓN GUMBEL**

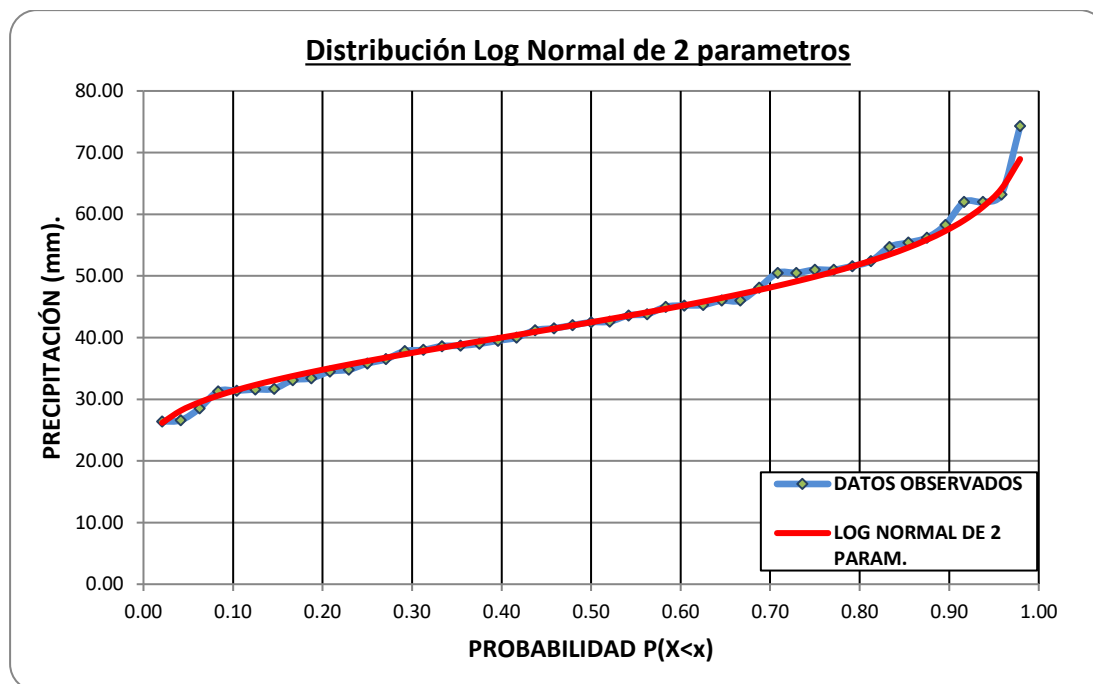
PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm)

ESTACIÓN - PUTINA

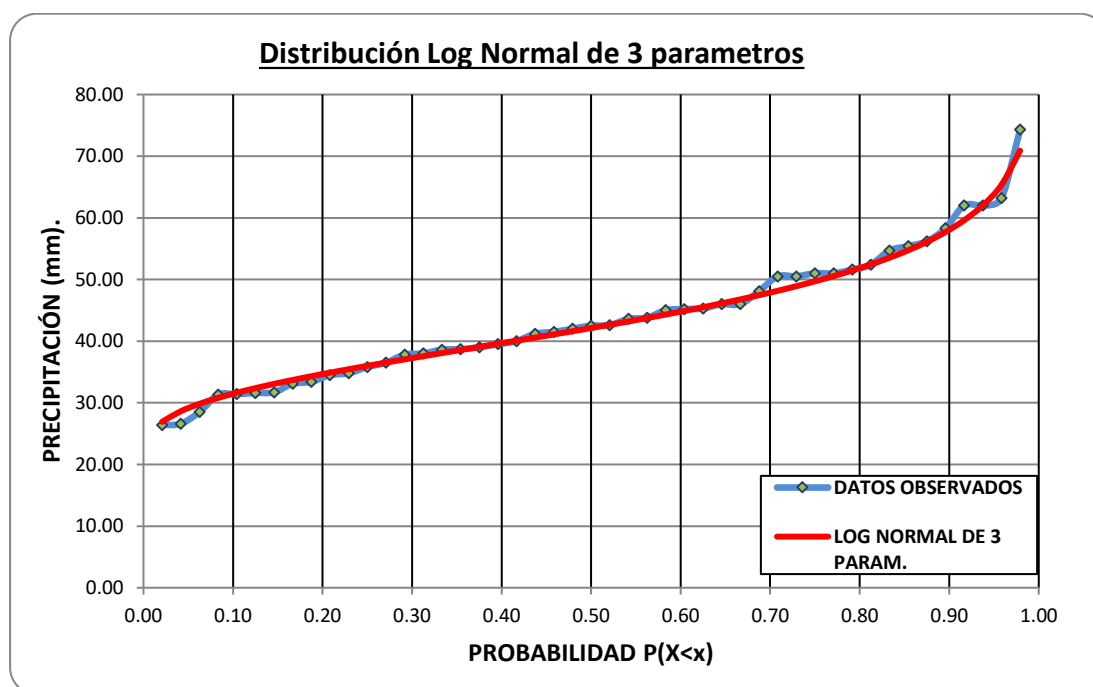
m	Prob.	TR (años)	Xi
1	0.0208	48.0000	52.20
2	0.0417	24.0000	46.50
3	0.0625	16.0000	46.10
4	0.0833	12.0000	44.50
5	0.1042	9.6000	43.80
6	0.1250	8.0000	43.50
7	0.1458	6.8571	43.40
8	0.1667	6.0000	43.20
9	0.1875	5.3333	41.50
10	0.2083	4.8000	38.30
11	0.2292	4.3636	38.10
12	0.2500	4.0000	37.90
13	0.2708	3.6923	37.70
14	0.2917	3.4286	36.70
15	0.3125	3.2000	36.40
16	0.3333	3.0000	36.30
17	0.3542	2.8235	35.70
18	0.3750	2.6667	35.00
19	0.3958	2.5263	33.40
20	0.4167	2.4000	33.40
21	0.4375	2.2857	33.20
22	0.4583	2.1818	33.00
23	0.4792	2.0870	32.70
24	0.5000	2.0000	32.00
25	0.5208	1.9200	32.00
26	0.5417	1.8462	31.60
27	0.5625	1.7778	30.90
28	0.5833	1.7143	30.80
29	0.6042	1.6552	30.50
30	0.6250	1.6000	30.20
31	0.6458	1.5484	30.00
32	0.6667	1.5000	29.80
33	0.6875	1.4545	29.00
34	0.7083	1.4118	28.40
35	0.7292	1.3714	28.00
36	0.7500	1.3333	28.00
37	0.7708	1.2973	26.70
38	0.7917	1.2632	26.60
39	0.8125	1.2308	26.20
40	0.8333	1.2000	26.20
41	0.8542	1.1707	26.00
42	0.8750	1.1429	25.80
43	0.8958	1.1163	24.90
44	0.9167	1.0909	21.20
45	0.9375	1.0667	20.50
46	0.9583	1.0435	18.00
47	0.9792	1.0213	16.70
n=	47	Media (Xi)	33.03
		Desvest.(X)	7.77

Fuente: Elaboración Propia

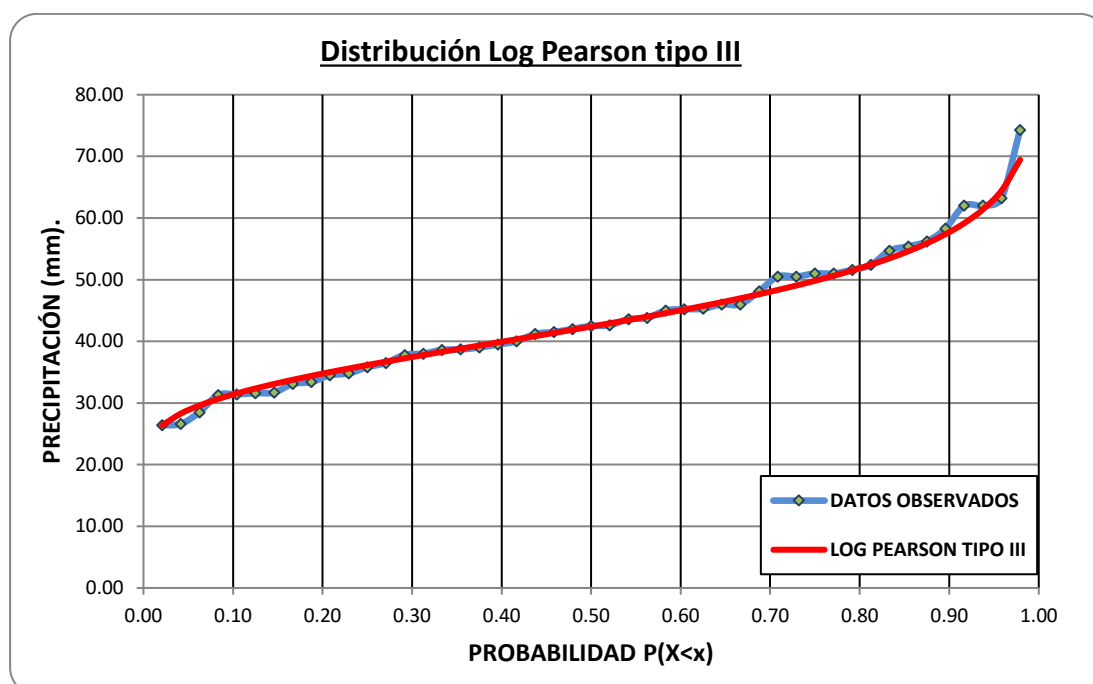
## ANÁLISIS GRÁFICO ESTACIONES HUARAYA - MOHO



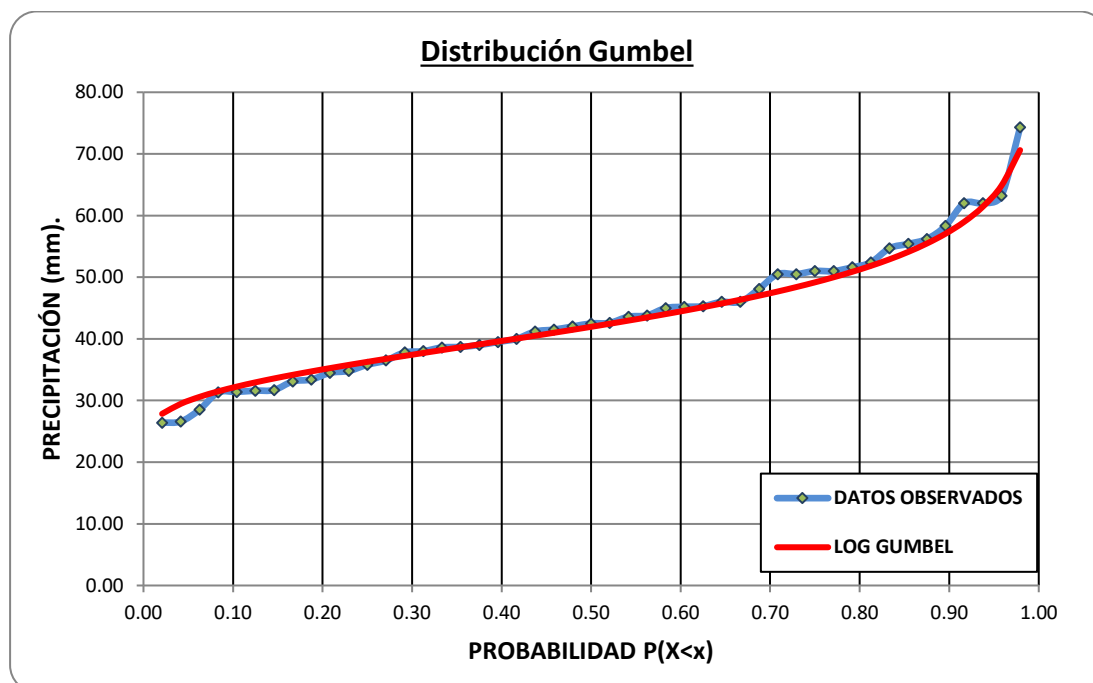
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

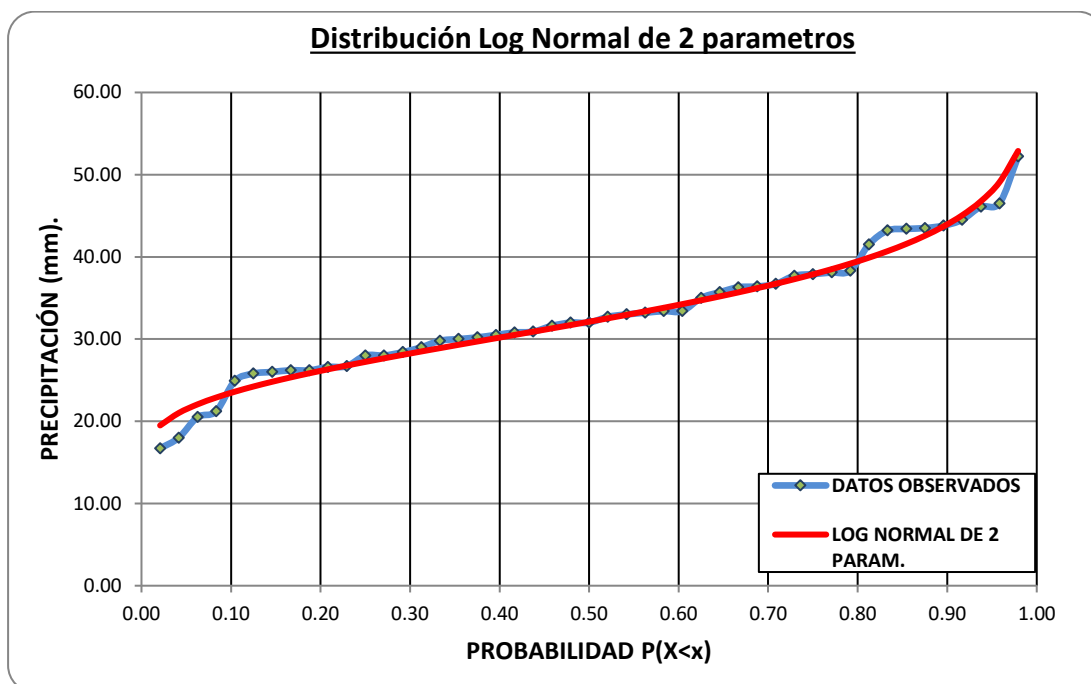


Fuente: Elaboración Propia

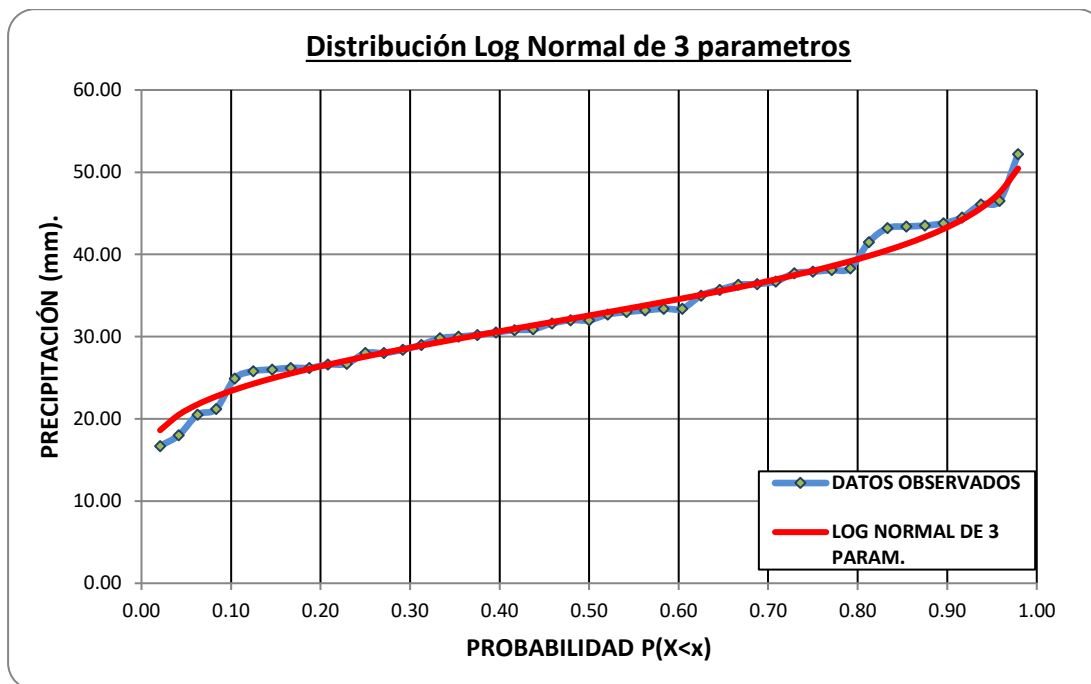


Fuente: Elaboración Propia

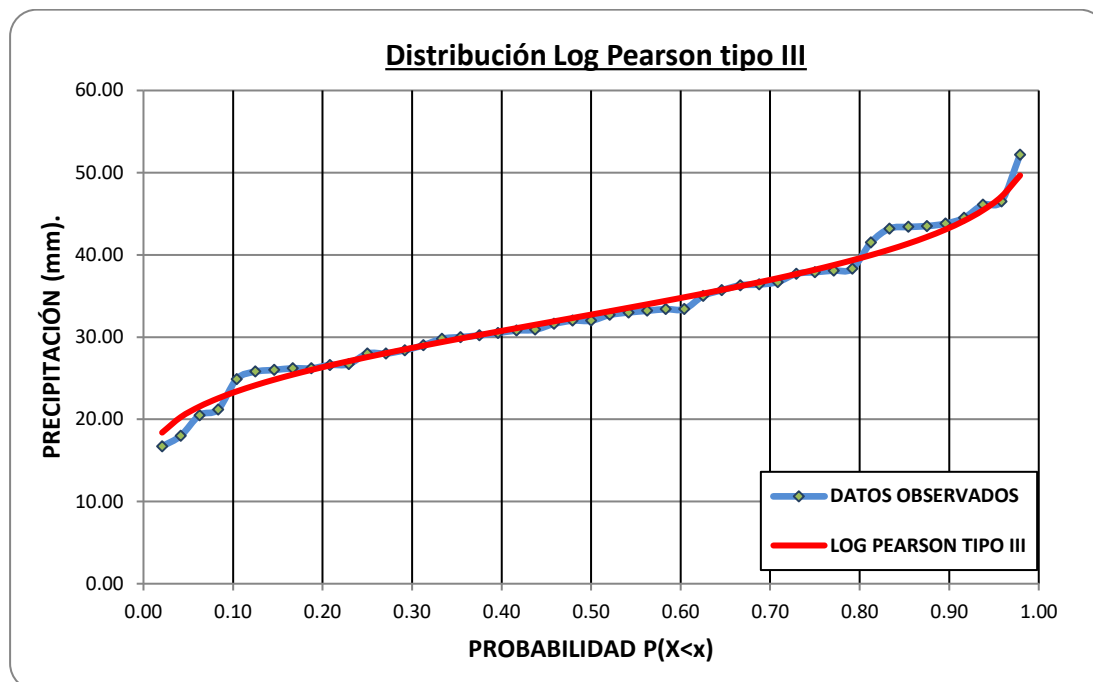
### ANÁLISIS GRÁFICO ESTACIÓN PUTINA



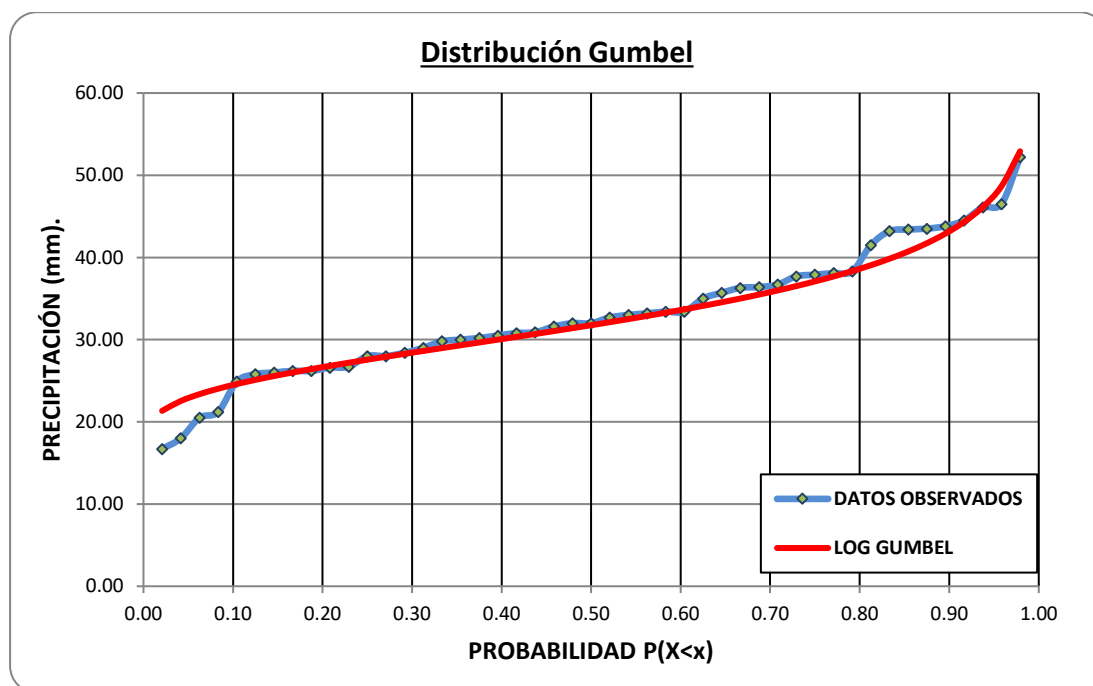
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

**(CUADROS DE PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE DE  
KOLMOGOROV SMIRNOV)**

**ESTACIONES: MOHO Y PUTINA**



**Cuadro 01: Calculo de P(X), F(Z) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov.- Distribucion Log normal 2 parametros**

m	Ln(Xi)	P(x)=m/(n+1)	Z=(X-X)/S	F(Z)	Δ= F(Z)-P(X)
1	3.2734	0.0208	-2.0022	0.0226	0.0018
2	3.2809	0.0417	-1.9705	0.0244	0.0173
3	3.3499	0.0625	-1.6802	0.0465	0.0160
4	3.4436	0.0833	-1.2859	0.0992	0.0159
5	3.4468	0.1042	-1.2725	0.1016	0.0026
6	3.4532	0.1250	-1.2458	0.1064	0.0186
7	3.4563	0.1458	-1.2325	0.1089	0.0370
8	3.4995	0.1667	-1.0507	0.1467	0.0200
9	3.5086	0.1875	-1.0127	0.1556	0.0319
10	3.5410	0.2083	-0.8764	0.1904	0.0179
11	3.5496	0.2292	-0.8399	0.2005	0.0287
12	3.5779	0.2500	-0.7207	0.2355	0.0145
13	3.5973	0.2708	-0.6393	0.2613	0.0095
14	3.6323	0.2917	-0.4920	0.3113	0.0197
15	3.6376	0.3125	-0.4698	0.3192	0.0067
16	3.6533	0.3333	-0.4039	0.3431	0.0098
17	3.6558	0.3542	-0.3930	0.3472	0.0070
18	3.6636	0.3750	-0.3605	0.3592	0.0158
19	3.6763	0.3958	-0.3069	0.3794	0.0164
20	3.6889	0.4167	-0.2540	0.3997	0.0169
21	3.7184	0.4375	-0.1296	0.4484	0.0109
22	3.7257	0.4583	-0.0991	0.4605	0.0022
23	3.7377	0.4792	-0.0487	0.4806	0.0014
24	3.7495	0.5000	0.0011	0.5004	0.0004
25	3.7519	0.5208	0.0109	0.5044	0.0165
26	3.7751	0.5417	0.1086	0.5432	0.0016
27	3.7796	0.5625	0.1278	0.5509	0.0116
28	3.8067	0.5833	0.2415	0.5954	0.0121
29	3.8111	0.6042	0.2602	0.6026	0.0015
30	3.8133	0.6250	0.2695	0.6062	0.0188
31	3.8286	0.6458	0.3340	0.6308	0.0150
32	3.8286	0.6667	0.3340	0.6308	0.0358
33	3.8733	0.6875	0.5218	0.6991	0.0116
34	3.9220	0.7083	0.7267	0.7663	0.0580
35	3.9220	0.7292	0.7267	0.7663	0.0371
36	3.9318	0.7500	0.7682	0.7788	0.0288
37	3.9318	0.7708	0.7682	0.7788	0.0080
38	3.9435	0.7917	0.8174	0.7931	0.0015
39	3.9589	0.8125	0.8821	0.8111	0.0014
40	4.0019	0.8333	1.0628	0.8561	0.0227
41	4.0146	0.8542	1.1163	0.8679	0.0137
42	4.0289	0.8750	1.1767	0.8803	0.0053
43	4.0656	0.8958	1.3310	0.9084	0.0126
44	4.1271	0.9167	1.5899	0.9441	0.0274
45	4.1271	0.9375	1.5899	0.9441	0.0066
46	4.1463	0.9583	1.6705	0.9526	0.0057
47	4.3081	0.9792	2.3513	0.9906	0.0115
prom.	3.75			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0580</b>
Desv. Est	0.24				
Cs	0.06				

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 02: Calculo de P(X), F(Z) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov.- Distribucion Log normal 3 parametros**

m	Ln(Xi-Xo)	P(x)=m/(n+1)	Z=(X-X)/S	F(Z)	Δ= F(Z)-P(X)
1	2.8040	0.0208	-2.1364	0.0163	0.0045
2	2.8160	0.0417	-2.0979	0.0180	0.0237
3	2.9237	0.0625	-1.7540	0.0397	0.0228
4	3.0639	0.0833	-1.3065	0.0957	0.0124
5	3.0685	0.1042	-1.2916	0.0983	0.0059
6	3.0778	0.1250	-1.2620	0.1035	0.0215
7	3.0824	0.1458	-1.2474	0.1061	0.0397
8	3.1446	0.1667	-1.0487	0.1472	0.0195
9	3.1574	0.1875	-1.0077	0.1568	0.0307
10	3.2032	0.2083	-0.8617	0.1944	0.0139
11	3.2153	0.2292	-0.8230	0.2053	0.0239
12	3.2546	0.2500	-0.6973	0.2428	0.0072
13	3.2813	0.2708	-0.6122	0.2702	0.0006
14	3.3290	0.2917	-0.4598	0.3228	0.0311
15	3.3361	0.3125	-0.4370	0.3310	0.0185
16	3.3573	0.3333	-0.3696	0.3558	0.0225
17	3.3607	0.3542	-0.3585	0.3600	0.0058
18	3.3711	0.3750	-0.3254	0.3724	0.0026
19	3.3881	0.3958	-0.2710	0.3932	0.0027
20	3.4049	0.4167	-0.2176	0.4139	0.0028
21	3.4439	0.4375	-0.0928	0.4630	0.0255
22	3.4535	0.4583	-0.0623	0.4752	0.0168
23	3.4692	0.4792	-0.0122	0.4951	0.0160
24	3.4846	0.5000	0.0371	0.5148	0.0148
25	3.4877	0.5208	0.0469	0.5187	0.0021
26	3.5178	0.5417	0.1431	0.5569	0.0152
27	3.5237	0.5625	0.1620	0.5643	0.0018
28	3.5585	0.5833	0.2730	0.6076	0.0242
29	3.5642	0.6042	0.2912	0.6145	0.0104
30	3.5670	0.6250	0.3002	0.6180	0.0070
31	3.5866	0.6458	0.3627	0.6416	0.0043
32	3.5866	0.6667	0.3627	0.6416	0.0251
33	3.6431	0.6875	0.5432	0.7065	0.0190
34	3.7040	0.7083	0.7377	0.7697	0.0613
35	3.7040	0.7292	0.7377	0.7697	0.0405
36	3.7163	0.7500	0.7768	0.7814	0.0314
37	3.7163	0.7708	0.7768	0.7814	0.0105
38	3.7307	0.7917	0.8231	0.7948	0.0031
39	3.7497	0.8125	0.8837	0.8116	0.0009
40	3.8024	0.8333	1.0520	0.8536	0.0203
41	3.8179	0.8542	1.1015	0.8647	0.0105
42	3.8354	0.8750	1.1571	0.8764	0.0014
43	3.8797	0.8958	1.2988	0.9030	0.0072
44	3.9534	0.9167	1.5339	0.9375	0.0208
45	3.9534	0.9375	1.5339	0.9375	0.0000
46	3.9761	0.9583	1.6066	0.9459	0.0124
47	4.1653	0.9792	2.2106	0.9865	0.0073
prom.	3.47	<b>mediana(Xi)</b>	<b>42.50</b>	<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0613</b>
Desv. Est	0.31				
Xo	9.89				

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 03: Calculo de P(X), G(y) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov.-  
Distribucion Log Pearson tipo III**

m	Ln(Xi)	P(x)=m/(n+1)	y=(lnx-Xo)/β	G(y)	Δ= F(Z)-P(X)
1	3.2734	0.0208	1173.3278	2.83E-250	0.0208
2	3.2809	0.0417	1174.4478	1.62E-250	0.0417
3	3.3499	0.0625	1184.6858	9.87E-253	0.0625
4	3.4436	0.0833	1198.5923	9.65E-256	0.0833
5	3.4468	0.1042	1199.0657	7.62E-256	0.1042
6	3.4532	0.1250	1200.0079	4.77E-256	0.1250
7	3.4563	0.1458	1200.4767	3.77E-256	0.1458
8	3.4995	0.1667	1206.8898	1.54E-257	0.1667
9	3.5086	0.1875	1208.2287	7.93E-258	0.1875
10	3.5410	0.2083	1213.0371	7.22E-259	0.2083
11	3.5496	0.2292	1214.3219	3.81E-259	0.2292
12	3.5779	0.2500	1218.5259	4.68E-260	0.2500
13	3.5973	0.2708	1221.3995	1.12E-260	0.2708
14	3.6323	0.2917	1226.5928	8.40E-262	0.2917
15	3.6376	0.3125	1227.3758	5.69E-262	0.3125
16	3.6533	0.3333	1229.7006	1.79E-262	0.3333
17	3.6558	0.3542	1230.0845	1.47E-262	0.3542
18	3.6636	0.3750	1231.2304	8.33E-263	0.3750
19	3.6763	0.3958	1233.1208	3.25E-263	0.3958
20	3.6889	0.4167	1234.9874	1.28E-263	0.4167
21	3.7184	0.4375	1239.3737	1.44E-264	0.4375
22	3.7257	0.4583	1240.4503	8.42E-265	0.4583
23	3.7377	0.4792	1242.2275	3.47E-265	0.4792
24	3.7495	0.5000	1243.9837	1.45E-265	0.5000
25	3.7519	0.5208	1244.3324	1.22E-265	0.5208
26	3.7751	0.5417	1247.7756	2.19E-266	0.5417
27	3.7796	0.5625	1248.4547	1.56E-266	0.5625
28	3.8067	0.5833	1252.4656	2.11E-267	0.5833
29	3.8111	0.6042	1253.1237	1.52E-267	0.6042
30	3.8133	0.6250	1253.4516	1.29E-267	0.6250
31	3.8286	0.6458	1255.7271	4.15E-268	0.6458
32	3.8286	0.6667	1255.7271	4.15E-268	0.6667
33	3.8733	0.6875	1262.3515	1.53E-269	0.6875
34	3.9220	0.7083	1269.5769	4.17E-271	0.7083
35	3.9220	0.7292	1269.5769	4.17E-271	0.7292
36	3.9318	0.7500	1271.0389	2.01E-271	0.7500
37	3.9318	0.7708	1271.0389	2.01E-271	0.7708
38	3.9435	0.7917	1272.7745	8.48E-272	0.7917
39	3.9589	0.8125	1275.0575	2.72E-272	0.8125
40	4.0019	0.8333	1281.4321	1.13E-273	0.8333
41	4.0146	0.8542	1283.3190	4.42E-274	0.8542
42	4.0289	0.8750	1285.4466	1.53E-274	0.8750
43	4.0656	0.8958	1290.8904	1.02E-275	0.8958
44	4.1271	0.9167	1300.0214	1.07E-277	0.9167
45	4.1271	0.9375	1300.0214	1.07E-277	0.9375
46	4.1463	0.9583	1302.8661	2.60E-278	0.9583
47	4.3081	0.9792	1326.8770	1.65E-283	0.9792
<b>Media</b>	<b>3.75</b>			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.9792</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>0.24</b>				
<b>Cs (lnx)</b>	<b>0.06</b>				
<b>param. Forma Y =</b>		<b>1243.95</b>			
<b>param. Escala β =</b>		<b>0.01</b>			
<b>Param. Posicion Xo =</b>		<b>-4.63</b>			

Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro 4: Calculo de P(X), F(X) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov - Extrema tipo I y/o Gumbel**

m	Xi	$P(x)=m/(n+1)$	$y=(Xi-\mu)/\alpha$	F(x)	$\Delta= F(x)-P(X) $
1	26.40	0.0208	-1.5299	0.0099	0.0110
2	26.60	0.0417	-1.5056	0.0110	0.0306
3	28.50	0.0625	-1.2739	0.0280	0.0345
4	31.30	0.0833	-0.9325	0.0788	0.0045
5	31.40	0.1042	-0.9203	0.0813	0.0229
6	31.60	0.1250	-0.8960	0.0863	0.0387
7	31.70	0.1458	-0.8838	0.0889	0.0569
8	33.10	0.1667	-0.7131	0.1300	0.0367
9	33.40	0.1875	-0.6765	0.1399	0.0476
10	34.50	0.2083	-0.5424	0.1790	0.0293
11	34.80	0.2292	-0.5058	0.1905	0.0387
12	35.80	0.2500	-0.3839	0.2304	0.0196
13	36.50	0.2708	-0.2985	0.2598	0.0110
14	37.80	0.2917	-0.1400	0.3165	0.0249
15	38.00	0.3125	-0.1157	0.3254	0.0129
16	38.60	0.3333	-0.0425	0.3522	0.0189
17	38.70	0.3542	-0.0303	0.3567	0.0026
18	39.00	0.3750	0.0063	0.3702	0.0048
19	39.50	0.3958	0.0672	0.3926	0.0032
20	40.00	0.4167	0.1282	0.4149	0.0018
21	41.20	0.4375	0.2745	0.4677	0.0302
22	41.50	0.4583	0.3111	0.4806	0.0223
23	42.00	0.4792	0.3720	0.5019	0.0227
24	42.50	0.5000	0.4330	0.5228	0.0228
25	42.60	0.5208	0.4452	0.5269	0.0061
26	43.60	0.5417	0.5671	0.5671	0.0255
27	43.80	0.5625	0.5915	0.5749	0.0124
28	45.00	0.5833	0.7378	0.6199	0.0366
29	45.20	0.6042	0.7622	0.6271	0.0229
30	45.30	0.6250	0.7744	0.6307	0.0057
31	46.00	0.6458	0.8597	0.6549	0.0091
32	46.00	0.6667	0.8597	0.6549	0.0118
33	48.10	0.6875	1.1157	0.7206	0.0331
34	50.50	0.7083	1.4083	0.7831	0.0747
35	50.50	0.7292	1.4083	0.7831	0.0539
36	51.00	0.7500	1.4693	0.7945	0.0445
37	51.00	0.7708	1.4693	0.7945	0.0236
38	51.60	0.7917	1.5425	0.8075	0.0158
39	52.40	0.8125	1.6400	0.8237	0.0112
40	54.70	0.8333	1.9204	0.8637	0.0304
41	55.40	0.8542	2.0058	0.8741	0.0199
42	56.20	0.8750	2.1033	0.8851	0.0101
43	58.30	0.8958	2.3593	0.9098	0.0140
44	62.00	0.9167	2.8104	0.9416	0.0249
45	62.00	0.9375	2.8104	0.9416	0.0041
46	63.20	0.9583	2.9567	0.9493	0.0090
47	74.30	0.9792	4.3101	0.9867	0.0075
<b>Media</b>	<b>43.68</b>			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0747</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>10.52</b>				
<b>α</b>	<b>8.20</b>				
<b>μ</b>	<b>38.95</b>				

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 01: Calculo de P(X), F(Z) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov.- Distribucion Log normal 2 parametros**

m	Ln(Xi)	P(x)=m/(n+1)	Z=(X-X)/S	F(Z)	Δ= F(Z)-P(X)
1	2.8154	0.0208	-2.6698	0.0038	0.0170
2	2.8904	0.0417	-2.3637	0.0090	0.0326
3	3.0204	0.0625	-1.8326	0.0334	0.0291
4	3.0540	0.0833	-1.6955	0.0450	0.0383
5	3.2149	0.1042	-1.0386	0.1495	0.0453
6	3.2504	0.1250	-0.8936	0.1858	0.0608
7	3.2581	0.1458	-0.8620	0.1943	0.0485
8	3.2658	0.1667	-0.8307	0.2031	0.0364
9	3.2658	0.1875	-0.8307	0.2031	0.0156
10	3.2809	0.2083	-0.7689	0.2210	0.0127
11	3.2847	0.2292	-0.7535	0.2256	0.0036
12	3.3322	0.2500	-0.5594	0.2880	0.0380
13	3.3322	0.2708	-0.5594	0.2880	0.0171
14	3.3464	0.2917	-0.5015	0.3080	0.0164
15	3.3673	0.3125	-0.4161	0.3387	0.0262
16	3.3945	0.3333	-0.3050	0.3802	0.0469
17	3.4012	0.3542	-0.2776	0.3906	0.0365
18	3.4078	0.3750	-0.2505	0.4011	0.0261
19	3.4177	0.3958	-0.2101	0.4168	0.0209
20	3.4275	0.4167	-0.1702	0.4324	0.0158
21	3.4308	0.4375	-0.1569	0.4377	0.0002
22	3.4532	0.4583	-0.0654	0.4739	0.0156
23	3.4657	0.4792	-0.0141	0.4944	0.0152
24	3.4657	0.5000	-0.0141	0.4944	0.0056
25	3.4874	0.5208	0.0743	0.5296	0.0088
26	3.4965	0.5417	0.1116	0.5444	0.0028
27	3.5025	0.5625	0.1363	0.5542	0.0083
28	3.5086	0.5833	0.1608	0.5639	0.0195
29	3.5086	0.6042	0.1608	0.5639	0.0403
30	3.5553	0.6250	0.3519	0.6375	0.0125
31	3.5752	0.6458	0.4327	0.6674	0.0216
32	3.5918	0.6667	0.5008	0.6917	0.0251
33	3.5946	0.6875	0.5120	0.6957	0.0082
34	3.6028	0.7083	0.5456	0.7073	0.0010
35	3.6297	0.7292	0.6553	0.7439	0.0147
36	3.6350	0.7500	0.6769	0.7508	0.0008
37	3.6402	0.7708	0.6984	0.7575	0.0133
38	3.6454	0.7917	0.7198	0.7642	0.0275
39	3.7257	0.8125	1.0475	0.8526	0.0401
40	3.7658	0.8333	1.2115	0.8871	0.0538
41	3.7705	0.8542	1.2303	0.8907	0.0365
42	3.7728	0.8750	1.2397	0.8925	0.0175
43	3.7796	0.8958	1.2678	0.8976	0.0017
44	3.7955	0.9167	1.3325	0.9087	0.0080
45	3.8308	0.9375	1.4768	0.9301	0.0074
46	3.8395	0.9583	1.5121	0.9347	0.0236
47	3.9551	0.9792	1.9843	0.9764	0.0028
prom.	3.47			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0608</b>
Desv. Est	0.24				
Cs	-0.48				

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 02: Calculo de P(X), F(Z) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov.-  
Distribucion Log normal 3 parametros**

<b>m</b>	<b>Ln(Xi-Xo)</b>	<b>P(x)=m/(n+1)</b>	<b>Z=(X-X)/S</b>	<b>F(Z)</b>	<b>Δ= F(Z)-P(X) </b>
1	3.8665	0.0208	-2.3605	0.0091	0.0117
2	3.8933	0.0417	-2.1395	0.0162	0.0255
3	3.9430	0.0625	-1.7307	0.0418	0.0207
4	3.9565	0.0833	-1.6197	0.0526	0.0307
5	4.0249	0.1042	-1.0570	0.1453	0.0411
6	4.0408	0.1250	-0.9257	0.1773	0.0523
7	4.0443	0.1458	-0.8969	0.1849	0.0391
8	4.0478	0.1667	-0.8681	0.1927	0.0260
9	4.0478	0.1875	-0.8681	0.1927	0.0052
10	4.0548	0.2083	-0.8108	0.2087	0.0004
11	4.0565	0.2292	-0.7965	0.2129	0.0163
12	4.0788	0.2500	-0.6134	0.2698	0.0198
13	4.0788	0.2708	-0.6134	0.2698	0.0010
14	4.0855	0.2917	-0.5579	0.2885	0.0032
15	4.0956	0.3125	-0.4753	0.3173	0.0048
16	4.1088	0.3333	-0.3665	0.3570	0.0237
17	4.1121	0.3542	-0.3395	0.3671	0.0130
18	4.1153	0.3750	-0.3126	0.3773	0.0023
19	4.1202	0.3958	-0.2724	0.3927	0.0032
20	4.1251	0.4167	-0.2324	0.4081	0.0085
21	4.1267	0.4375	-0.2191	0.4133	0.0242
22	4.1379	0.4583	-0.1267	0.4496	0.0087
23	4.1443	0.4792	-0.0743	0.4704	0.0088
24	4.1443	0.5000	-0.0743	0.4704	0.0296
25	4.1553	0.5208	0.0165	0.5066	0.0143
26	4.1600	0.5417	0.0551	0.5220	0.0197
27	4.1631	0.5625	0.0808	0.5322	0.0303
28	4.1663	0.5833	0.1063	0.5423	0.0410
29	4.1663	0.6042	0.1063	0.5423	0.0618
30	4.1908	0.6250	0.3080	0.6210	0.0040
31	4.2013	0.6458	0.3948	0.6535	0.0077
32	4.2103	0.6667	0.4684	0.6802	0.0136
33	4.2117	0.6875	0.4806	0.6846	0.0029
34	4.2162	0.7083	0.5171	0.6974	0.0109
35	4.2308	0.7292	0.6376	0.7381	0.0090
36	4.2337	0.7500	0.6615	0.7459	0.0041
37	4.2366	0.7708	0.6853	0.7534	0.0174
38	4.2395	0.7917	0.7091	0.7609	0.0308
39	4.2846	0.8125	1.0801	0.8600	0.0475
40	4.3078	0.8333	1.2707	0.8981	0.0647
41	4.3104	0.8542	1.2928	0.9020	0.0478
42	4.3118	0.8750	1.3038	0.9039	0.0289
43	4.3158	0.8958	1.3369	0.9094	0.0135
44	4.3251	0.9167	1.4135	0.9212	0.0046
45	4.3461	0.9375	1.5858	0.9436	0.0061
46	4.3512	0.9583	1.6284	0.9483	0.0101
47	4.4221	0.9792	2.2118	0.9865	0.0073
prom.	4.15	<b>mediana(Xi)</b>	<b>32.00</b>	<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0647</b>
Desv. Est	0.12				
Xo	-31.07				

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 03: Calculo de P(X), G(y) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov.-  
Distribucion Log Pearson tipo III**

m	Ln(Xi)	P(x)=m/(n+1)	y=(lnx-Xo)/β	G(y)	Δ= F(Z)-P(X)
1	2.8154	0.0208	28.9123	6.32E-05	0.0208
2	2.8904	0.0417	27.6250	1.11E-04	0.0416
3	3.0204	0.0625	25.3915	2.89E-04	0.0622
4	3.0540	0.0833	24.8149	3.69E-04	0.0830
5	3.2149	0.1042	22.0523	1.18E-03	0.1030
6	3.2504	0.1250	21.4425	1.53E-03	0.1235
7	3.2581	0.1458	21.3099	1.61E-03	0.1442
8	3.2658	0.1667	21.1783	1.70E-03	0.1650
9	3.2658	0.1875	21.1783	1.70E-03	0.1858
10	3.2809	0.2083	20.9181	1.90E-03	0.2064
11	3.2847	0.2292	20.8536	1.95E-03	0.2272
12	3.3322	0.2500	20.0372	2.73E-03	0.2473
13	3.3322	0.2708	20.0372	2.73E-03	0.2681
14	3.3464	0.2917	19.7936	3.01E-03	0.2887
15	3.3673	0.3125	19.4346	3.49E-03	0.3090
16	3.3945	0.3333	18.9672	4.22E-03	0.3291
17	3.4012	0.3542	18.8523	4.42E-03	0.3497
18	3.4078	0.3750	18.7382	4.63E-03	0.3704
19	3.4177	0.3958	18.5685	4.96E-03	0.3909
20	3.4275	0.4167	18.4004	5.31E-03	0.4114
21	3.4308	0.4375	18.3447	5.43E-03	0.4321
22	3.4532	0.4583	17.9600	6.33E-03	0.4520
23	3.4657	0.4792	17.7440	6.90E-03	0.4723
24	3.4657	0.5000	17.7440	6.90E-03	0.4931
25	3.4874	0.5208	17.3724	8.01E-03	0.5128
26	3.4965	0.5417	17.2155	8.52E-03	0.5331
27	3.5025	0.5625	17.1118	8.88E-03	0.5536
28	3.5086	0.5833	17.0086	9.25E-03	0.5741
29	3.5086	0.6042	17.0086	9.25E-03	0.5949
30	3.5553	0.6250	16.2051	1.27E-02	0.6123
31	3.5752	0.6458	15.8650	1.45E-02	0.6313
32	3.5918	0.6667	15.5787	1.62E-02	0.6505
33	3.5946	0.6875	15.5315	1.65E-02	0.6710
34	3.6028	0.7083	15.3905	1.74E-02	0.6909
35	3.6297	0.7292	14.9289	2.08E-02	0.7083
36	3.6350	0.7500	14.8380	2.16E-02	0.7284
37	3.6402	0.7708	14.7476	2.23E-02	0.7485
38	3.6454	0.7917	14.6577	2.31E-02	0.7686
39	3.7257	0.8125	13.2796	3.88E-02	0.7737
40	3.7658	0.8333	12.5902	5.00E-02	0.7833
41	3.7705	0.8542	12.5109	5.15E-02	0.8027
42	3.7728	0.8750	12.4713	5.22E-02	0.8228
43	3.7796	0.8958	12.3533	5.45E-02	0.8413
44	3.7955	0.9167	12.0810	6.02E-02	0.8565
45	3.8308	0.9375	11.4744	7.48E-02	0.8627
46	3.8395	0.9583	11.3260	7.88E-02	0.8795
47	3.9551	0.9792	9.3403	1.55E-01	0.8238
<b>Media</b>	<b>3.47</b>			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.87953</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>0.24</b>				
<b>Cs (lnx)</b>	<b>-0.48</b>				
<b>param. Forma Y =</b>			<b>17.68</b>		
<b>param. Escala β =</b>			<b>-0.06</b>		
<b>Param. Posicion Xo =</b>			<b>4.50</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 4: Calculo de P(X), F(X) y Δ, para la prueba Smirnov-Kolmogorov -  
Extrema tipo I y/o Gumbel**

m	Xi	$P(x)=m/(n+1)$	$y=(Xi-\mu)/\alpha$	F(x)	$\Delta= F(x)-P(X) $
1	16.70	0.0208	-2.1203	0.0002	0.0206
2	18.00	0.0417	-1.9056	0.0012	0.0405
3	20.50	0.0625	-1.4927	0.0117	0.0508
4	21.20	0.0833	-1.3771	0.0190	0.0643
5	24.90	0.1042	-0.7659	0.1164	0.0122
6	25.80	0.1250	-0.6173	0.1566	0.0316
7	26.00	0.1458	-0.5843	0.1664	0.0205
8	26.20	0.1667	-0.5512	0.1763	0.0097
9	26.20	0.1875	-0.5512	0.1763	0.0112
10	26.60	0.2083	-0.4852	0.1970	0.0113
11	26.70	0.2292	-0.4686	0.2023	0.0268
12	28.00	0.2500	-0.2539	0.2755	0.0255
13	28.00	0.2708	-0.2539	0.2755	0.0047
14	28.40	0.2917	-0.1878	0.2992	0.0075
15	29.00	0.3125	-0.0887	0.3353	0.0228
16	29.80	0.3333	0.0434	0.3838	0.0505
17	30.00	0.3542	0.0764	0.3960	0.0418
18	30.20	0.3750	0.1095	0.4081	0.0331
19	30.50	0.3958	0.1590	0.4261	0.0303
20	30.80	0.4167	0.2086	0.4441	0.0274
21	30.90	0.4375	0.2251	0.4500	0.0125
22	31.60	0.4583	0.3407	0.4910	0.0327
23	32.00	0.4792	0.4068	0.5139	0.0347
24	32.00	0.5000	0.4068	0.5139	0.0139
25	32.70	0.5208	0.5224	0.5526	0.0318
26	33.00	0.5417	0.5719	0.5687	0.0270
27	33.20	0.5625	0.6050	0.5792	0.0167
28	33.40	0.5833	0.6380	0.5896	0.0062
29	33.40	0.6042	0.6380	0.5896	0.0146
30	35.00	0.6250	0.9023	0.6665	0.0415
31	35.70	0.6458	1.0179	0.6967	0.0509
32	36.30	0.6667	1.1170	0.7209	0.0542
33	36.40	0.6875	1.1335	0.7248	0.0373
34	36.70	0.7083	1.1831	0.7361	0.0278
35	37.70	0.7292	1.3482	0.7713	0.0421
36	37.90	0.7500	1.3813	0.7778	0.0278
37	38.10	0.7708	1.4143	0.7842	0.0134
38	38.30	0.7917	1.4473	0.7904	0.0012
39	41.50	0.8125	1.9759	0.8705	0.0580
40	43.20	0.8333	2.2567	0.9006	0.0673
41	43.40	0.8542	2.2897	0.9037	0.0495
42	43.50	0.8750	2.3062	0.9052	0.0302
43	43.80	0.8958	2.3558	0.9095	0.0137
44	44.50	0.9167	2.4714	0.9190	0.0023
45	46.10	0.9375	2.7357	0.9372	0.0003
46	46.50	0.9583	2.8017	0.9411	0.0172
47	52.20	0.9792	3.7432	0.9766	0.0026
<b>Media</b>	<b>33.03</b>			<b>Valor Max.=</b>	<b>0.0673</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>7.77</b>				
<b>α</b>	<b>6.05</b>				
<b>μ</b>	<b>29.54</b>				

Fuente: Elaboración propia



**CALCULO DE LAS ECUACIONES IDF ESTACIÓN HUANCANÉ**

n	I (mm/hr)	TR (años)	D	Y=ln(1)	X1=ln(2)	X2=ln(D)*	X1.Y	X2.Y	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X1.X2
	1	2		3	4	5	6=4*3	7=5*3	8=4^2	9=5^2	10=4*5
1	16.16	2.00	60.00	2.7828	0.6931	4.0943	1.9289	11.3939	0.4805	16.7637	2.8380
2	10.22	2.00	120.00	2.3245	0.6931	4.7875	1.6112	11.1284	0.4805	22.9201	3.3184
3	7.51	2.00	180.00	2.0160	0.6931	5.1930	1.3974	10.4690	0.4805	26.9668	3.5995
4	6.09	2.00	240.00	1.8075	0.6931	5.4806	1.2528	9.9060	0.4805	30.0374	3.7989
5	5.13	2.00	300.00	1.6358	0.6931	5.7038	1.1338	9.3300	0.4805	32.5331	3.9536
6	4.47	2.00	360.00	1.4981	0.6931	5.8861	1.0384	8.8182	0.4805	34.6462	4.0799
7	3.60	2.00	480.00	1.2812	0.6931	6.1738	0.8881	7.9101	0.4805	38.1156	4.2793
8	3.04	2.00	600.00	1.1118	0.6931	6.3969	0.7707	7.1122	0.4805	40.9207	4.4340
9	2.66	2.00	720.00	0.9769	0.6931	6.5793	0.6772	6.4274	0.4805	43.2865	4.5604
10	2.36	2.00	840.00	0.8601	0.6931	6.7334	0.5962	5.7912	0.4805	45.3387	4.6672
11	2.14	2.00	960.00	0.7614	0.6931	6.8669	0.5278	5.2284	0.4805	47.1548	4.7598
12	1.96	2.00	1080.00	0.6709	0.6931	6.9847	0.4650	4.6858	0.4805	48.7863	4.8414
13	1.81	2.00	1200.00	0.5910	0.6931	7.0901	0.4096	4.1901	0.4805	50.2692	4.9145
14	1.68	2.00	1320.00	0.5205	0.6931	7.1854	0.3608	3.7401	0.4805	51.6298	4.9805
15	1.58	2.00	1440.00	0.4557	0.6931	7.2724	0.3159	3.3144	0.4805	52.8878	5.0408
16	20.28	5.00	60.00	3.0097	1.6094	4.0943	4.8439	12.3227	2.5903	16.7637	6.5896
17	12.82	5.00	120.00	2.5513	1.6094	4.7875	4.1062	12.2144	2.5903	22.9201	7.7052
18	9.42	5.00	180.00	2.2428	1.6094	5.1930	3.6097	11.6470	2.5903	26.9668	8.3577
19	7.65	5.00	240.00	2.0343	1.6094	5.4806	3.2741	11.1493	2.5903	30.0374	8.8207
20	6.44	5.00	300.00	1.8626	1.6094	5.7038	2.9977	10.6239	2.5903	32.5331	9.1799
21	5.61	5.00	360.00	1.7250	1.6094	5.8861	2.7763	10.1535	2.5903	34.6462	9.4733
22	4.52	5.00	480.00	1.5081	1.6094	6.1738	2.4272	9.3106	2.5903	38.1156	9.9363
23	3.81	5.00	600.00	1.3387	1.6094	6.3969	2.1545	8.5634	2.5903	40.9207	10.2955
24	3.33	5.00	720.00	1.2038	1.6094	6.5793	1.9374	7.9199	2.5903	43.2865	10.5889
25	2.97	5.00	840.00	1.0869	1.6094	6.7334	1.7493	7.3187	2.5903	45.3387	10.8370
26	2.69	5.00	960.00	0.9882	1.6094	6.8669	1.5905	6.7862	2.5903	47.1548	11.0519
27	2.45	5.00	1080.00	0.8977	1.6094	6.9847	1.4448	6.2702	2.5903	48.7863	11.2415
28	2.27	5.00	1200.00	0.8178	1.6094	7.0901	1.3162	5.7985	2.5903	50.2692	11.4110
29	2.11	5.00	1320.00	0.7474	1.6094	7.1854	1.2028	5.3701	2.5903	51.6298	11.5644
30	1.98	5.00	1440.00	0.6826	1.6094	7.2724	1.0986	4.9641	2.5903	52.8878	11.7045
31	22.84	10.00	60.00	3.1284	2.3026	4.0943	7.2033	12.8086	5.3019	16.7637	9.4276
32	14.44	10.00	120.00	2.6700	2.3026	4.7875	6.1479	12.7827	5.3019	22.9201	11.0236
33	10.61	10.00	180.00	2.3615	2.3026	5.1930	5.4376	12.2634	5.3019	26.9668	11.9572
34	8.61	10.00	240.00	2.1530	2.3026	5.4806	4.9575	11.7998	5.3019	30.0374	12.6196
35	7.25	10.00	300.00	1.9813	2.3026	5.7038	4.5621	11.3009	5.3019	32.5331	13.1334
36	6.32	10.00	360.00	1.8437	2.3026	5.8861	4.2452	10.8521	5.3019	34.6462	13.5533
37	5.09	10.00	480.00	1.6268	2.3026	6.1738	3.7458	10.0434	5.3019	38.1156	14.2157
38	4.29	10.00	600.00	1.4574	2.3026	6.3969	3.3557	9.3226	5.3019	40.9207	14.7295
39	3.75	10.00	720.00	1.3225	2.3026	6.5793	3.0451	8.7008	5.3019	43.2865	15.1493
40	3.34	10.00	840.00	1.2056	2.3026	6.7334	2.7760	8.1179	5.3019	45.3387	15.5042
41	3.03	10.00	960.00	1.1069	2.3026	6.8669	2.5488	7.6013	5.3019	47.1548	15.8117
42	2.76	10.00	1080.00	1.0164	2.3026	6.9847	2.3404	7.0993	5.3019	48.7863	16.0829
43	2.55	10.00	1200.00	0.9365	2.3026	7.0901	2.1564	6.6400	5.3019	50.2692	16.3255
44	2.38	10.00	1320.00	0.8661	2.3026	7.1854	1.9942	6.2230	5.3019	51.6298	16.5450
45	2.23	10.00	1440.00	0.8013	2.3026	7.2724	1.8450	5.8273	5.3019	52.8878	16.7453

46	25.19	20.00	60.00	3.2264	2.9957	4.0943	9.6653	13.2099	8.9744	16.7637	12.2656
47	15.93	20.00	120.00	2.7680	2.9957	4.7875	8.2922	13.2518	8.9744	22.9201	14.3420
48	11.70	20.00	180.00	2.4595	2.9957	5.1930	7.3681	12.7722	8.9744	26.9668	15.5567
49	9.50	20.00	240.00	2.2510	2.9957	5.4806	6.7434	12.3368	8.9744	30.0374	16.4185
50	8.00	20.00	300.00	2.0793	2.9957	5.7038	6.2290	11.8598	8.9744	32.5331	17.0870
51	6.97	20.00	360.00	1.9417	2.9957	5.8861	5.8167	11.4289	8.9744	34.6462	17.6332
52	5.61	20.00	480.00	1.7248	2.9957	6.1738	5.1670	10.6484	8.9744	38.1156	18.4950
53	4.74	20.00	600.00	1.5554	2.9957	6.3969	4.6594	9.9495	8.9744	40.9207	19.1635
54	4.14	20.00	720.00	1.4205	2.9957	6.5793	4.2553	9.3455	8.9744	43.2865	19.7097
55	3.68	20.00	840.00	1.3036	2.9957	6.7334	3.9053	8.7777	8.9744	45.3387	20.1715
56	3.34	20.00	960.00	1.2049	2.9957	6.8669	3.6096	8.2742	8.9744	47.1548	20.5715
57	3.05	20.00	1080.00	1.1144	2.9957	6.9847	3.3384	7.7837	8.9744	48.7863	20.9243
58	2.81	20.00	1200.00	1.0345	2.9957	7.0901	3.0991	7.3348	8.9744	50.2692	21.2400
59	2.62	20.00	1320.00	0.9640	2.9957	7.1854	2.8880	6.9271	8.9744	51.6298	21.5255
60	2.46	20.00	1440.00	0.8993	2.9957	7.2724	2.6940	6.5399	8.9744	52.8878	21.7862
61	28.12	50.00	60.00	3.3366	3.9120	4.0943	13.0529	13.6613	15.3039	16.7637	16.0172
62	17.78	50.00	120.00	2.8783	3.9120	4.7875	11.2598	13.7796	15.3039	22.9201	18.7288
63	13.06	50.00	180.00	2.5698	3.9120	5.1930	10.0531	13.3448	15.3039	26.9668	20.3150
64	10.60	50.00	240.00	2.3612	3.9120	5.4806	9.2372	12.9411	15.3039	30.0374	21.4404
65	8.93	50.00	300.00	2.1895	3.9120	5.7038	8.5656	12.4887	15.3039	32.5331	22.3133
66	7.78	50.00	360.00	2.0519	3.9120	5.8861	8.0272	12.0779	15.3039	34.6462	23.0266
67	6.27	50.00	480.00	1.8350	3.9120	6.1738	7.1787	11.3291	15.3039	38.1156	24.1520
68	5.29	50.00	600.00	1.6656	3.9120	6.3969	6.5159	10.6548	15.3039	40.9207	25.0249
69	4.62	50.00	720.00	1.5307	3.9120	6.5793	5.9882	10.0709	15.3039	43.2865	25.7382
70	4.11	50.00	840.00	1.4139	3.9120	6.7334	5.5311	9.5201	15.3039	45.3387	26.3412
71	3.73	50.00	960.00	1.3152	3.9120	6.8669	5.1450	9.0313	15.3039	47.1548	26.8636
72	3.40	50.00	1080.00	1.2247	3.9120	6.9847	4.7909	8.5538	15.3039	48.7863	27.3244
73	3.14	50.00	1200.00	1.1448	3.9120	7.0901	4.4784	8.1165	15.3039	50.2692	27.7365
74	2.93	50.00	1320.00	1.0743	3.9120	7.1854	4.2027	7.7193	15.3039	51.6298	28.1094
75	2.74	50.00	1440.00	1.0095	3.9120	7.2724	3.9493	7.3418	15.3039	52.8878	28.4498
76	30.27	100.00	60.00	3.4101	4.6052	4.0943	15.7041	13.9622	21.2076	16.7637	18.8552
77	19.14	100.00	120.00	2.9517	4.6052	4.7875	13.5933	14.1315	21.2076	22.9201	22.0472
78	14.06	100.00	180.00	2.6433	4.6052	5.1930	12.1727	13.7264	21.2076	26.9668	23.9145
79	11.41	100.00	240.00	2.4347	4.6052	5.4806	11.2124	13.3439	21.2076	30.0374	25.2393
80	9.61	100.00	300.00	2.2630	4.6052	5.7038	10.4217	12.9079	21.2076	32.5331	26.2669
81	8.38	100.00	360.00	2.1254	4.6052	5.8861	9.7879	12.5105	21.2076	34.6462	27.1065
82	6.74	100.00	480.00	1.9085	4.6052	6.1738	8.7891	11.7828	21.2076	38.1156	28.4313
83	5.69	100.00	600.00	1.7391	4.6052	6.3969	8.0088	11.1249	21.2076	40.9207	29.4589
84	4.97	100.00	720.00	1.6042	4.6052	6.5793	7.3876	10.5544	21.2076	43.2865	30.2986
85	4.43	100.00	840.00	1.4874	4.6052	6.7334	6.8495	10.0149	21.2076	45.3387	31.0085
86	4.01	100.00	960.00	1.3887	4.6052	6.8669	6.3951	9.5359	21.2076	47.1548	31.6234
87	3.66	100.00	1080.00	1.2981	4.6052	6.9847	5.9782	9.0671	21.2076	48.7863	32.1658
88	3.38	100.00	1200.00	1.2183	4.6052	7.0901	5.6103	8.6376	21.2076	50.2692	32.6510
89	3.15	100.00	1320.00	1.1478	4.6052	7.1854	5.2858	8.2474	21.2076	51.6298	33.0899
90	2.95	100.00	1440.00	1.0830	4.6052	7.2724	4.9875	7.8762	21.2076	52.8878	33.4906
SUMA TOTAL				148.7201	241.7714	554.5692	424.1551	859.7355	807.8785	3493.5400	1489.7666

Fuente: elaboración propia

**CALCULO DE LAS ECUACIONES IDF ESTACIÓN HUARAYA - MOHO**

n	i (mm/hr)	TR (años)	D	Y=ln(1)	X1=ln(2)	X2=ln(D)*	X1.Y	X2.Y	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X1.X2
	1	2		3	4	5	6=4*3	7=5*3	8=4^2	9=5^2	10=4*5
1	18.14	2.00	60.00	2.8983	0.6931	4.0943	2.0089	11.8666	0.4805	16.7637	2.8380
2	11.47	2.00	120.00	2.4399	0.6931	4.7875	1.6912	11.6811	0.4805	22.9201	3.3184
3	8.43	2.00	180.00	2.1314	0.6931	5.1930	1.4774	11.0685	0.4805	26.9668	3.5995
4	6.84	2.00	240.00	1.9229	0.6931	5.4806	1.3329	10.5387	0.4805	30.0374	3.7989
5	5.76	2.00	300.00	1.7512	0.6931	5.7038	1.2138	9.9885	0.4805	32.5331	3.9536
6	5.02	2.00	360.00	1.6136	0.6931	5.8861	1.1185	9.4978	0.4805	34.6462	4.0799
7	4.04	2.00	480.00	1.3967	0.6931	6.1738	0.9681	8.6229	0.4805	38.1156	4.2793
8	3.41	2.00	600.00	1.2273	0.6931	6.3969	0.8507	7.8507	0.4805	40.9207	4.4340
9	2.98	2.00	720.00	1.0924	0.6931	6.5793	0.7572	7.1870	0.4805	43.2865	4.5604
10	2.65	2.00	840.00	0.9755	0.6931	6.7334	0.6762	6.5686	0.4805	45.3387	4.6672
11	2.40	2.00	960.00	0.8768	0.6931	6.8669	0.6078	6.0212	0.4805	47.1548	4.7598
12	2.20	2.00	1080.0	0.7863	0.6931	6.9847	0.5450	5.4922	0.4805	48.7863	4.8414
13	2.03	2.00	1200.0	0.7064	0.6931	7.0901	0.4897	5.0086	0.4805	50.2692	4.9145
14	1.89	2.00	1320.0	0.6360	0.6931	7.1854	0.4408	4.5697	0.4805	51.6298	4.9805
15	1.77	2.00	1440.0	0.5712	0.6931	7.2724	0.3959	4.1540	0.4805	52.8878	5.0408
16	22.16	5.00	60.00	3.0983	1.6094	4.0943	4.9865	12.6854	2.5903	16.7637	6.5896
17	14.01	5.00	120.00	2.6399	1.6094	4.7875	4.2488	12.6386	2.5903	22.9201	7.7052
18	10.29	5.00	180.00	2.3314	1.6094	5.1930	3.7523	12.1071	2.5903	26.9668	8.3577
19	8.36	5.00	240.00	2.1229	1.6094	5.4806	3.4167	11.6348	2.5903	30.0374	8.8207
20	7.04	5.00	300.00	1.9512	1.6094	5.7038	3.1403	11.1292	2.5903	32.5331	9.1799
21	6.13	5.00	360.00	1.8136	1.6094	5.8861	2.9189	10.6750	2.5903	34.6462	9.4733
22	4.94	5.00	480.00	1.5967	1.6094	6.1738	2.5698	9.8576	2.5903	38.1156	9.9363
23	4.17	5.00	600.00	1.4273	1.6094	6.3969	2.2971	9.1301	2.5903	40.9207	10.2955
24	3.64	5.00	720.00	1.2924	1.6094	6.5793	2.0800	8.5028	2.5903	43.2865	10.5889
25	3.24	5.00	840.00	1.1755	1.6094	6.7334	1.8919	7.9152	2.5903	45.3387	10.8370
26	2.94	5.00	960.00	1.0768	1.6094	6.8669	1.7331	7.3946	2.5903	47.1548	11.0519
27	2.68	5.00	1080.0	0.9863	1.6094	6.9847	1.5874	6.8891	2.5903	48.7863	11.2415
28	2.48	5.00	1200.0	0.9064	1.6094	7.0901	1.4588	6.4266	2.5903	50.2692	11.4110
29	2.31	5.00	1320.0	0.8360	1.6094	7.1854	1.3454	6.0067	2.5903	51.6298	11.5644
30	2.16	5.00	1440.0	0.7712	1.6094	7.2724	1.2412	5.6084	2.5903	52.8878	11.7045
31	24.60	10.00	60.00	3.2029	2.3026	4.0943	7.3750	13.1139	5.3019	16.7637	9.4276
32	15.56	10.00	120.00	2.7446	2.3026	4.7875	6.3196	13.1395	5.3019	22.9201	11.0236
33	11.43	10.00	180.00	2.4361	2.3026	5.1930	5.6093	12.6505	5.3019	26.9668	11.9572
34	9.28	10.00	240.00	2.2275	2.3026	5.4806	5.1291	12.2083	5.3019	30.0374	12.6196
35	7.81	10.00	300.00	2.0558	2.3026	5.7038	4.7338	11.7261	5.3019	32.5331	13.1334
36	6.81	10.00	360.00	1.9182	2.3026	5.8861	4.4169	11.2909	5.3019	34.6462	13.5533
37	5.48	10.00	480.00	1.7013	2.3026	6.1738	3.9175	10.5036	5.3019	38.1156	14.2157
38	4.63	10.00	600.00	1.5319	2.3026	6.3969	3.5273	9.7995	5.3019	40.9207	14.7295
39	4.04	10.00	720.00	1.3970	2.3026	6.5793	3.2167	9.1913	5.3019	43.2865	15.1493
40	3.60	10.00	840.00	1.2802	2.3026	6.7334	2.9477	8.6198	5.3019	45.3387	15.5042
41	3.26	10.00	960.00	1.1815	2.3026	6.8669	2.7205	8.1132	5.3019	47.1548	15.8117
42	2.98	10.00	1080.0	1.0909	2.3026	6.9847	2.5120	7.6200	5.3019	48.7863	16.0829
43	2.75	10.00	1200.0	1.0111	2.3026	7.0901	2.3281	7.1685	5.3019	50.2692	16.3255
44	2.56	10.00	1320.0	0.9406	2.3026	7.1854	2.1658	6.7586	5.3019	51.6298	16.5450
45	2.40	10.00	1440.0	0.8758	2.3026	7.2724	2.0167	6.3694	5.3019	52.8878	16.7453

46	26.82	20.00	60.00	3.2893	2.9957	4.0943	9.8539	13.4676	8.9744	16.7637	12.2656
47	16.96	20.00	120.00	2.8309	2.9957	4.7875	8.4808	13.5531	8.9744	22.9201	14.3420
48	12.46	20.00	180.00	2.5225	2.9957	5.1930	7.5567	13.0991	8.9744	26.9668	15.5567
49	10.11	20.00	240.00	2.3139	2.9957	5.4806	6.9319	12.6818	8.9744	30.0374	16.4185
50	8.52	20.00	300.00	2.1422	2.9957	5.7038	6.4176	12.2188	8.9744	32.5331	17.0870
51	7.42	20.00	360.00	2.0046	2.9957	5.8861	6.0053	11.7994	8.9744	34.6462	17.6332
52	5.98	20.00	480.00	1.7877	2.9957	6.1738	5.3555	11.0370	8.9744	38.1156	18.4950
53	5.04	20.00	600.00	1.6183	2.9957	6.3969	4.8480	10.3521	8.9744	40.9207	19.1635
54	4.41	20.00	720.00	1.4834	2.9957	6.5793	4.4439	9.7597	8.9744	43.2865	19.7097
55	3.92	20.00	840.00	1.3665	2.9957	6.7334	4.0938	9.2015	8.9744	45.3387	20.1715
56	3.55	20.00	960.00	1.2679	2.9957	6.8669	3.7982	8.7064	8.9744	47.1548	20.5715
57	3.25	20.00	1080.0	1.1773	2.9957	6.9847	3.5270	8.2234	8.9744	48.7863	20.9243
58	3.00	20.00	1200.0	1.0975	2.9957	7.0901	3.2877	7.7811	8.9744	50.2692	21.2400
59	2.79	20.00	1320.0	1.0270	2.9957	7.1854	3.0766	7.3793	8.9744	51.6298	21.5255
60	2.62	20.00	1440.0	0.9622	2.9957	7.2724	2.8826	6.9977	8.9744	52.8878	21.7862
61	29.56	50.00	60.00	3.3865	3.9120	4.0943	13.2481	13.8656	15.3039	16.7637	16.0172
62	18.69	50.00	120.00	2.9282	3.9120	4.7875	11.4550	14.0185	15.3039	22.9201	18.7288
63	13.73	50.00	180.00	2.6197	3.9120	5.1930	10.2483	13.6039	15.3039	26.9668	20.3150
64	11.15	50.00	240.00	2.4111	3.9120	5.4806	9.4324	13.2146	15.3039	30.0374	21.4404
65	9.39	50.00	300.00	2.2394	3.9120	5.7038	8.7607	12.7733	15.3039	32.5331	22.3133
66	8.18	50.00	360.00	2.1018	3.9120	5.8861	8.2224	12.3716	15.3039	34.6462	23.0266
67	6.59	50.00	480.00	1.8849	3.9120	6.1738	7.3739	11.6371	15.3039	38.1156	24.1520
68	5.56	50.00	600.00	1.7155	3.9120	6.3969	6.7111	10.9739	15.3039	40.9207	25.0249
69	4.86	50.00	720.00	1.5806	3.9120	6.5793	6.1834	10.3992	15.3039	43.2865	25.7382
70	4.32	50.00	840.00	1.4638	3.9120	6.7334	5.7262	9.8560	15.3039	45.3387	26.3412
71	3.92	50.00	960.00	1.3651	3.9120	6.8669	5.3402	9.3739	15.3039	47.1548	26.8636
72	3.58	50.00	1080.0	1.2745	3.9120	6.9847	4.9860	8.9023	15.3039	48.7863	27.3244
73	3.30	50.00	1200.0	1.1947	3.9120	7.0901	4.6735	8.4703	15.3039	50.2692	27.7365
74	3.08	50.00	1320.0	1.1242	3.9120	7.1854	4.3979	8.0778	15.3039	51.6298	28.1094
75	2.88	50.00	1440.0	1.0594	3.9120	7.2724	4.1445	7.7046	15.3039	52.8878	28.4498
76	31.54	100.00	60.00	3.4513	4.6052	4.0943	15.8938	14.1308	21.2076	16.7637	18.8552
77	19.94	100.00	120.00	2.9929	4.6052	4.7875	13.7830	14.3287	21.2076	22.9201	22.0472
78	14.65	100.00	180.00	2.6845	4.6052	5.1930	12.3624	13.9403	21.2076	26.9668	23.9145
79	11.89	100.00	240.00	2.4759	4.6052	5.4806	11.4021	13.5697	21.2076	30.0374	25.2393
80	10.02	100.00	300.00	2.3042	4.6052	5.7038	10.6114	13.1428	21.2076	32.5331	26.2669
81	8.73	100.00	360.00	2.1666	4.6052	5.8861	9.9776	12.7529	21.2076	34.6462	27.1065
82	7.03	100.00	480.00	1.9497	4.6052	6.1738	8.9788	12.0371	21.2076	38.1156	28.4313
83	5.93	100.00	600.00	1.7803	4.6052	6.3969	8.1985	11.3884	21.2076	40.9207	29.4589
84	5.18	100.00	720.00	1.6454	4.6052	6.5793	7.5773	10.8255	21.2076	43.2865	30.2986
85	4.61	100.00	840.00	1.5285	4.6052	6.7334	7.0392	10.2923	21.2076	45.3387	31.0085
86	4.18	100.00	960.00	1.4299	4.6052	6.8669	6.5848	9.8188	21.2076	47.1548	31.6234
87	3.82	100.00	1080.0	1.3393	4.6052	6.9847	6.1679	9.3549	21.2076	48.7863	32.1658
88	3.52	100.00	1200.0	1.2595	4.6052	7.0901	5.8000	8.9296	21.2076	50.2692	32.6510
89	3.28	100.00	1320.0	1.1890	4.6052	7.1854	5.4755	8.5433	21.2076	51.6298	33.0899
90	3.08	100.00	1440.0	1.1242	4.6052	7.2724	5.1772	8.1758	21.2076	52.8878	33.4906
SUMA TOTAL				155.2095	241.7714	554.5692	438.6708	899.7220	807.8785	3493.5400	1489.7666

Fuente: elaboración propia

**CALCULO DE LAS ECUACIONES IDF ESTACIÓN PUTINA**

n	I (mm/hr)	TR (años)	D	Y=ln(1)	X1=ln(2)	X2=ln(D)*	X1.Y	X2.Y	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X1.X2
	1	2		3	4	5	6=4*3	7=5*3	8=4^2	9=5^2	10=4*5
1	13.7112	2.00	60.00	2.6182	0.6931	4.0943	1.8148	10.7199	0.4805	16.7637	2.8380
2	8.6698	2.00	120.00	2.1598	0.6931	4.7875	1.4971	10.3403	0.4805	22.9201	3.3184
3	6.3686	2.00	180.00	1.8514	0.6931	5.1930	1.2833	9.6141	0.4805	26.9668	3.5995
4	5.1698	2.00	240.00	1.6428	0.6931	5.4806	1.1387	9.0038	0.4805	30.0374	3.7989
5	4.3542	2.00	300.00	1.4711	0.6931	5.7038	1.0197	8.3910	0.4805	32.5331	3.9536
6	3.7944	2.00	360.00	1.3335	0.6931	5.8861	0.9243	7.8493	0.4805	34.6462	4.0799
7	3.0545	2.00	480.00	1.1166	0.6931	6.1738	0.7740	6.8938	0.4805	38.1156	4.2793
8	2.5785	2.00	600.00	0.9472	0.6931	6.3969	0.6565	6.0592	0.4805	40.9207	4.4340
9	2.2531	2.00	720.00	0.8123	0.6931	6.5793	0.5630	5.3443	0.4805	43.2865	4.5604
10	2.0046	2.00	840.00	0.6955	0.6931	6.7334	0.4820	4.6828	0.4805	45.3387	4.6672
11	1.8163	2.00	960.00	0.5968	0.6931	6.8669	0.4137	4.0980	0.4805	47.1548	4.7598
12	1.6590	2.00	1080.00	0.5062	0.6931	6.9847	0.3509	3.5359	0.4805	48.7863	4.8414
13	1.5317	2.00	1200.00	0.4264	0.6931	7.0901	0.2955	3.0229	0.4805	50.2692	4.9145
14	1.4275	2.00	1320.00	0.3559	0.6931	7.1854	0.2467	2.5572	0.4805	51.6298	4.9805
15	1.3379	2.00	1440.00	0.2911	0.6931	7.2724	0.2018	2.1172	0.4805	52.8878	5.0408
16	16.8485	5.00	60.00	2.8243	1.6094	4.0943	4.5455	11.5635	2.5903	16.7637	6.5896
17	10.6536	5.00	120.00	2.3659	1.6094	4.7875	3.8078	11.3267	2.5903	22.9201	7.7052
18	7.8258	5.00	180.00	2.0574	1.6094	5.1930	3.3113	10.6841	2.5903	26.9668	8.3577
19	6.3527	5.00	240.00	1.8489	1.6094	5.4806	2.9757	10.1331	2.5903	30.0374	8.8207
20	5.3505	5.00	300.00	1.6772	1.6094	5.7038	2.6993	9.5663	2.5903	32.5331	9.1799
21	4.6626	5.00	360.00	1.5396	1.6094	5.8861	2.4779	9.0621	2.5903	34.6462	9.4733
22	3.7534	5.00	480.00	1.3227	1.6094	6.1738	2.1288	8.1659	2.5903	38.1156	9.9363
23	3.1685	5.00	600.00	1.1532	1.6094	6.3969	1.8561	7.3773	2.5903	40.9207	10.2955
24	2.7686	5.00	720.00	1.0184	1.6094	6.5793	1.6390	6.7000	2.5903	43.2865	10.5889
25	2.4633	5.00	840.00	0.9015	1.6094	6.7334	1.4509	6.0702	2.5903	45.3387	10.8370
26	2.2318	5.00	960.00	0.8028	1.6094	6.8669	1.2921	5.5129	2.5903	47.1548	11.0519
27	2.0387	5.00	1080.00	0.7123	1.6094	6.9847	1.1464	4.9752	2.5903	48.7863	11.2415
28	1.8821	5.00	1200.00	0.6324	1.6094	7.0901	1.0178	4.4838	2.5903	50.2692	11.4110
29	1.7541	5.00	1320.00	0.5619	1.6094	7.1854	0.9044	4.0378	2.5903	51.6298	11.5644
30	1.6441	5.00	1440.00	0.4972	1.6094	7.2724	0.8002	3.6157	2.5903	52.8878	11.7045
31	18.7665	10.00	60.00	2.9321	2.3026	4.0943	6.7514	12.0049	5.3019	16.7637	9.4276
32	11.8664	10.00	120.00	2.4737	2.3026	4.7875	5.6959	11.8429	5.3019	22.9201	11.0236
33	8.7167	10.00	180.00	2.1652	2.3026	5.1930	4.9856	11.2440	5.3019	26.9668	11.9572
34	7.0759	10.00	240.00	1.9567	2.3026	5.4806	4.5055	10.7239	5.3019	30.0374	12.6196
35	5.9596	10.00	300.00	1.7850	2.3026	5.7038	4.1101	10.1813	5.3019	32.5331	13.1334
36	5.1934	10.00	360.00	1.6474	2.3026	5.8861	3.7932	9.6967	5.3019	34.6462	13.5533
37	4.1807	10.00	480.00	1.4305	2.3026	6.1738	3.2938	8.8315	5.3019	38.1156	14.2157
38	3.5292	10.00	600.00	1.2611	2.3026	6.3969	2.9037	8.0669	5.3019	40.9207	14.7295
39	3.0838	10.00	720.00	1.1262	2.3026	6.5793	2.5931	7.4093	5.3019	43.2865	15.1493
40	2.7437	10.00	840.00	1.0093	2.3026	6.7334	2.3240	6.7961	5.3019	45.3387	15.5042
41	2.4859	10.00	960.00	0.9106	2.3026	6.8669	2.0968	6.2533	5.3019	47.1548	15.8117
42	2.2707	10.00	1080.00	0.8201	2.3026	6.9847	1.8884	5.7282	5.3019	48.7863	16.0829
43	2.0964	10.00	1200.00	0.7402	2.3026	7.0901	1.7044	5.2482	5.3019	50.2692	16.3255
44	1.9538	10.00	1320.00	0.6698	2.3026	7.1854	1.5422	4.8125	5.3019	51.6298	16.5450
45	1.8312	10.00	1440.00	0.6050	2.3026	7.2724	1.3930	4.3997	5.3019	52.8878	16.7453

46	20.5135	20.00	60.00	3.0211	2.9957	4.0943	9.0504	12.3694	8.9744	16.7637	12.2656
47	12.9711	20.00	120.00	2.5627	2.9957	4.7875	7.6772	12.2690	8.9744	22.9201	14.3420
48	9.5281	20.00	180.00	2.2542	2.9957	5.1930	6.7531	11.7062	8.9744	26.9668	15.5567
49	7.7346	20.00	240.00	2.0457	2.9957	5.4806	6.1284	11.2118	8.9744	30.0374	16.4185
50	6.5144	20.00	300.00	1.8740	2.9957	5.7038	5.6140	10.6889	8.9744	32.5331	17.0870
51	5.6768	20.00	360.00	1.7364	2.9957	5.8861	5.2018	10.2206	8.9744	34.6462	17.6332
52	4.5699	20.00	480.00	1.5195	2.9957	6.1738	4.5520	9.3810	8.9744	38.1156	18.4950
53	3.8577	20.00	600.00	1.3501	2.9957	6.3969	4.0444	8.6363	8.9744	40.9207	19.1635
54	3.3709	20.00	720.00	1.2152	2.9957	6.5793	3.6403	7.9949	8.9744	43.2865	19.7097
55	2.9991	20.00	840.00	1.0983	2.9957	6.7334	3.2903	7.3954	8.9744	45.3387	20.1715
56	2.7173	20.00	960.00	0.9996	2.9957	6.8669	2.9947	6.8645	8.9744	47.1548	20.5715
57	2.4821	20.00	1080.0	0.9091	2.9957	6.9847	2.7235	6.3499	8.9744	48.7863	20.9243
58	2.2916	20.00	1200.0	0.8292	2.9957	7.0901	2.4842	5.8793	8.9744	50.2692	21.2400
59	2.1356	20.00	1320.0	0.7588	2.9957	7.1854	2.2731	5.4520	8.9744	51.6298	21.5255
60	2.0017	20.00	1440.0	0.6940	2.9957	7.2724	2.0790	5.0470	8.9744	52.8878	21.7862
61	22.6743	50.00	60.00	3.1212	3.9120	4.0943	12.2103	12.7794	15.3039	16.7637	16.0172
62	14.3374	50.00	120.00	2.6629	3.9120	4.7875	10.4172	12.7485	15.3039	22.9201	18.7288
63	10.5318	50.00	180.00	2.3544	3.9120	5.1930	9.2105	12.2263	15.3039	26.9668	20.3150
64	8.5493	50.00	240.00	2.1459	3.9120	5.4806	8.3946	11.7606	15.3039	30.0374	21.4404
65	7.2005	50.00	300.00	1.9742	3.9120	5.7038	7.7229	11.2602	15.3039	32.5331	22.3133
66	6.2748	50.00	360.00	1.8365	3.9120	5.8861	7.1846	10.8101	15.3039	34.6462	23.0266
67	5.0513	50.00	480.00	1.6196	3.9120	6.1738	6.3361	9.9993	15.3039	38.1156	24.1520
68	4.2640	50.00	600.00	1.4502	3.9120	6.3969	5.6733	9.2769	15.3039	40.9207	25.0249
69	3.7259	50.00	720.00	1.3153	3.9120	6.5793	5.1456	8.6538	15.3039	43.2865	25.7382
70	3.3150	50.00	840.00	1.1985	3.9120	6.7334	4.6884	8.0698	15.3039	45.3387	26.3412
71	3.0035	50.00	960.00	1.0998	3.9120	6.8669	4.3024	7.5522	15.3039	47.1548	26.8636
72	2.7436	50.00	1080.0	1.0093	3.9120	6.9847	3.9482	7.0494	15.3039	48.7863	27.3244
73	2.5329	50.00	1200.0	0.9294	3.9120	7.0901	3.6357	6.5894	15.3039	50.2692	27.7365
74	2.3606	50.00	1320.0	0.8589	3.9120	7.1854	3.3601	6.1716	15.3039	51.6298	28.1094
75	2.2126	50.00	1440.0	0.7941	3.9120	7.2724	3.1067	5.7754	15.3039	52.8878	28.4498
76	24.2395	100.00	60.00	3.1880	4.6052	4.0943	14.6812	13.0527	21.2076	16.7637	18.8552
77	15.3271	100.00	120.00	2.7296	4.6052	4.7875	12.5704	13.0680	21.2076	22.9201	22.0472
78	11.2588	100.00	180.00	2.4211	4.6052	5.1930	11.1498	12.5729	21.2076	26.9668	23.9145
79	9.1395	100.00	240.00	2.2126	4.6052	5.4806	10.1894	12.1265	21.2076	30.0374	25.2393
80	7.6976	100.00	300.00	2.0409	4.6052	5.7038	9.3987	11.6409	21.2076	32.5331	26.2669
81	6.7080	100.00	360.00	1.9033	4.6052	5.8861	8.7650	11.2030	21.2076	34.6462	27.1065
82	5.4000	100.00	480.00	1.6864	4.6052	6.1738	7.7661	10.4114	21.2076	38.1156	28.4313
83	4.5584	100.00	600.00	1.5170	4.6052	6.3969	6.9859	9.7039	21.2076	40.9207	29.4589
84	3.9831	100.00	720.00	1.3821	4.6052	6.5793	6.3647	9.0930	21.2076	43.2865	30.2986
85	3.5439	100.00	840.00	1.2652	4.6052	6.7334	5.8266	8.5192	21.2076	45.3387	31.0085
86	3.2109	100.00	960.00	1.1665	4.6052	6.8669	5.3721	8.0106	21.2076	47.1548	31.6234
87	2.9330	100.00	1080.0	1.0760	4.6052	6.9847	4.9552	7.5156	21.2076	48.7863	32.1658
88	2.7078	100.00	1200.0	0.9961	4.6052	7.0901	4.5873	7.0626	21.2076	50.2692	32.6510
89	2.5235	100.00	1320.0	0.9257	4.6052	7.1854	4.2628	6.6513	21.2076	51.6298	33.0899
90	2.3653	100.00	1440.0	0.8609	4.6052	7.2724	3.9646	6.2608	21.2076	52.8878	33.4906
SUMA TOTAL				130.8830	241.7714	554.5692	373.9793	749.8253	807.8785	3493.5400	1489.7666

Fuente: elaboración propia

# ANEXO B

(CUADROS PARA CALCULO DE FACTORES DE FRECUENCIA, LOG PEARSON TIPO III )

**TABLA N° B-01**

**Valores de Kt para distribución Pearson Tipo III y/o Log Pearson tipo III**

**(Asimetría positiva).**

coeficiente de asimetría Cs o Cv	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de Excedencia						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.909
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.330	0.740	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.070	2.824	3.223
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576

*Fuente: Hidrología aplicada (Chow, 1994), pag. 404 y 405*



TABLA N° B-02

Valores de Kt para distribución Pearson Tipo III y/o Log Pearson tipo III

(Asimetría negativa).

coeficiente de asimetría Cs o Cv	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de Excedencia						
	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667	0.667

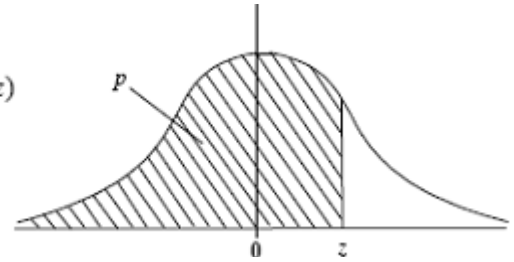
Fuente: Hidrología aplicada (Chow, 1994), pag. 404 y 405

**TABLA N° B-03**

$$p = P(Z \leq z)$$

**VALORES DE DISTRIBUCIÓN NORMAL ACUMULADA**

$$F(-z) = 1 - F(z)$$



	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.500000	0.503989	0.507978	0.511966	0.515953	0.519939	0.523922	0.527903	0.531881	0.535856
0.1	0.539828	0.543795	0.547758	0.551717	0.555670	0.559618	0.563559	0.567495	0.571424	0.575345
0.2	0.579260	0.583166	0.587064	0.590954	0.594835	0.598706	0.602568	0.606420	0.610261	0.614092
0.3	0.617911	0.621720	0.625516	0.629300	0.633072	0.636831	0.640576	0.644309	0.648027	0.651732
0.4	0.655422	0.659097	0.662757	0.666402	0.670031	0.673645	0.677242	0.680822	0.684386	0.687933
0.5	0.691462	0.694974	0.698468	0.701944	0.705401	0.708840	0.712260	0.715661	0.719043	0.722405
0.6	0.725747	0.729069	0.732371	0.735653	0.738914	0.742154	0.745373	0.748571	0.751748	0.754903
0.7	0.758036	0.761148	0.764238	0.767305	0.770350	0.773373	0.776373	0.779350	0.782305	0.785236
0.8	0.788145	0.791030	0.793892	0.796731	0.799546	0.802337	0.805105	0.807850	0.810570	0.813267
0.9	0.815940	0.818589	0.821214	0.823814	0.826391	0.828944	0.831472	0.833977	0.836457	0.838913
1.0	0.841345	0.843752	0.846136	0.848495	0.850830	0.853141	0.855428	0.857690	0.859929	0.862143
1.1	0.864334	0.866500	0.868643	0.870762	0.872857	0.874928	0.876976	0.879000	0.881000	0.882977
1.2	0.884930	0.886861	0.888768	0.890651	0.892512	0.894350	0.896165	0.897958	0.899727	0.901475
1.3	0.903200	0.904902	0.906582	0.908241	0.909877	0.911492	0.913085	0.914657	0.916207	0.917736
1.4	0.919243	0.920730	0.922196	0.923641	0.925066	0.926471	0.927855	0.929219	0.930563	0.931888
1.5	0.933193	0.934478	0.935745	0.936992	0.938220	0.939429	0.940620	0.941792	0.942947	0.944083
1.6	0.945201	0.946301	0.947384	0.948449	0.949497	0.950529	0.951543	0.952540	0.953521	0.954486
1.7	0.955435	0.956367	0.957284	0.958185	0.959070	0.959941	0.960796	0.961636	0.962462	0.963273
1.8	0.964070	0.964852	0.965620	0.966375	0.967116	0.967843	0.968557	0.969258	0.969946	0.970621
1.9	0.971283	0.971933	0.972571	0.973197	0.973810	0.974412	0.975002	0.975581	0.976148	0.976705
2.0	0.977250	0.977784	0.978308	0.978822	0.979325	0.979818	0.980301	0.980774	0.981237	0.981691
2.1	0.982136	0.982571	0.982997	0.983414	0.983823	0.984222	0.984614	0.984997	0.985371	0.985738
2.2	0.986097	0.986447	0.986791	0.987126	0.987455	0.987776	0.988089	0.988396	0.988696	0.988989
2.3	0.989276	0.989556	0.989830	0.990097	0.990358	0.990613	0.990863	0.991106	0.991344	0.991576
2.4	0.991802	0.992024	0.992240	0.992451	0.992656	0.992857	0.993053	0.993244	0.993431	0.993613
2.5	0.993790	0.993963	0.994132	0.994297	0.994457	0.994614	0.994766	0.994915	0.995060	0.995201
2.6	0.995339	0.995473	0.995604	0.995731	0.995855	0.995975	0.996093	0.996207	0.996319	0.996427
2.7	0.996533	0.996636	0.996736	0.996833	0.996928	0.997020	0.997110	0.997197	0.997282	0.997365
2.8	0.997445	0.997523	0.997599	0.997673	0.997744	0.997814	0.997882	0.997948	0.998012	0.998074
2.9	0.998134	0.998193	0.998250	0.998305	0.998359	0.998411	0.998462	0.998511	0.998559	0.998605
3.0	0.998650	0.998694	0.998736	0.998777	0.998817	0.998856	0.998893	0.998930	0.998965	0.998999
3.1	0.999032	0.999065	0.999096	0.999126	0.999155	0.999184	0.999211	0.999238	0.999264	0.999289
3.2	0.999313	0.999336	0.999359	0.999381	0.999402	0.999423	0.999443	0.999462	0.999481	0.999499
3.3	0.999517	0.999534	0.999550	0.999566	0.999581	0.999596	0.999610	0.999624	0.999638	0.999651
3.4	0.999663	0.999675	0.999687	0.999698	0.999709	0.999720	0.999730	0.999740	0.999749	0.999758
3.5	0.999767	0.999776	0.999784	0.999792	0.999800	0.999807	0.999815	0.999822	0.999828	0.999835
3.6	0.999841	0.999847	0.999853	0.999858	0.999864	0.999869	0.999874	0.999879	0.999883	0.999888
3.7	0.999892	0.999896	0.999900	0.999904	0.999908	0.999912	0.999915	0.999918	0.999922	0.999925
3.8	0.999928	0.999931	0.999933	0.999936	0.999938	0.999941	0.999943	0.999946	0.999948	0.999950
3.9	0.999952	0.999954	0.999956	0.999958	0.999959	0.999961	0.999963	0.999964	0.999966	0.999967
4.0	0.999968	0.999970	0.999971	0.999972	0.999973	0.999974	0.999975	0.999976	0.999977	0.999978

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO C

CALCULOS COMPARATIVOS PARA LA ESTACIÓN DE PUNO CON DATOS PLUVIOGRÁFICOS DE  
15 AÑOS (1973-1988)

PRUEBA DE ERROR CUADRATICO MÍNIMO  
PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES DURACIONES EST. PUNO (mm)

m	DURACIÓN (min)	Datos observados X <sub>o</sub>	Log Normal de 2 Param.		Log Pearson tipo III		Gumbel	
			X <sub>e</sub>	(X <sub>o</sub> -X <sub>e</sub> ) <sup>2</sup>	X <sub>e</sub>	(X <sub>o</sub> -X <sub>e</sub> ) <sup>2</sup>	X <sub>e</sub>	(X <sub>o</sub> -X <sub>e</sub> ) <sup>2</sup>
1	5	50.40	52.89	6.18	52.26	3.45	51.48	1.18
2	5	49.20	46.55	7.02	46.40	7.82	45.41	14.40
3	5	45.60	42.65	8.71	42.71	8.34	41.71	15.10
4	5	44.00	39.74	18.18	39.91	16.72	38.99	25.12
5	5	39.90	37.36	6.47	37.59	5.33	36.78	9.74
6	5	36.60	35.30	1.68	35.57	1.06	34.88	2.95
7	5	36.19	33.46	7.45	33.74	6.01	33.19	8.99
8	5	32.40	31.76	0.41	32.03	0.14	31.64	0.59
9	5	31.20	30.15	1.11	30.40	0.64	30.16	1.08
10	5	26.40	28.57	4.72	28.80	5.74	28.73	5.44
11	5	24.04	27.00	8.77	27.18	9.88	27.31	10.67
12	5	23.52	25.38	3.48	25.51	3.96	25.84	5.38
13	5	22.50	23.65	1.33	23.70	1.45	24.26	3.11
14	5	21.00	21.67	0.45	21.62	0.38	22.45	2.10
15	5	18.00	19.07	1.15	18.86	0.74	20.04	4.18
16	15	50.40	46.52	15.07	47.42	8.89	46.27	17.09
17	15	44.00	40.60	11.55	40.75	10.55	40.35	13.33
18	15	39.90	36.98	8.51	36.83	9.43	36.76	9.87
19	15	36.19	34.30	3.58	33.99	4.84	34.10	4.35
20	15	34.75	32.11	6.96	31.73	9.13	31.95	7.81
21	15	31.20	30.23	0.93	29.82	1.92	30.11	1.19
22	15	28.50	28.56	0.00	28.13	0.13	28.47	0.00
23	15	25.00	27.01	4.04	26.61	2.58	26.95	3.80
24	15	24.04	25.55	2.28	25.18	1.31	25.52	2.18
25	15	23.52	24.13	0.37	23.82	0.09	24.13	0.37
26	15	20.76	22.72	3.84	22.47	2.94	22.74	3.91
27	15	19.50	21.27	3.14	21.12	2.61	21.31	3.28
28	15	18.00	19.73	2.98	19.68	2.83	19.78	3.15
29	15	18.00	17.97	0.00	18.08	0.01	18.01	0.00
30	15	16.20	15.68	0.27	16.03	0.03	15.67	0.28
31	30	44.00	41.18	7.96	41.80	4.83	40.82	10.14
32	30	40.20	35.83	19.11	35.94	18.15	35.54	21.71
33	30	34.75	32.57	4.77	32.47	5.21	32.34	5.82
34	30	31.71	30.15	2.44	29.94	3.12	29.97	3.02
35	30	28.51	28.19	0.11	27.93	0.34	28.06	0.21
36	30	28.50	26.50	4.00	26.22	5.21	26.41	4.36
37	30	25.00	25.00	0.00	24.71	0.08	24.94	0.00
38	30	22.55	23.61	1.13	23.34	0.63	23.59	1.09
39	30	20.76	22.31	2.40	22.06	1.69	22.31	2.41
40	30	20.11	21.04	0.87	20.83	0.52	21.07	0.93
41	30	18.00	19.78	3.18	19.62	2.61	19.84	3.37
42	30	17.47	18.50	1.05	18.39	0.84	18.56	1.19
43	30	17.00	17.12	0.02	17.09	0.01	17.19	0.04
44	30	15.04	15.56	0.27	15.63	0.35	15.62	0.34
45	30	13.21	13.54	0.11	13.77	0.31	13.53	0.10
46	60	40.00	33.44	43.09	34.66	28.51	33.73	39.30
47	60	33.62	28.52	26.03	28.68	24.38	28.86	22.64
48	60	25.00	25.57	0.32	25.33	0.11	25.91	0.82
49	60	21.00	23.41	5.81	22.98	3.91	23.72	7.41
50	60	20.90	21.68	0.60	21.15	0.06	21.95	1.11
51	60	20.76	20.20	0.31	19.65	1.24	20.43	0.11
52	60	20.51	18.90	2.61	18.35	4.67	19.08	2.05
53	60	19.03	17.71	1.75	17.19	3.38	17.83	1.43
54	60	18.00	16.59	1.99	16.13	3.49	16.65	1.82
55	60	12.45	15.52	9.42	15.13	7.20	15.51	9.35
56	60	12.31	14.46	4.63	14.17	3.46	14.37	4.23
57	60	11.75	13.39	2.69	13.21	2.14	13.19	2.07
58	60	11.75	12.26	0.26	12.22	0.22	11.93	0.03
59	60	11.57	10.99	0.33	11.14	0.18	10.48	1.20
60	60	10.00	9.38	0.39	9.80	0.04	8.55	2.11
61	120	26.89	19.38	56.46	20.39	42.26	20.23	44.42
62	120	15.50	16.62	1.26	16.71	1.47	17.25	3.07
63	120	14.60	14.96	0.13	14.71	0.01	15.45	0.71
64	120	13.09	13.74	0.43	13.33	0.06	14.11	1.04
65	120	12.50	12.76	0.07	12.28	0.05	13.03	0.28
66	120	11.97	11.92	0.00	11.42	0.31	12.10	0.02
67	120	11.95	11.18	0.59	10.69	1.60	11.28	0.45
68	120	11.70	10.50	1.44	10.04	2.75	10.51	1.40
69	120	8.82	9.86	1.09	9.46	0.41	9.79	0.95
70	120	8.64	9.25	0.37	8.91	0.07	9.09	0.21
71	120	7.97	8.64	0.45	8.39	0.18	8.40	0.18
72	120	7.35	8.02	0.45	7.88	0.28	7.68	0.11
73	120	6.96	7.37	0.17	7.36	0.16	6.91	0.00
74	120	6.84	6.63	0.04	6.79	0.00	6.02	0.67
75	120	5.87	5.69	0.03	6.10	0.05	4.84	1.05
76	240	13.73	12.37	1.84	12.35	1.89	11.99	3.02
77	240	12.03	10.42	2.60	10.41	2.61	10.26	3.15
78	240	8.33	9.26	0.86	9.26	0.87	9.20	0.76
79	240	7.95	8.42	0.22	8.42	0.22	8.42	0.22
80	240	7.88	7.74	0.02	7.75	0.02	7.79	0.01
81	240	7.58	7.18	0.16	7.18	0.16	7.25	0.11
82	240	7.51	6.68	0.69	6.68	0.68	6.77	0.55
83	240	6.98	6.22	0.57	6.23	0.56	6.32	0.43
84	240	6.10	5.80	0.09	5.81	0.09	5.90	0.04
85	240	5.53	5.40	0.02	5.40	0.02	5.49	0.00
86	240	4.45	5.00	0.30	5.01	0.31	5.09	0.40
87	240	4.23	4.60	0.14	4.60	0.14	4.67	0.19
88	240	3.67	4.18	0.26	4.18	0.26	4.22	0.30
89	240	3.47	3.72	0.06	3.72	0.06	3.70	0.05
90	240	2.94	3.13	0.04	3.13	0.03	3.01	0.01
		Suma =		359.16		313.41		394.85
		Error cuadrático mín. =		18.95		17.70		19.87

FUENTE: Elaboración propia

**PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO CALCULADAS MEDIANTE LOG PEARSON TIPO III**

N°	T	PERIODO DE DURACION EN MINUTOS					
		5	15	30	60	120	240
1.00	2.00	32.10	27.77	23.53	17.64	10.46	6.20
2.00	5.00	42.12	36.57	32.00	25.06	14.68	9.06
3.00	10.00	48.26	41.61	37.66	30.19	17.56	11.08
4.00	20.00	53.84	45.95	43.11	35.24	20.38	13.09
5.00	50.00	60.70	50.98	50.26	41.99	24.13	15.83
6.00	100.00	65.63	54.40	55.71	47.24	27.03	17.97

FUENTE: Elaboración propia

**INTENSIDADES MÁXIMAS PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO**

N°	T	PERIODO DE DURACION EN MINUTOS					
		5	15	30	60	120	240
1.00	2.00	385.23	111.10	47.07	17.64	5.23	1.55
2.00	5.00	505.41	146.27	64.00	25.06	7.34	2.26
3.00	10.00	579.13	166.42	75.31	30.19	8.78	2.77
4.00	20.00	646.09	183.78	86.23	35.24	10.19	3.27
5.00	50.00	728.40	203.92	100.52	41.99	12.07	3.96
6.00	100.00	787.53	217.60	111.42	47.24	13.52	4.49

FUENTE: Elaboración propia

**CALCULO DE ECUACIÓN DE INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA MEDIANTE CORRELACIÓN LINEAL MÚLTIPLE**

n°	n	I (mm/hr)	TR (años)	D	Y=ln(1)	X1=ln(2)	X2=ln(D)*	X1.Y	X2.Y	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X1.X2
		1	2		3	4	5	6=4*3	7=5*3	8=4^2	9=5^2	10=4*5
1	1	385.23	2	5.00	5.9538	0.6931	1.6094	4.1269	9.5823	0.4805	2.5903	1.1156
2	2	505.41	5	5.00	6.2254	1.6094	1.6094	10.0193	10.0193	2.5903	2.5903	2.5903
3	3	579.13	10	5.00	6.3615	2.3026	1.6094	14.6480	10.2385	5.3019	2.5903	3.7059
4	4	646.09	20	5.00	6.4709	2.9957	1.6094	19.3852	10.4146	8.9744	2.5903	4.8214
5	5	728.40	50	5.00	6.5908	3.9120	1.6094	25.7835	10.6076	15.3039	2.5903	6.2962
6	6	787.53	100	5.00	6.6689	4.6052	1.6094	30.7114	10.7332	21.2076	2.5903	7.4117
7	7	111.10	2	15.00	4.7104	0.6931	2.7081	3.2650	12.7561	0.4805	7.3335	1.8771
8	8	146.27	5	15.00	4.9855	1.6094	2.7081	8.0238	13.5009	2.5903	7.3335	4.3584
9	9	166.42	10	15.00	5.1145	2.3026	2.7081	11.7767	13.8504	5.3019	7.3335	6.2355
10	10	183.78	20	15.00	5.2137	2.9957	2.7081	15.6190	14.1191	8.9744	7.3335	8.1126
11	11	203.92	50	15.00	5.3177	3.9120	2.7081	20.8031	14.4007	15.3039	7.3335	10.5940
12	12	217.60	100	15.00	5.3827	4.6052	2.7081	24.7882	14.5766	21.2076	7.3335	12.4710
13	13	47.07	2	30.00	3.8516	0.6931	3.4012	2.6697	13.0999	0.4805	11.5681	2.3575
14	14	64.00	5	30.00	4.1589	1.6094	3.4012	6.6935	14.1452	2.5903	11.5681	5.4740
15	15	75.31	10	30.00	4.3216	2.3026	3.4012	9.9509	14.6987	5.3019	11.5681	7.8315
16	16	86.23	20	30.00	4.4570	2.9957	3.4012	13.3519	15.1591	8.9744	11.5681	10.1891
17	17	100.52	50	30.00	4.6104	3.9120	3.4012	18.0360	15.6809	15.3039	11.5681	13.3056
18	18	111.42	100	30.00	4.7133	4.6052	3.4012	21.7056	16.0309	21.2076	11.5681	15.6631
19	19	17.64	2	60.00	2.8700	0.6931	4.0943	1.9893	11.7507	0.4805	16.7637	2.8380
20	20	25.06	5	60.00	3.2213	1.6094	4.0943	5.1845	13.1892	2.5903	16.7637	6.5896
21	21	30.19	10	60.00	3.4074	2.3026	4.0943	7.8458	13.9510	5.3019	16.7637	9.4276
22	22	35.24	20	60.00	3.5621	2.9957	4.0943	10.6712	14.5847	8.9744	16.7637	12.2656
23	23	41.99	50	60.00	3.7375	3.9120	4.0943	14.6213	15.3028	15.3039	16.7637	16.0172
24	24	47.24	100	60.00	3.8552	4.6052	4.0943	17.7538	15.7845	21.2076	16.7637	18.8552
25	25	5.23	2	120.00	1.6544	0.6931	4.7875	1.1468	7.9207	0.4805	22.9201	3.3184
26	26	7.34	5	120.00	1.9930	1.6094	4.7875	3.2077	9.5417	2.5903	22.9201	7.7052
27	27	8.78	10	120.00	2.1723	2.3026	4.7875	5.0020	10.4001	5.3019	22.9201	11.0236
28	28	10.19	20	120.00	2.3215	2.9957	4.7875	6.9545	11.1141	8.9744	22.9201	14.3420
29	29	12.07	50	120.00	2.4905	3.9120	4.7875	9.7429	11.9233	15.3039	22.9201	18.7288
30	30	13.52	100	120.00	2.6039	4.6052	4.7875	11.9913	12.4661	21.2076	22.9201	22.0472
31	31	1.55	2	240.00	0.4378	0.6931	5.4806	0.3035	2.3996	0.4805	30.0374	3.7989
32	32	2.26	5	240.00	0.8176	1.6094	5.4806	1.3158	4.4807	2.5903	30.0374	8.8207
33	33	2.77	10	240.00	1.0186	2.3026	5.4806	2.3455	5.5828	5.3019	30.0374	12.6196
34	34	3.27	20	240.00	1.1859	2.9957	5.4806	3.5526	6.4995	8.9744	30.0374	16.4185
35	35	3.96	50	240.00	1.3755	3.9120	5.4806	5.3808	7.5384	15.3039	30.0374	21.4404
36	36	4.49	100	240.00	1.5026	4.6052	5.4806	6.9197	8.2352	21.2076	30.0374	25.2393
SUMA TOTAL					135.3360072	96.70857391	132.4869643	377.2867866	416.2786212	323.1514189	547.278645	355.9062606

FUENTE: Elaboración propia