



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Estimación de Curvas de Intensidad- Duración-Frecuencia en la Finca El Plantel, 2022

Autores:

Br. Danilo José Hernández Martínez
Br. Ricardo Jesús González Artola

Asesores:

Ing.MSc. Gerardo Ulises Murillo Malespín
Ing. David Antonio López Campos

Managua, Nicaragua
Marzo, 2023





“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Estimación de Curvas de Intensidad- Duración-Frecuencia en la Finca El Plantel, 2022

Autores:

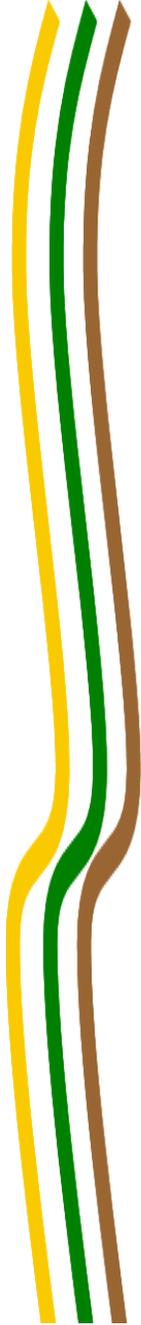
Br. Danilo José Hernández Martínez
Br. Ricardo Jesús González Artola

Asesores:

Ing. Msc. Gerardo Ulises Murillo Malespín
Ing. David Antonio López Campos

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrícola

Managua, Nicaragua
Marzo, 2023



Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrícola

Miembros del Comité Evaluador

Ing. Joel Isaías Angulo Rocha
Presidente

Ing. Elvin Antonio Lagos Pineda
Secretario

Dr. Mauricio Alexander González Zalazar
Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna 14 de marzo 2023. Managua Nicaragua

DEDICATORIA

Tras el transcurso de la duración de la carrera de Ingeniería Agrícola, con mucho esfuerzo y dedicación hasta el día de culminar este valioso documento del inicio de mi vida profesional, quiero dedicar este logro a mi madre Judith Artola Romero por ser incondicional al momento de necesitar ese soporte, ella siempre estuvo y estará siempre presente en mi vida.

Br: Ricardo Jesús González Artola.

DEDICATORIA

Con todo el esfuerzo que conlleva la vida universitaria, quiero dedicar todo lo logrado a mis padres Danilo Hernández, Margarita Martínez y mis hermanas Denia Hernández y Gabriela Hernández, que me instaron y apoyaron incondicionalmente para seguir mis estudios, realizarme como futuro profesional, dedico este logro a estos grandes pilares de mi vida, que sin ellos no pudo haber sido posible todo lo que soy y seré en el futuro, a un gran ser que me acompañó tantas horas de desvelos incondicionalmente siempre a mi lado, gracias a todos por siempre estar y por aconsejarme siempre para lograr este y demás éxitos que se han presentado a lo largo de mi vida.

Br: Danilo José Hernández Martínez

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por haberme guiado en este transcurso, por darme las fuerzas, valentía y ser perseverante.

A mis padres por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, a una persona que me gustaría mencionar que fue amiga y compañera de vida, Rosa Aguirre, a mis amistades que logré formar en la institución, de ese pequeño factor de compañerismo que logramos hacer, en especial a mi amigo y compañero de tesis Danilo Hernández.

A los Docentes de la Universidad Nacional Agraria que, durante los cinco años, nos guiaron y dieron su esfuerzo por formarnos como profesionales. A los asesores Ing. David López Campos y MSc. Gerardo Murillo por brindar su tutoría en la realización de este trabajo.

Br: Ricardo Jesús González Artola

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo incondicionalmente a mis padres y hermanas, que sin el apoyo de ellos jamás podría haber logrado todo lo que soy hasta ahora, por siempre aconsejarme, apoyarme e instarme a seguir cosechando frutos a nivel académico profesional.

También agradecer a todas las personas que han vivido conmigo el proceso que conlleva la vida universitaria, a mis compañeros de clases, que con altibajos siempre estuvieron para apoyarnos mutuamente por el bien de todos, a mi compañero y amigo, Ricardo González, quien ha compartido conmigo todos y cada una de las etapas de la vida universitaria, a mi compañera de vida Verónica Blanco Obando, quien me ha ayudado y apoyado a seguir adelante siempre buscando el bien, a todos los docentes que fueron parte del proceso, los cuales se convirtieron en amigos.

Sobre todo, agradecer a los docentes que surgieron como nuestros asesores en dicho trabajo, el Ing. David López y MSc. Ing. Gerardo Murillo, quienes dispusieron de su tiempo para apoyarnos en la realización de cada uno de los pasos de este trabajo, a la coordinadora de la carrera, Ing. Carmen Castillo, quien siempre apoyo de buena manera y a todos los demás maestros que a lo largo de la carrera nos brindaron su apoyo y sabiduría.

Br: Danilo José Hernández Martínez

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Precipitación	4
3.2. Formación de la precipitación	4
3.3. Instrumento de medición de precipitación	4
3.3.1. Pluviómetro	4
3.3.2. Pluviógrafo	5
3.4. Definición de Intensidad – Duración – Frecuencia	5
3.4.1. Intensidad	5
3.4.2. Duración	5
3.4.3. Frecuencia	5
3.4.4. Periodo de retorno	6
3.5. Infiltración	6
3.6. Esguerrimiento	7

3.6.1. Factores de escurrimiento	8
3.7. Curvas IDF	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1. Ubicación del área de estudio	9
4.2. Recolección de datos	10
4.3. Análisis de datos	10
4.4. Diseño metodológico	10
4.5. Relación de factores	11
4.6. Variables evaluadas	12
4.6.1. Procedimiento analítico Gumbel tipo I	12
4.6.2. Procedimiento analítico Aparicio 1997	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1. Comportamiento de las precipitaciones en función de la Intensidad-Duración- frecuencia	17
5.2. Cálculos de las intensidades esperadas para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones según el método de Gumbel Tipo I y Aparicio 1997	18
VI. CONCLUSIÓN	21
VII. RECOMENDACIONES	22
VIII. LITERATURA CITADA	23
IX. ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Prueba de ajuste de bondad Smirnov – Kolmogorov	14
2	Comportamiento de las precipitaciones	17

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Localización del área de estudio	9
2	Método Gumbel Tipo I (Estación Managua A. C. Sandino)	18
3	Método Aparicio (Estación Managua A. C. Sandino)	19

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Intensidades máximas anuales de precipitación. (mm)	25
1.a.	Intensidades ordenadas de mayor a menor	26
1.b.	Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia	27
1.c.	Distribución teórica	29
1.d.	Distribución empírica	31
1.e.	Desviación máxima	32
2.a.	Periodo de retorno Aparicio 1997	34
2.b.	Cálculo de parámetros Aparicio 1997	35
3	Periodo de retorno Gumbel Tipo I	42
4	Periodo de retorno Aparicio	43

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la finca de experimentación y validación El Plantel ubicada en el kilómetro 30 de la carretera Tipitapa – Masaya en el 2022. Se utilizaron dos modelos matemáticos que estiman las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), los cuales se ajustaron a los registros pluviográficos obtenidos por la institución rectora el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), utilizando los registros de la estación meteorológica Augusto C. Sandino, en el periodo que oscila de 1971-2020. Conociendo la Intensidad-Duración-Frecuencia, se resolvió las ecuaciones de cada modelo utilizado. La investigación realizada en la Finca Experimental y Validación El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria considera duraciones de lluvias de 5, 10, 15, 30, 60 y 120 minutos, con un periodo de retorno de 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 años. Se compararon modelos estadísticos, Gumbel tipo I y Aparicio, ambos métodos permitieron estimar la intensidad de precipitación para los diferentes períodos de retorno. El método de Gumbel tipo I, es el más preciso, ya que nos brinda la información más ajustada a las condiciones del área de estudio, debido a que la prueba de bondad aportó perfectamente los datos al modelo estadístico mejorando los índices de probabilidad, en cambio el modelo estadístico Aparicio, sobreestima los valores de intensidad en los diferentes períodos de retorno.

Palabras Claves: Curvas IDF, Períodos, Precipitación, Duración.

ABSTRACT

The research was carried out at the El Plantel experimentation and validation farm located at kilometer 30 of the Tipitapa - Masaya highway in 2022. Two mathematical models were used to estimate the Intensity-Duration-Frequency (IDF) curves, which They were adjusted to the rainfall records obtained by the governing institution the Nicaraguan Institute of Territorial Studies (INETER), using the records of the Augusto Cesar Sandino meteorological station, in the period ranging from 1971-2020. Knowing the Intensity-Duration-Frequency, the equations of each model used were solved. The research carried out at the El Plantel Experimental and Validation Farm, owned by the National Agrarian University, considers rain durations of 5, 10, 15, 30, 60 and 120 minutes, with a return period of 5, 10, 15, 20, 30, 40 and 50 years. Statistical models, Gumbel type I and Aparicio, were compared, both methods allowed estimating the intensity of precipitation for the different return periods. The Gumbel type I method is the most accurate, since it provides us with the information that is most adjusted to the conditions of the study area, since the goodness test perfectly provided the data to the statistical model, improving the probability indices, on the other hand. the Aparicio statistical model overestimates the intensity values in the different return periods.

Keywords: IDF curves, Periods, Precipitation, Duration.

I. INTRODUCCIÓN

La precipitación es uno de los componentes integrales del ciclo hidrológico, de manera que los ingenieros deben ser capaces de cuantificar las precipitaciones. Una de las herramientas para la cuantificación de las precipitaciones son las curvas intensidad-duración-frecuencia IDF, esta técnica aunque antigua en su concepto, es muy vigente y de amplio uso en ingeniería, para el diseño de obras hidráulicas de control y evacuación de crecidas, diseño de conservación de suelos y protección de causes, ya que permite obtener información de las lluvias esperadas en una zona o región, teniendo en cuenta tres variables importantes: la intensidad, duración y frecuencia o tiempo de retorno. (Márquez y Melara, 2014)

Según Mintegui et al (1990) (Como se citó en Cadavid, E. 2007) “se denominan curvas Intensidad-Duración-Frecuencia a aquellas que representan duraciones en abscisas y alturas de precipitación en las ordenadas, en el cual, cada curva representada corresponde a una frecuencia o periodo de retorno, de tal forma que las gráficas de las curvas IDF representan la intensidad media en intervalos de diferente duración, correspondiendo todos los de una misma curva, a un idéntico periodo de retorno.”

Usualmente las curvas IDF, se construyen mediante el análisis del mayor número posible de registros pertenecientes a la estación en estudio. En las cartas pluviográficas están consignados los perfiles de cada tormenta, es decir, la profundidad de precipitación acumulada en función del tiempo, una de las principales limitaciones en su construcción es la escasez de estaciones que registren información de este tipo, intervalo de tiempo y control, lo que incrementa probablemente el alto costo de instalación y mantenimiento. (López, I. y Ñamendy, S, 2012)

Las curvas IDF se obtienen aplicando un método de cálculos que tiene en cuenta el ajuste de los valores de intensidad de precipitación mediante una función de distribución de probabilidad y para cada duración predeterminada. Tan pronto como estos estén disponibles, se calculan los valores para cada periodo de retorno estimado y se grafican estos valores; por lo tanto, se permite el trazado gráfico de estas curvas.

La presente investigación tiene como propósito analizar el diseño y la construcción de las curvas IDF en la unidad experimental y validación El Plantel, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria, tomando en cuenta el periodo de años que oscila entre 1971-2020, se trabaja con la estación meteorológica Augusto C. Sandino ubicada en el departamento de Managua, la

finalidad del presente documento es actualizar la base de datos de la estimación de futuras precipitaciones que puedan surgir en la zona, así como la implementación de técnicas de conservación de suelo para disminuir las escorrentías y con esto la pérdida de suelos en la finca El Plantel.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, (IDF) dentro del periodo de 1971 -2020 en el área de influencia en la finca El Plantel.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Distinguir el comportamiento de las precipitaciones en función de la Intensidad-Duración y frecuencia utilizando los registros de la estación meteorológica Augusto C. Sandino.
- Analizar las curvas IDF con los métodos de Gumbel tipo I y Aparicio, 1997.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Precipitación

Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (lluvia, nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitaciones son normalmente medidos sin efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua. (Barberena y Paredes, 2016)

La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología. (Segerer y Villodas, 2006)

3.2. Formación de la Precipitación

A medida en que el vapor de agua va ascendiendo, se va enfriando y el agua se condensa de un estado de vapor a un estado líquido, formando la niebla, las nubes o los cristales de hielo. Pero, para que esta formación se lleve a cabo, generalmente se requiere la presencia de núcleos de condensación, alrededor de los cuales las moléculas del agua se pueden unir. (Márquez y Melara, 2014)

3.3. Instrumentos de medición de precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua (hp), 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 en el punto caída. Se han desarrollado una gran variedad de instrumentos y técnicas para obtener información de las diferentes fases de la precipitación. Los instrumentos para medir la cantidad y la intensidad de la precipitación son los más importantes.

Según Márquez y Melara (2014) los instrumentos de medición se definen como:

3.3.1. Pluviómetro

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 200 cm² de área de captación y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica a un vaso medidor instalado dentro del depósito mayor. El área receptora es 10 veces mayor que el área del vaso medidor. Para efectuar la lectura se vacía el

contenido en una probeta graduada y se divide el volumen colectado entre el área receptora del pluviómetro, de esa forma se obtiene la lámina precipitada. (pp. 26)

3.3.2. Pluviógrafo

Este es un aparato que se utiliza para registrar en forma continua la cantidad total y la duración de lluvia caída en milímetros (mm), de los registros puede definirse no solo la altura de la precipitación caída sino también, cuanto ha caído, permitiendo analizar la distribución de la lluvia en el tiempo. Al igual que el pluviómetro posee un brocal en la parte superior por donde ingresa el agua hacia un depósito llamado cámara de sifonaje, en cuyo interior existe un flotador, el cual al recibir una cierta cantidad de precipitación (10 mm) provoca una sifonada hacia un colector que se encuentra en la parte inferior del instrumento. Este ciclo se repite hasta que el periodo de precipitación termina. (pp. 27)

3.4. Definición de Intensidad-Duración-Frecuencia y período de retorno

Según Villón (2002), (como se citó en Quispe, 2018) se refiere a que:

3.4.1. Intensidad

La intensidad de lluvia, es la altura de agua precipitada con respecto al tiempo. Es decir que, es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que importa de cada tormenta, es su intensidad máxima, que es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo.

3.4.2. Duración

Es el tiempo que transcurre desde el comienzo hasta finalizar la tormenta. Entonces el periodo de duración, es un determinado intervalo de tiempo, que dura una tormenta y puede estar en minutos u horas. Tiene importancia preponderante en la determinación de las intensidades máximas.

3.4.3. Frecuencia

Es la cantidad de tormentas con características de intensidad y duración similares, que se repiten en algún periodo de tiempo expresado en años.

3.4.4. Periodo de Retorno

Es la inversa de la frecuencia, es decir que, 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.

3.5. Infiltración

Según Aparicio (1992) define a la infiltración como:

El movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. En general, las pérdidas están constituidas por la intercepción en el follaje de las plantas y en los techos de las construcciones, la retención en depresiones o charcos (que posteriormente se evapora o se infiltra), la evaporación y la infiltración. Además de que en la práctica es difícil separar estos cuatro componentes, la porción más considerable de las pérdidas está dada por la infiltración, por lo que es costumbre calcularlas conjuntamente bajo este nombre. La infiltración juega un papel de primer orden en la relación lluvia escurrimiento y, por lo tanto, en los problemas de diseño y predicción asociados a la dimensión y operación de obras hidráulicas. En general, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimiento durante una tormenta dada, especialmente en cuencas con un grado de urbanización relativamente bajo.

Ruiz, E. y Martínez, M. (sf) expresan lo siguiente:

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua circula a través del perfil del suelo (desde la superficie terrestre hacia abajo) reponiendo la humedad del suelo, recargando los acuíferos y manteniendo el caudal de los ríos durante los periodos de estiaje.

Este concepto hay que distinguirlo del de percolación, que es el movimiento del agua dentro del suelo, en este proceso de percolación el agua del acuífero se dirige hacia la superficie de manera tal que pueda ser aprovechada. En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases:

- a) *Intercambio*. Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- b) *Transmisión*. Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.
- c) *Circulación*. Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo.

La capacidad de infiltración conocida como infiltrabilidad del suelo, es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica. (Gurovich, 1985)

Según Pérez, G. (2008) explica de manera clara acerca del comportamiento del agua cuando esta se infiltra:

La velocidad de infiltración determina la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. En casi todos los métodos de riego la velocidad de entrada de agua al suelo determina los tiempos de riego y los diseños de los sistemas en cuanto al tamaño de las unidades superficiales y los caudales a utilizar. La velocidad de infiltración en un suelo insaturado es máxima al inicio y luego decrece hasta alcanzar un valor constante mínimo, llamado infiltración básica, cuyo valor es similar a la conductividad hidráulica o saturación del horizonte menos permeable, valor que se obtendrá cuando el valor de infiltración instantánea se hace constante.

3.6. Escurrimiento

Según Sánchez, J. y Suazo, R. (2020) la esorrentía se define como:

Aquella parte de la lluvia que no es absorbida por los estratos profundos utilizados por la vegetación o perdida por evaporación y que se abre camino hacia los ríos o como desagüe superficial o subsuperficial.

3.6.1. Factores de escurrimiento

Entre los factores que actúan en el escurrimiento, tenemos principalmente al clima y al suelo.

- Clima. La intensidad, duración de la lluvia y las condiciones meteorológicas del periodo que ha procedido la lluvia podrán provocar una repercusión diferente según los casos.
- Suelo. El suelo intervendrá en el flujo del agua en diferentes semblantes, siendo los principales: Las circunstancias topográficas y la naturaleza de la superficie, longitud de la pendiente, curvatura de la pendiente.

3.7. Curva IDF

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

López, I. y Ñamendy, S. (2012) afirman que:

En la actualidad las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia conocidas como (IDF) por sus siglas en español, siguen siendo una de las herramientas más utilizadas en la estimación de caudales de diseño; especialmente en el diseño de obras de drenaje, alcantarillados pluviales y en la estimación de las tormentas de diseño en sitios donde, debido a la falta de información de caudales, es necesario recurrir a los modelos lluvia-escorrentía para el cálculo de los caudales máximos. Las intensidades máximas de las lluvias en distintos intervalos de tiempo en un mismo sitio y con distintas probabilidades de excedencia o períodos de retorno, se resumen en las curvas de IDF.

Las curvas IDF proporcionan una relación matemática entre la intensidad de la lluvia (I), la duración (D) y el periodo de retorno (T) (o equivalente a la frecuencia anual de superación F), las curvas IDF permiten estimar el periodo de retorno de un evento de lluvia observado o, por el contrario, la intensidad de lluvia correspondiente a un periodo de retorno dado. (Elsebaie, 2012)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del área de estudio

La finca El Plantel es una unidad de experimentación y evaluación, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, situada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa-Masaya, en el municipio de Nindirí, departamento de Masaya, contiguo a la empresa Avícola Estrella, limitando al Norte con la comunidad Zambrano, al Sur con la comunidad de Guanacastillo, al Este con la comunidad Zambrano y al Oeste con la comunidad de Cofradía, con una altitud de 108 msnm. Cuenta con un área de 169 ha, entre las coordenadas: 12°-06'- 24" y 12°- 07'- 30" latitud norte y los 86° 04' 46" y 86° 05' 87" longitud oeste. (INETER, 2015)

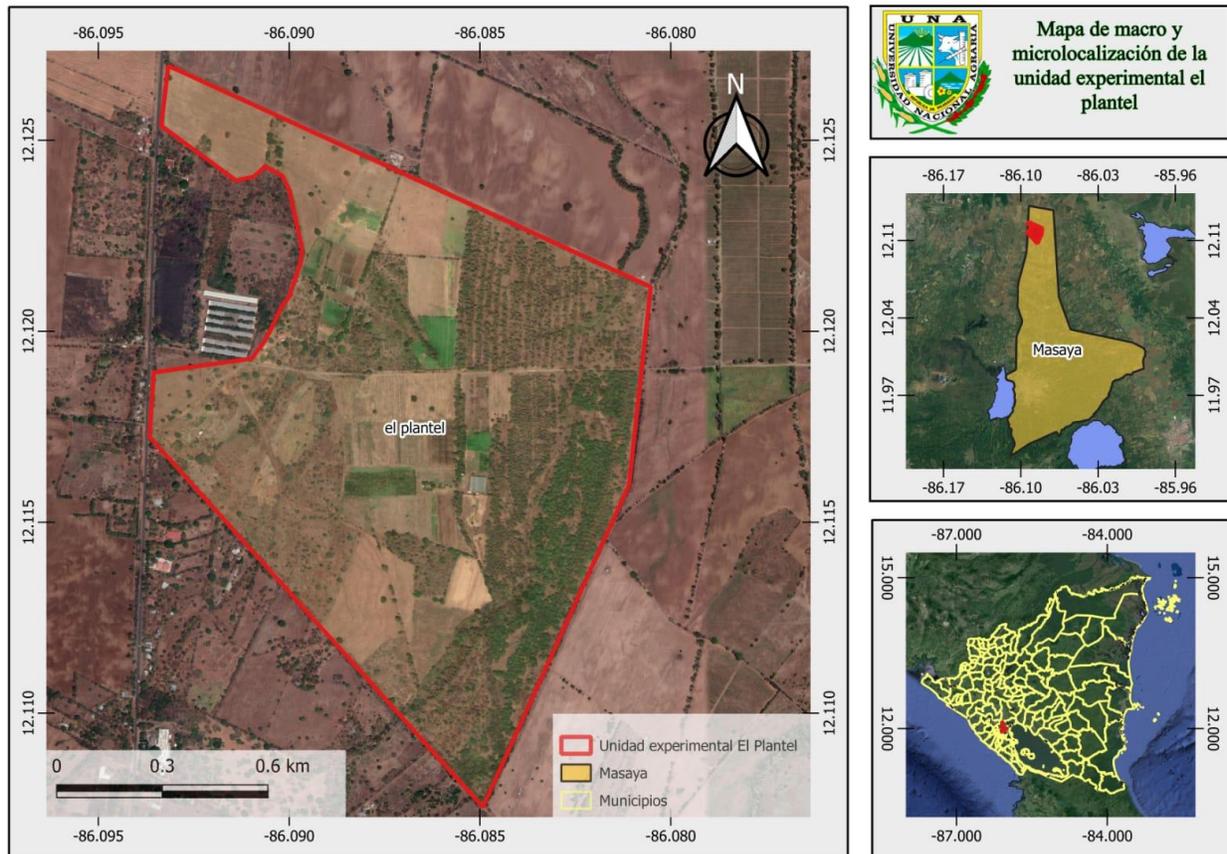


Figura 1. Mapa de ubicación de la finca El Plantel.

4.2. Recolección de datos

Los datos pluviográficos necesarios para el desarrollo de esta investigación, fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER). La información solicitada a dicha institución, fueron los registros de precipitaciones de los últimos 50 años, con intervalos de tiempo, de 5 hasta 120 minutos de duración.

4.3. Análisis de Datos

Después de haber evaluado y definido las tablas de uso práctico en Excel, se diseñaron las curvas de la estación meteorológica Augusto C. Sandino, analizando el comportamiento de las variables involucradas relacionándola simultáneamente en una sola curva, de modo de representación para la relación de la intensidad, duración y frecuencia no únicamente de manera gráfica, sino también, en forma analítica utilizando los pasos de cada uno de los modelos matemáticos.

4.4. Diseño metodológico

De acuerdo a los objetivos que se persiguen, la investigación se caracteriza por ser de tipo descriptiva en vista que, a través de los datos suministrados por INETER, se obtuvieron estudios descriptivos para el análisis de las variables de precipitación en la Finca experimental El Plantel en la estación meteorológica Augusto C. Sandino.

Según Tamayo y Tamayo (2002), como se citó en (Márquez y Melara, 2014) el tipo de investigación descriptiva, comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos.

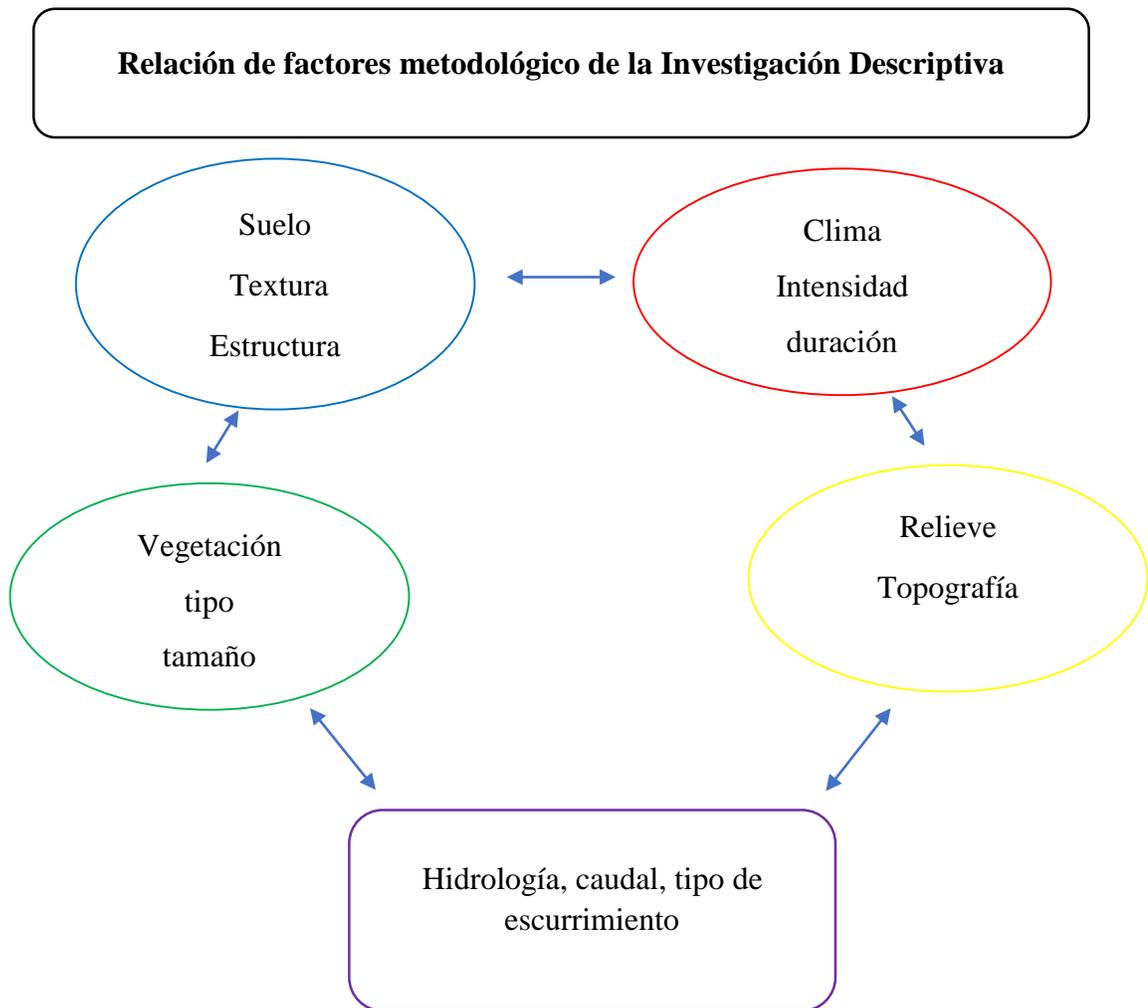
Esta investigación es de tipo, no experimental, transeccional, descriptivo. No experimental porque no se pueden manipular variables, los registros pluviográficos a reunir se obtuvieron del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y transeccional ya que la recolección de registros se realizó en un solo tiempo.

Hernández et al. (2010) nos indica que:

Los estudios descriptivos permiten detallar situaciones y eventos, es decir como es y cómo se manifiesta determinado fenómeno. Los diseños de transaccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en los que se manifiesta una o

más variables dentro del enfoque cuantitativo. El procedimiento consiste en medir o ubicar un grupo de personas, objetos, situaciones, contextos, fenómenos en una variable o concepto y proporcionar su descripción.

4.5. Relación de Factores



En el presente organigrama se pretende familiarizar cada uno de los puntos en relación a la construcción de las curvas IDF, ya que, para la construcción de estas mismas, se deben de tener en cuenta todos y cada uno de los factores aquí presentados. De muchas maneras el tener conocimiento del suelo, su textura y estructura, nos permite conocer la capacidad que tiene el suelo para la absorción del agua, es decir la capacidad que tiene el suelo para poder recibir esa agua sin que provoque encharcamiento.

El clima, la intensidad y duración de las lluvias es de los factores mas importantes para la elaboración de estas, porque con dicha información es que se tiene el factor fundamental para la construcción y así de esta manera la determinación del periodo de retorno de cierto evento, estimarlo y de esta misma manera crear un plan para poder contrarrestarlo. Mediante el método racional el cual es una descripción del proceso de la lluvia-escorrimento, en la cual los efectos de la lluvia y el área del lugar de trabajo son tomados en cuenta explícitamente.

La vegetación, el relieve y topografía, juegan un importante papel de igual manera con lo anterior explicado, esto debido a que están intrínsecamente acoplados; las tierras adyacentes comprenden un mosaico de comunidades vegetales que responden a procesos eco hidrológicos determinados por la interacción entre factores como precipitación evapotranspiración, escorrentía, agua subterránea, química del agua y micro topografía, así como de la competencia entre las plantas y su retroalimentación con el ambiente físico. (Acrema, y McCartney, 2009).

Para tener como finalidad una base de datos que, de pie a la elaboración de distintos métodos para evitar el escurrimiento, tal como la elaboración de un canal hidráulico el cual pueda dar la función de darle fuga al agua por los costados de la finca o bien, hacer de igual manera una obra de captación de agua que pueda ser utilizada ya sea para el riego o para el agua de consumo de ganado.

4.6. Variables evaluadas

4.6.1. Procedimiento analítico Gumbel tipo I

1. Se ordenaron los datos de las intensidades de mayor a menor para cada duración y se asignó el número de orden (m).
2. Se calculó el periodo de retorno y las probabilidades de ocurrencia y no ocurrencia, utilizando las siguientes formulas:

$$\frac{m}{n+1}, \quad \frac{n+1}{m}, \quad 1 - \frac{m}{n+1} \quad \text{Ec. 1}$$

donde

m es el orden asignado a los años

n es el número total de años.

También se sabe que la probabilidad de ocurrencia es el inverso del periodo de retorno, es decir,

$$\mathbf{Pe}(X > X_m) = \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{n} + \mathbf{1}}$$

y que la probabilidad de no ocurrencia este dada por

$$\begin{aligned} \mathbf{Pe}(X \leq X_m) &= \mathbf{1} - \mathbf{Pe}(X > X_m) \\ &= \mathbf{1} - \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{n} + \mathbf{1}}. \end{aligned}$$

3. Se determinó el tipo de distribución teórica que se utilizará en el análisis y sus parámetros a determinar. En nuestro caso se utilizó la distribución *Gumbel Tipo I*, con las siguientes fórmulas:

$$\alpha = 1.2825 * S_x$$

$$\beta = \bar{x} - 0.4506 * S_x$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\sum_{i=0}^n (x_i)^2 - n(\bar{x})^2 \right]} \quad \text{Ec. 2}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n}. \quad \text{Ec. 3}$$

En donde:

S_x es la desviación estándar o desviación típica,

n es el número total de años,

\bar{x} es el promedio del número de años, y

x_i son los datos de las intensidades.

4. Obtener la desviación máxima calculada (Δ_{\max}) entre la probabilidad de la distribución empírica $\mathbf{Pe(X \leq X_m)}$ y la probabilidad de la distribución teórica $\mathbf{Pt(X \leq X_m)}$ o ajustada de la siguiente manera:

$$\Delta_{\max} = |\mathbf{Pe(X \leq X_m)} - \mathbf{Pt(x \leq X_m)}| \mathbf{Pt(x \leq X_m)}$$

$$\Delta_{\max} = |\mathbf{Pe(X \leq X_m)} - \mathbf{Pt(X \leq X_m)}|$$

donde:

Δ_{\max} es la desviación máxima,

Pe es la probabilidad empírica de ocurrencia,

Pt es la probabilidad de distribución teórica (%), y

X_m son las intensidades calculadas para diferentes periodos de retorno y duración.

Quedando la ecuación de la siguiente forma:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x_m - \beta)}} \quad \text{Ec. 4}$$

5. Obtener la desviación máxima permitida (Δ_0), según la prueba de bondad de ajuste de Smirnov-Kolmogorov. Si Δ_{\max} es menor que Δ_0 , el ajuste se acepta con un 95% de confianza.

Cuadro 1. Prueba de bondad de ajuste de Smirnov – Kolmogorov

N	α			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N>50	$1.07/(N)^{0.5}$	$1.22/(N)^{0.5}$	$1.36/(N)^{0.5}$	$1.63/(N)^{0.5}$

Determinación de las Curvas IDF, se calculan los datos de lluvias esperadas para diferentes periodos de retorno y diferente duración con la siguiente ecuación:

$$x_m = \frac{\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)}{-\alpha} + \beta \quad \text{Ec. 5}$$

6. Se grafica los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, de modo de obtener los puntos de la curva asociada a una misma frecuencia o período de retorno determinándose gráficamente la relación intensidad-duración-frecuencia para T= 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 años.

4.6.2. Procedimiento analítico Aparicio, 1997.

1. Se ordenan los datos para cada duración de mayor a menor y se les asigna un periodo de retorno de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$T = \frac{n + 1}{m}, \quad \text{Ec. 6}$$

donde:

m es el número de orden en una lista de mayor a menor de los datos,

n es el número de datos, y

T es el periodo de retorno.

2. Se calculan los parámetros x_2 , x_1 , y, así como sus productos y cuadrados y las sumas indicadas en la siguiente ecuación:

$$\sum y = N a_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 \quad \text{Ec. 7}$$

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

$$\sum (x_2 y) = a_0 \sum x_2 + a_1 \sum (x_1 x_2) + a_2 \sum (x_2^2).$$

Donde:

N es el número de datos y las incógnitas son: a_0 , a_1 , a_2 . Y, además, x_1 , x_2 y y son respectivamente, los logaritmos del periodo de retorno.

3. Luego se procede a calcular la intensidad con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{k T^m}{d^n} \quad \text{Ec. 8}$$

donde:

i es la intensidad máxima (mm/hr),

K , m , n , son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple,

d es la duración en minutos, y

T es período de retorno en años.

Tomando logaritmos en la Ec. 8 se obtiene la expresión

$$\log i = \log k + m \log T - n \log d \quad \text{Ec. 9}$$

que equivalentemente es

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2.$$

Siendo

$$Y = \log i \quad x_1 = \log(T)$$

$$a_0 = \log k \quad x_2 = \log d$$

$$a_1 = m$$

$$a_2 = -n$$

4. Se grafica las curvas según la Ec. 8 para un periodo de retorno dado.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento de las precipitaciones en función de la Intensidad- Duración- frecuencia

Se representa en el cuadro 3, el comportamiento mínimo y máximo de las precipitaciones cada 5 años, observando de esta manera que existe un diferencia entre la intensidad de las precipitaciones en relación con su periodo de retorno, es decir que en una duración de 5 minutos la intensidad máximas y mínimas, están separadas por un intervalo de 3 años, siendo la máxima en el año 1972 y la mínima en 1975, de esta misma manera, en diferentes tiempos de duración la intensidad y los periodos máximos y mínimos varían.

Cuadro 2. Comportamiento de las precipitaciones

Años	Intensidad (mm/h)	Minutos					
		5	10	15	30	60	120
1971-1975	Max	212,4 (1972)	137,4 (1973)	121,2 (1973)	100 (1975)	90 (1975)	65,6 (1975)
	Min	126 (1975)	112,8 (1971)	84 (1974)	58,8 (1972)	29,5 (1972)	18,1 (1972)
1976-1980	Max	187,2 (1977)	178,2 (1980)	158,4 (1980)	99 (1980)	63,8 (1980)	37,3 (1980)
	Min	121,2 (1979)	111,6 (1979)	90,8 (1978)	72,4 (1976)	41,6 (1976)	22,8 (1976)
1981-1985	Max	155,6 (1982)	150 (1984)	123,2 (1984)	112,8 (1984)	77,3 (1985)	67,9 (1986)
	Min	133,2 (1983)	102 (1983)	80,8 (1983)	55,8 (1983)	35,4 (1983)	18,1 (1983)
1986-1990	Max	212,4 (1988)	168,8 (1988)	134,4 (1988)	93,2 (1988)	64,2 (1988)	21,2 (1988)
	Min	106,2 (1990)	86,4 (1990)	72,4 (1990)	36,4 (1989)	25,2 (1989)	8,9 (1986)
1991-1995	Max	238,8 (1991)	204 (1991)	159,6 (1991)	82,2 (1991)	76 (1995)	45,8 (1995)
	Min	115,2 (1995)	108,6 (1994)	87,2 (1993)	60,6 (1984)	33,8 (1991)	21,5 (1992)
1996-2000	Max	230,4 (1998)	141,6 (1998)	125,2 (2000)	89,2 (2000)	51,2 (2000)	24,5 (1998)
	Min	120 (1997)	109,8 (1999)	80 (1997)	62,4 (1999)	32,6 (1999)	14,9 (1997)
2001-2005	Max	230,4 (2001)	164 (2001)	120,8 (2003)	110 (2003)	95,1 (2003)	62,7 (2002)
	Min	126 (2002)	104,4 (2004)	82 (2004)	64 (2004)	36,4 (2004)	17,3 (2004)
2006-2010	Max	178,8 (2009)	172,8 (2008)	153,6 (2008)	101,6 (2008)	68,8 (2008)	29,3 (2010)
	Min	110,4 (2006)	108 (2006)	74,8 (2006)	53,4 (2006)	22,9 (2009)	11 (2006)
2011-2015	Max	240 (2012)	180 (2012)	160 (2012)	140,8 (2012)	93,5 (2012)	66 (2015)
	Min	115,2 (2014)	101,4 (2014)	82 (2011)	54,4 (2014)	35,6 (2014)	18,5 (2014)
2016-2020	Max	168 (2016)	130,8 (2019)	115,2 (2017)	100,8 (2020)	64,8 (2020)	49,2 (2017)
	Min	117,6 (2018)	84 (2018)	78,4 (2018)	48,8 (2018)	24,6 (2018)	17,3 (2018)

5.2. Cálculos de las intensidades esperadas para diferentes periodos de retorno y diferentes duraciones según el método de Gumbel Tipo I y Aparicio 1997

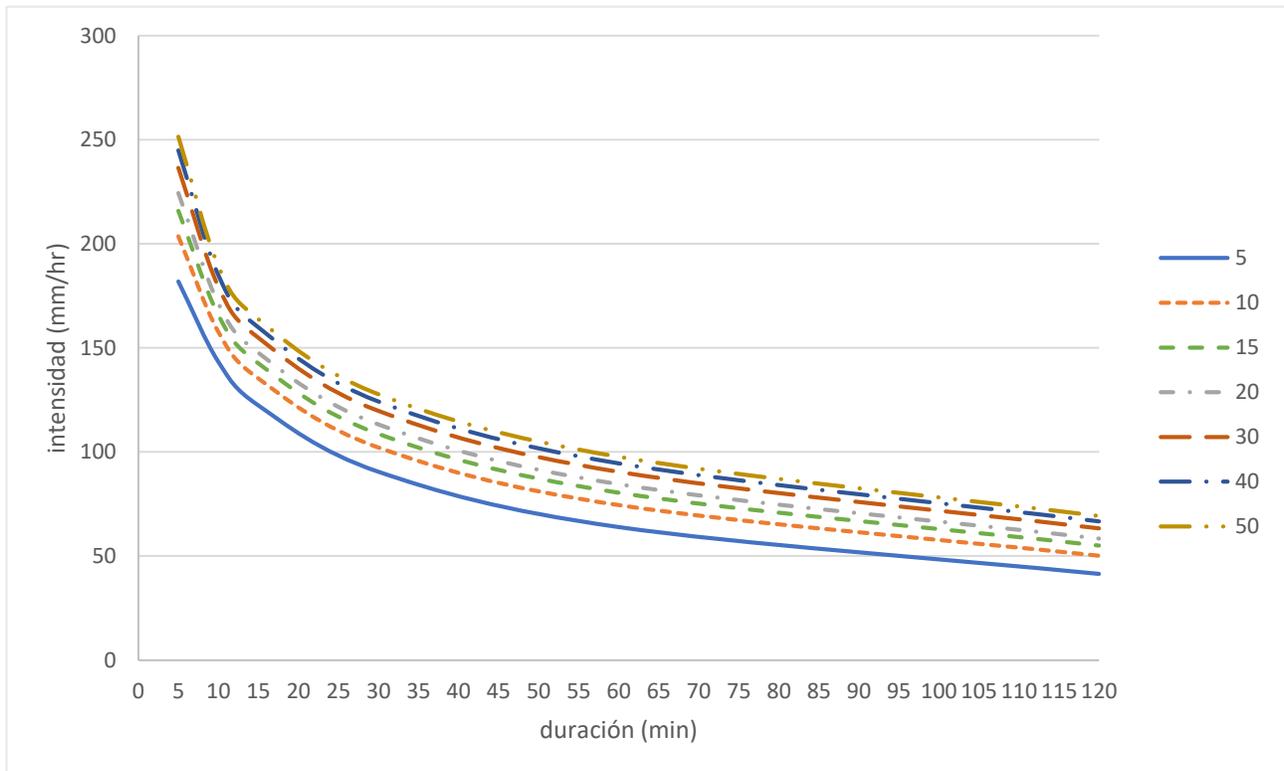


Figura 2. Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Gumbel Tipo I)

Mediante la recopilación y análisis de los datos mediante el método de Gumbel Tipo I, conocemos que dicho método es utilizado para el análisis de variables aleatorias como valores máximos y mínimos de precipitación. De esta manera obteniendo la curva (figura 2), en la cual nos muestra que el método de Gumbel tiende a tener datos de intensidad de precipitación bajos, es decir que, con dicho método se puede proceder a analizar los comportamientos de las precipitaciones para el siguiente temporal de años, de esta manera se pretende que se puedan realizar diferentes estudios a priori para la finca El Plantel, con la finalidad de poder evitar y/o contrarrestar las deficiencias que se experimentan en el área.

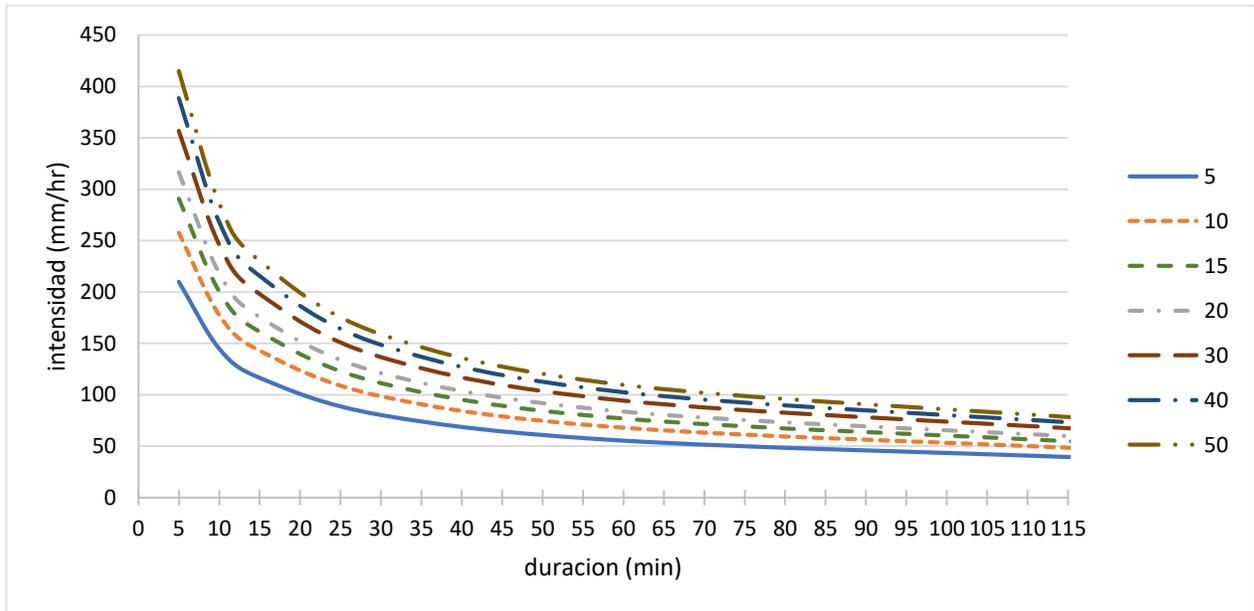


Figura 3. Curva de Intensidad-Duración-Frecuencia (Método Aparicio).

Mediante un análisis de regresión lineal múltiple se pudieron obtener las constantes K, m y n, mismas que la fórmula (8), esto con la finalidad de obtener la intensidad para los diferentes periodos de retorno para el Método de Aparicio.

Con estos métodos (Gumbel Tipo I y Aparicio, 1997) se muestra una sobreestimación de los resultados estimados por el Método de Aparicio, haciendo que la (figura 3) tenga una mayor escala. El método de Gumbel tipo I, mediante las ecuaciones (4) nos muestra un mejor y mayor ajuste a las funciones definidas dando como resultado una gráfica (figura 2) con una escala en la cual se puede ajustar de manera superior para los diferentes periodos de retorno.

Los resultados obtenidos de las figuras, estimarían el comportamiento de las intensidades, las cuales nos permitirían estudiar el escurrimiento superficial o de los caudales en el área de estudio. Sabiendo que el drenaje de manera histórica no se le ha dado la importancia requerida, únicamente se opta por evitar este problema.

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia, permite con un alto grado de confianza aplicar la ecuación del método racional para la estimación y construcción de pequeñas obras hidráulicas

con la finalidad de disminuir el escurrimiento superficial, generando información que será utilizada para conducir de manera controlada el exceso de la precipitación en forma de escurrimientos superficiales o bien, pudiendo almacenarlo en pequeñas obras o reservorios de agua para abastecer o proporcionar agua al ganado o bien suministrando agua a través de sistemas de riego para áreas de pasto en zona donde la escasez de agua se esta volviendo un problema en el área.

VI. CONCLUSIÓN

Las curvas IDF obtenidas no difieren en la forma y la tendencia entre ellas, produciendo diferencia solo en relación a la escala de intensidad de precipitación entre ambos métodos, la desventaja de construir las curvas IDF es la necesidad de obtener datos de intensidad, donde la relación entre la magnitud de la precipitación con la duración.

Los resultados de esta investigación establecen que, de los métodos aplicados, el método de Gumbel Tipo I es el más ajustado a las condiciones del área de influencia para ser utilizado en los cálculos de escurrimiento o diseño de pequeñas obras hidráulicas en el plantel, se puede mostrar el comportamiento en función de la intensidad-duración y frecuencia con los registros de los últimos 50 años, observando de esta manera una intensidad esperada de 251.49 mm dentro de 50 años para un periodo de tiempo de 5 minutos.

VII. RECOMENDACIONES

- Que el presente estudio motive al Departamento de Ingeniería Agrícola (DIA) y estudiantes a generar información con esta herramienta cuya finalidad se diseñar un mapa de curvas IDF para la zona pacífica y central del país por su importancia económica
- Llevar a cabo más estudios sobre curvas intensidad duración frecuencia empleando otras distribuciones de probabilidad y modelos matemáticos.
- Empezar investigaciones posteriores, las cuales permitan ampliar y completar la información obtenida por la presente investigación, profundizando en la forma en la que se procesan los datos, así como en los usos de distintos métodos estadísticos.
- Impulsar diferentes estudios hidrometeorológicos, pues permitirán mejorar el conocimiento científico de las lluvias y la manera en cómo se presentan
- Se recomienda el método de Gumbel tipo I ya que se obtuvieron excelentes niveles de ajuste para la zona en estudio con una duración y período de retorno determinado y un alto grado de precisión

VIII. LITERATURA CITADA

- Acreman, M., McCartney. (2009). *Hydrological Impacts in and around Wetlands*. En: Maltby, E.; Barker, T. (Eds.). *The wetlands handbook*. Chichees, UK: Wiley-Blackwell. <https://hdl.handle.net/10568/37305>
- Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Limusa.
- Barberena, K. y Paredes N., (2016) *Curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia en la Cuenca N°68 Nicaragua*, Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria, Managua. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp40b234.pdf>
- Cadavid Cartagena, E. (2007). *Curvas IDF, hietogramas de diseño de obras de infraestructura e impacto económico del período de retorno*. Uniandes <https://repositorio.uniandes.edu.co/flexpaper/handle/1992/9583/u295353.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=5>
- Elsebaie, IH (2012) Desarrollo de la relación intensidad-duración-frecuencia de lluvia para dos regiones en Arabia Saudita. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 24, 131-140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2011.06.001>
- Escorrentía. (sf) En Ruiz, E. y Martínez, M., *Hidrología Aplicada*. (pp. 1-57). https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/47725/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_5.pdf
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y Diseños de Sistemas de Riego*. LEVANTEX S.A [Fundamentos y diseño de sistemas de riego - Luis A. Gurovich - Google Libros](https://books.google.com/books?id=UwEAAAQAAIAJ)
- Hernandez, R., Fernández, C. Y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México DF: McGraw-Hill /Interamericana Editores. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7547/1/50108102.pdf>
- INETER (2015) Dirección General de metereologia, datos de parámetros climatológicos, evaporación y temperatura del estación metereológica del aeropuerto internacional de Managua, Nicaragua
- López, I. y Ñamendy, S. (2012). *Intensidad-Duración-Frecuencia en la Región Central de Nicaragua*. (Tesis de Ingeniería). Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2188/1/tnp40l864.pdf>
- Márquez, A. y Melara, R. (2014). *Propuesta de actualización de curvas intensidad - duración - frecuencia en la zona oriental de El Salvador*. Trabajo de Grado, Universidad de El Salvador, San Miguel. [50108102.pdf \(ues.edu.sv\)](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/50108102)
- Pérez, Guillermo, (2008), *Uso De Cilindros Infiltrómetros De Diferente Diámetro En La Determinación De Infiltración En El Campo*, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna. Coahuila, Tesis de grado <https://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2685/GUILLER>

- Quispe, F. (2018) *Generación de intensidad máxima de precipitación pluvial con fines de diseño de infraestructura hidráulica en la localidad de capachica – puno*. Trabajo de tesis. Universidad Alas Peruanas, Juliaca. Repositorio institucional. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/2149/Tesis_generaci%C3%B3n_intensidad%20m%C3%A1xima_precipitaci%C3%B3n%20pluvial_fines%20de%20dise%C3%B1o_infraestructura%20hidr%C3%A1ulica_localidad%20Capachica_Puno.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez, J. y Suazo, R. (2020). *Reconocimiento de las causas del escurrimiento superficial en la finca el plantel, Tipitapa – Masaya, Periodo 2018*. Trabajo de Tesis, Universidad Nacional Agraria, Managua. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4157/1/tnp11s194.pdf>
- Segerer, C. y Villodas, E. (2006) *Unidad I: La Hidrología y la Ingeniería Hidrológica*. Studocu. [Hidrología I U1-La Hidrología - Universidad Nacional de Cuyo Facultad de Ingeniería Ingeniería Civil - Studocu](#)
- Témez, J. (1978). Cálculos de la Intensidad de Precipitación. *Calculo Hidrometereológico de Caudales Máximos en pequeñas cuencas naturales* (pp. 39). [tellez.pdf \(carreteros.org\)](#)
- UNA, (2008) Universidad Nacional Agraria, *Guías y Normas metodológica de las formas de culminación de estudios* (En línea). Managua, NI. Consultado 26/10/2022. <https://cenida.una.edu.ni/documentos/Nc10u58gu.pdf>

IV. ANEXOS

Años	Minutos					
	5	10	15	30	60	120
1971	199.2	112.8	106.4	69.4	41.7	30.2
1972	212.4	123.6	86.8	58.8	29.5	18.1
1973	200.4	137.4	121.2	89.2	77.7	44.7
1974	198	115.2	84	59	44.4	30.9
1975	126	125.4	118.4	100	90	65.6
1976	123.6	118.2	113.6	72.4	41.6	22.8
1977	187.2	142.2	118.4	79.2	52.1	29.2
1978	126	125.6	90.8	77	49	30.2
1979	121.2	111.6	92.8	57.8	42.4	26.8
1980	180	178.2	158.4	99	63.8	37.3
1981	153.6	109.2	104.8	59.6	36.7	23
1982	155.6	122.4	95.6	68	57.7	33.6
1983	133.2	102	80.8	55.8	35.4	18.1
1984	151.2	150	123.2	112.8	63.2	32.7
1985	150	134.4	109.6	106.4	77.3	67.9
1986	158.4	103.8	88	54.4	28.5	8.9
1987	200.4	151.8	119.2	84.4	47.1	17.4
1988	212.4	168.8	134.4	93.2	64.2	21.2
1989	150.1	120.7	98	36.4	25.2	14.8
1990	106.2	86.4	72.4	62.5	36.9	14.8
1991	238.8	204	159.6	82.2	33.8	23
1992	123.6	111	98	69	39.3	21.5
1993	150	111	87.2	66	49.3	29.1
1994	122.4	108.6	90	60.6	54.3	32.8
1995	115.2	114	113	76	76	45.8
1996	124.8	121.8	120	69.6	43.5	23.3
1997	120	120	80	64	33.4	14.9
1998	230.4	141.6	110.4	76.6	43.1	24.5
1999	126	109.8	84	62.4	32.6	22.7
2000	124.8	116.4	125.2	89.2	51.2	19.8
2001	230.4	164	119.2	76.8	46	30.6
2002	126	120	114	90	66.5	62.7
2003	165.6	130.8	120.8	110	95.1	58.9
2004	132	104.4	82	64	36.4	17.3
2005	132	120	108	88	77	42.7
2006	110.4	108	74.8	53.4	41.8	11
2007	142.8	118.8	94.4	62.8	47	27.1
2008	177.6	172.8	153.6	101.6	68.8	39.5

2009	178.8	154.2	114	84.8	22.9	12.3
2010	151.2	124.8	120.8	85.4	65.8	29.3
2011	123.6	118.8	82	58.8	44.7	34.3
2012	240	180	160	140.8	93.5	48.1
2013	123.6	104.4	88	64.8	40.8	27.2
2014	115.2	101.4	82.4	54.4	35.6	18.5
2015	163.2	120.6	108.4	92.4	67	66
2016	168	102	92.4	54.4	42	27.6
2017	151.2	115.1	115.2	78.8	59.6	49.2
2018	117.6	84	78.4	48.8	24.6	17.3
2019	168	130.8	124	89.8	49.6	41.2
2020	127.2	112.2	108.8	100.8	64.8	32.9

Anexo 1. Intensidades máximas anuales de precipitación (mm)

M	Minutos					
	5	10	15	30	60	120
1	240	204	160	140.8	95.1	67.9
2	238.8	180	159.6	112.8	93.5	66
3	230.4	178.2	158.4	110	90	65.6
4	230.4	172.8	153.6	106.4	77.7	62.7
5	212.4	168.8	134.4	101.6	77.3	58.9
6	212.4	164	125.2	100.8	77	49.2
7	200.4	154.2	124	100	76	48.1
8	200.4	151.8	123.2	99	68.8	45.8
9	199.2	150	121.2	93.2	67	44.7
10	198	142.2	120.8	92.4	66.5	42.7
11	187.2	141.6	120.8	90	65.8	41.2
12	180	137.4	120	89.8	64.8	39.5
13	178.8	134.4	119.2	89.2	64.2	37.3
14	177.6	130.8	119.2	89.2	63.8	34.3
15	168	130.8	118.4	88	63.2	33.6
16	168	125.6	118.4	85.4	59.6	32.9
17	165.6	125.4	115.2	84.8	57.7	32.8
18	163.2	124.8	114	84.4	54.3	32.7
19	158.4	123.6	114	82.2	52.1	30.9
20	155.6	122.4	113.6	79.2	51.2	30.6
21	153.6	121.8	113	78.8	49.6	30.2
22	151.2	120.7	110.4	77	49.3	30.2
23	151.2	120.6	109.6	76.8	49	29.3
24	151.2	120	108.8	76.6	47.1	29.2
25	150.1	120	108.4	76	47	29.1

26	150	120	108	72.4	46	27.6
27	150	118.8	106.4	69.6	44.7	27.2
28	142.8	118.8	104.8	69.4	44.4	27.1
29	133.2	118.2	98	69	43.5	26.8
30	132	116.4	98	68	43.1	24.5
31	132	115.2	95.6	66	42.4	23.3
32	127.2	115.1	94.4	64.8	42	23
33	126	114	92.8	64	41.8	23
34	126	112.8	92.4	64	41.7	22.8
35	126	112.2	90.8	62.8	41.6	22.7
36	126	111.6	90	62.5	40.8	21.5
37	124.8	111	88	62.4	39.3	21.2
38	124.8	111	88	60.6	36.9	19.8
39	123.6	109.8	87.2	59.6	36.7	18.5
40	123.6	109.2	86.8	59	36.4	18.1
41	123.6	108.6	84	58.8	35.6	18.1
42	123.6	108	84	58.8	35.4	17.4
43	122.4	104.4	82.4	57.8	33.8	17.3
44	121.2	104.4	82	55.8	33.4	17.3
45	120	103.8	82	54.4	32.6	14.9
46	117.6	102	80.8	54.4	29.5	14.8
47	115.2	102	80	54.4	28.5	14.8
48	115.2	101.4	78.4	53.4	25.2	12.3
49	110.4	86.4	74.8	48.8	24.6	11
50	106.2	84	72.4	36.4	22.9	8.9

Anexo 1.a. Intensidades ordenadas de mayor a menor.

m= orden asignado al número de observaciones.

$m/(n+1)$	$(n+1)/m$	$1-(m/(n+1))$
0.020	51.00	0.980
0.039	25.50	0.961
0.059	17.00	0.941
0.078	12.75	0.922
0.098	10.20	0.902
0.118	8.50	0.882
0.137	7.29	0.863
0.157	6.38	0.843
0.176	5.67	0.824
0.196	5.10	0.804
0.216	4.64	0.784
0.235	4.25	0.765
0.255	3.92	0.745

	0.275	3.64	0.725
	0.294	3.40	0.706
	0.314	3.19	0.686
	0.333	3.00	0.667
	0.353	2.83	0.647
	0.373	2.68	0.627
0.392		2.55	0.608
	0.412	2.43	0.588
	0.431	2.32	0.569
	0.451	2.22	0.549
	0.471	2.13	0.529
	0.490	2.04	0.510
	0.510	1.96	0.490
	0.529	1.89	0.471
	0.549	1.82	0.451
	0.569	1.76	0.431
0.588		1.70	0.412
	0.608	1.65	0.392
	0.627	1.59	0.373
	0.647	1.55	0.353
	0.667	1.50	0.333
	0.686	1.46	0.314
	0.706	1.42	0.294
	0.725	1.38	0.275
	0.745	1.34	0.255
	0.765	1.31	0.235
0.784		1.28	0.216
	0.804	1.24	0.196
	0.824	1.21	0.176
	0.843	1.19	0.157
	0.863	1.16	0.137
	0.882	1.13	0.118
	0.902	1.11	0.098
	0.922	1.09	0.078
	0.941	1.06	0.059
	0.961	1.04	0.039
	0.980	1.02	0.020

Anexo 1.b. Probabilidad de ocurrencia y no ocurrencia.

m= Orden asignado al número de observaciones, n= Número total de observaciones

	Minutos					
	5	10	15	30	60	120
PARAMETROS	240	204	160	140.8	95.1	67.9
	238.8	180	159.6	112.8	93.5	66
	230.4	178.2	158.4	110	90	65.6
	230.4	172.8	153.6	106.4	77.7	62.7
	212.4	168.8	134.4	101.6	77.3	58.9
	212.4	164	125.2	100.8	77	49.2
	200.4	154.2	124	100	76	48.1
	200.4	151.8	123.2	99	68.8	45.8
	199.2	150	121.2	93.2	67	44.7
	198	142.2	120.8	92.4	66.5	42.7
	187.2	141.6	120.8	90	65.8	41.2
	180	137.4	120	89.8	64.8	39.5
	178.8	134.4	119.2	89.2	64.2	37.3
	177.6	130.8	119.2	89.2	63.8	34.3
	168	130.8	118.4	88	63.2	33.6
	168	125.6	118.4	85.4	59.6	32.9
	165.6	125.4	115.2	84.8	57.7	32.8
	163.2	124.8	114	84.4	54.3	32.7
	158.4	123.6	114	82.2	52.1	30.9
	155.6	122.4	113.6	79.2	51.2	30.6
	153.6	121.8	113	78.8	49.6	30.2
	151.2	120.7	110.4	77	49.3	30.2
	151.2	120.6	109.6	76.8	49	29.3
	151.2	120	108.8	76.6	47.1	29.2
	150.1	120	108.4	76	47	29.1
	150	120	108	72.4	46	27.6
	150	118.8	106.4	69.6	44.7	27.2
	142.8	118.8	104.8	69.4	44.4	27.1
	133.2	118.2	98	69	43.5	26.8
	132	116.4	98	68	43.1	24.5
	132	115.2	95.6	66	42.4	23.3
	127.2	115.1	94.4	64.8	42	23
	126	114	92.8	64	41.8	23
	126	112.8	92.4	64	41.7	22.8
	126	112.2	90.8	62.8	41.6	22.7
	126	111.6	90	62.5	40.8	21.5
	124.8	111	88	62.4	39.3	21.2
	124.8	111	88	60.6	36.9	19.8

	123.6	109.8	87.2	59.6	36.7	18.5
	123.6	109.2	86.8	59	36.4	18.1
	123.6	108.6	84	58.8	35.6	18.1
	123.6	108	84	58.8	35.4	17.4
	122.4	104.4	82.4	57.8	33.8	17.3
	121.2	104.4	82	55.8	33.4	17.3
	120	103.8	82	54.4	32.6	14.9
	117.6	102	80.8	54.4	29.5	14.8
	115.2	102	80	54.4	28.5	14.8
	115.2	101.4	78.4	53.4	25.2	12.3
	110.4	86.4	74.8	48.8	24.6	11
	106.2	84	72.4	36.4	22.9	8.9
Σxi	7765.5	6285	5325.4	3811.5	2550.4	1539.3
\bar{x}	155.31	125.7	106.508	76.23	51.008	30.786
Σx^2	60302990.25	39501225	28359885.2	14527532.3	6504540.16	2369444.49
Sx	37.107	24.547	22.092	19.874	18.015	14.842
A	0.035	0.052	0.058	0.065	0.071	0.086
β	138.590	114.639	96.554	67.275	42.890	24.098

Anexo 1.c. Distribución teórica

Σi = sumatoria de los datos de intensidades

= promedio del número de observaciones

Σi^2 = sumatoria de los datos de intensidades al cuadrado

Sx = desviación estándar o desviación típica

α = 1.2825/S

β = - 0.4506*Sx

$\Delta_{\text{máx}} = P_e(X \leq X_m) - P_t(X \leq X_m) / P_t(X \leq X_m)$					
Minutos					
5	10	15	30	60	120
$e^{-(X-\beta)^{\alpha}}$					
0.970	0.991	0.975	0.991	0.976	0.978
0.969	0.968	0.975	0.948	0.973	0.974
0.959	0.965	0.973	0.938	0.966	0.973
0.959	0.953	0.964	0.923	0.920	0.965
0.925	0.943	0.895	0.897	0.917	0.952
0.925	0.927	0.827	0.891	0.916	0.892
0.889	0.881	0.816	0.886	0.910	0.882
0.889	0.866	0.808	0.879	0.854	0.858
0.884	0.854	0.787	0.829	0.836	0.845
0.880	0.789	0.783	0.821	0.830	0.818
0.830	0.783	0.783	0.794	0.822	0.796
0.787	0.738	0.774	0.792	0.810	0.768
0.779	0.700	0.764	0.784	0.803	0.726
0.771	0.651	0.764	0.784	0.798	0.661
0.696	0.651	0.755	0.769	0.790	0.644
0.696	0.569	0.755	0.733	0.738	0.627
0.675	0.566	0.713	0.724	0.706	0.624
0.652	0.555	0.695	0.718	0.642	0.622
0.604	0.535	0.695	0.683	0.595	0.574
0.574	0.513	0.690	0.629	0.575	0.565
0.551	0.503	0.681	0.622	0.538	0.554
0.524	0.483	0.639	0.586	0.531	0.554
0.524	0.481	0.626	0.582	0.523	0.528
0.524	0.470	0.612	0.578	0.477	0.525
0.511	0.470	0.605	0.566	0.474	0.523
0.510	0.470	0.598	0.488	0.449	0.478
0.510	0.447	0.569	0.423	0.415	0.465
0.421	0.447	0.538	0.418	0.407	0.462
0.300	0.436	0.399	0.409	0.384	0.453
0.285	0.402	0.399	0.385	0.373	0.381
0.285	0.379	0.348	0.338	0.355	0.343
0.227	0.377	0.322	0.309	0.345	0.333
0.213	0.356	0.288	0.291	0.339	0.333
0.213	0.333	0.280	0.291	0.337	0.327
0.213	0.321	0.247	0.263	0.334	0.324
0.213	0.310	0.232	0.256	0.313	0.286

0.200	0.298	0.193	0.254	0.275	0.277
0.200	0.298	0.193	0.215	0.216	0.235
0.187	0.276	0.179	0.194	0.211	0.197
0.187	0.265	0.172	0.182	0.204	0.187
0.187	0.254	0.126	0.178	0.186	0.187
0.187	0.243	0.126	0.178	0.182	0.168
0.174	0.181	0.103	0.158	0.148	0.165
0.161	0.181	0.098	0.123	0.140	0.165
0.149	0.172	0.098	0.101	0.125	0.109
0.127	0.144	0.082	0.101	0.075	0.107
0.106	0.144	0.073	0.101	0.062	0.107
0.106	0.136	0.057	0.086	0.030	0.063
0.071	0.013	0.029	0.037	0.025	0.045
0.047	0.007	0.017	0.001	0.016	0.024

Anexo 1.d. Cálculo de distribución empírica

$\Delta_{\text{máx}} = P_e(X \leq X_m) - P_t(X \leq X_m) $							
$1-(m/(n+1))$	m	Pe - Pt					
0.980	1	0.0100	0.0103	0.0052	0.0109	0.0044	0.0100
0.961	2	0.0084	0.0069	0.0138	0.0124	0.0123	0.0084
0.941	3	0.0178	0.0233	0.0316	0.0027	0.0245	0.0178
0.922	4	0.0374	0.0317	0.0426	0.0015	0.0020	0.0374
0.902	5	0.0230	0.0407	0.0071	0.0054	0.0153	0.0230
0.882	6	0.0426	0.0446	0.0550	0.0091	0.0332	0.0426
0.863	7	0.0259	0.0184	0.0467	0.0233	0.0469	0.0259
0.843	8	0.0455	0.0232	0.0349	0.0358	0.0106	0.0455
0.824	9	0.0607	0.0306	0.0362	0.0053	0.0120	0.0607
0.804	10	0.0757	0.0149	0.0210	0.0167	0.0262	0.0757
0.784	11	0.0457	0.0012	0.0014	0.0096	0.0379	0.0457
0.765	12	0.0227	0.0272	0.0092	0.0269	0.0457	0.0227
0.745	13	0.0344	0.0447	0.0194	0.0392	0.0579	0.0344
0.725	14	0.0458	0.0749	0.0390	0.0588	0.0725	0.0458
0.706	15	0.0095	0.0553	0.0489	0.0632	0.0843	0.0095
0.686	16	0.0101	0.1174	0.0685	0.0468	0.0513	0.0101
0.667	17	0.0083	0.1011	0.0460	0.0575	0.0391	0.0083
0.647	18	0.0053	0.0917	0.0484	0.0710	0.0055	0.0053
0.627	19	0.0235	0.0928	0.0680	0.0553	0.0324	0.0235
0.608	20	0.0340	0.0944	0.0817	0.0214	0.0329	0.0340
0.588	21	0.0368	0.0856	0.0923	0.0334	0.0504	0.0368
0.569	22	0.0449	0.0860	0.0705	0.0177	0.0380	0.0449
0.549	23	0.0253	0.0683	0.0767	0.0333	0.0256	0.0253
0.529	24	0.0057	0.0597	0.0825	0.0488	0.0528	0.0057
0.510	25	0.0010	0.0401	0.0951	0.0560	0.0357	0.0010

0.490	26	0.0194	0.0205	0.1076	0.0027	0.0415	0.0194
0.471	27	0.0390	0.0233	0.0980	0.0477	0.0554	0.0390
0.451	28	0.0297	0.0037	0.0872	0.0328	0.0436	0.0297
0.431	29	0.1316	0.0046	0.0326	0.0226	0.0475	0.1316
0.412	30	0.1269	0.0101	0.0130	0.0267	0.0384	0.1269
0.392	31	0.1073	0.0135	0.0446	0.0545	0.0371	0.1073
0.373	32	0.1455	0.0042	0.0505	0.0632	0.0280	0.1455
0.353	33	0.1397	0.0027	0.0646	0.0622	0.0136	0.1397
0.333	34	0.1201	0.0008	0.0533	0.0426	0.0034	0.1201
0.314	35	0.1004	0.0074	0.0663	0.0505	0.0204	0.1004
0.294	36	0.0808	0.0156	0.0626	0.0377	0.0192	0.0808
0.275	37	0.0747	0.0239	0.0811	0.0203	0.0004	0.0747
0.255	38	0.0551	0.0435	0.0615	0.0402	0.0388	0.0551
0.235	39	0.0487	0.0406	0.0564	0.0415	0.0239	0.0487
0.216	40	0.0291	0.0491	0.0439	0.0340	0.0112	0.0291
0.196	41	0.0095	0.0578	0.0702	0.0184	0.0098	0.0095
0.176	42	0.0101	0.0665	0.0506	0.0012	0.0054	0.0101
0.157	43	0.0169	0.0245	0.0540	0.0015	0.0088	0.0169
0.137	44	0.0241	0.0441	0.0397	0.0144	0.0029	0.0241
0.118	45	0.0317	0.0541	0.0201	0.0169	0.0072	0.0317
0.098	46	0.0287	0.0463	0.0156	0.0027	0.0233	0.0287
0.078	47	0.0276	0.0659	0.0052	0.0223	0.0167	0.0276
0.059	48	0.0472	0.0769	0.0021	0.0276	0.0293	0.0472
0.039	49	0.0315	0.0266	0.0101	0.0021	0.0139	0.0315
0.020	50	0.0271	0.0126	0.0024	0.0190	0.0038	0.0271

Anexo 1.e. Obtención de la desviación máxima entre la probabilidad de la distribución empírica y teórica.

2. Determinación de las tablas de uso práctico Aparicio, 1997

M	Pr (años)	Minutos					
		5	10	15	30	60	120
1	51.0	240	204	160	140.8	95.1	67.9
2	25.5	238.8	180	159.6	112.8	93.5	66
3	17.0	230.4	178.2	158.4	110	90	65.6
4	12.8	230.4	172.8	153.6	106.4	77.7	62.7
5	10.2	212.4	168.8	134.4	101.6	77.3	58.9
6	8.5	212.4	164	125.2	100.8	77	49.2
7	7.3	200.4	154.2	124	100	76	48.1
8	6.4	200.4	151.8	123.2	99	68.8	45.8
9	5.7	199.2	150	121.2	93.2	67	44.7
10	5.1	198	142.2	120.8	92.4	66.5	42.7
11	4.6	187.2	141.6	120.8	90	65.8	41.2
12	4.3	180	137.4	120	89.8	64.8	39.5
13	3.9	178.8	134.4	119.2	89.2	64.2	37.3
14	3.6	177.6	130.8	119.2	89.2	63.8	34.3
15	3.4	168	130.8	118.4	88	63.2	33.6
16	3.2	168	125.6	118.4	85.4	59.6	32.9
17	3.0	165.6	125.4	115.2	84.8	57.7	32.8
18	2.8	163.2	124.8	114	84.4	54.3	32.7
19	2.7	158.4	123.6	114	82.2	52.1	30.9
20	2.6	155.6	122.4	113.6	79.2	51.2	30.6
21	2.4	153.6	121.8	113	78.8	49.6	30.2
22	2.3	151.2	120.7	110.4	77	49.3	30.2
23	2.2	151.2	120.6	109.6	76.8	49	29.3
24	2.1	151.2	120	108.8	76.6	47.1	29.2
25	2.0	150.1	120	108.4	76	47	29.1
26	2.0	150	120	108	72.4	46	27.6
27	1.9	150	118.8	106.4	69.6	44.7	27.2
28	1.8	142.8	118.8	104.8	69.4	44.4	27.1
29	1.8	133.2	118.2	98	69	43.5	26.8
30	1.7	132	116.4	98	68	43.1	24.5
31	1.6	132	115.2	95.6	66	42.4	23.3
32	1.6	127.2	115.1	94.4	64.8	42	23
33	1.5	126	114	92.8	64	41.8	23
34	1.5	126	112.8	92.4	64	41.7	22.8
35	1.5	126	112.2	90.8	62.8	41.6	22.7
36	1.4	126	111.6	90	62.5	40.8	21.5
37	1.4	124.8	111	88	62.4	39.3	21.2
38	1.3	124.8	111	88	60.6	36.9	19.8

39	1.3	123.6	109.8	87.2	59.6	36.7	18.5
40	1.3	123.6	109.2	86.8	59	36.4	18.1
41	1.2	123.6	108.6	84	58.8	35.6	18.1
42	1.2	123.6	108	84	58.8	35.4	17.4
43	1.2	122.4	104.4	82.4	57.8	33.8	17.3
44	1.2	121.2	104.4	82	55.8	33.4	17.3
45	1.1	120	103.8	82	54.4	32.6	14.9
46	1.1	117.6	102	80.8	54.4	29.5	14.8
47	1.1	115.2	102	80	54.4	28.5	14.8
48	1.1	115.2	101.4	78.4	53.4	25.2	12.3
49	1.0	110.4	86.4	74.8	48.8	24.6	11
50	1.0	106.2	84	72.4	36.4	22.9	8.9

Anexo 2.a. Cálculos de los periodos de retorno.

m= orden asignado al número de observaciones

Pr= periodo de retorno

Log D X2	logT X1	log I Y	X1, Y	X2, Y	X1 ²	X2 ²	X1, X2
0.70	1.71	2.380	4.064	1.664	2.916	0.489	1.194
0.70	1.41	2.378	3.345	1.662	1.978	0.489	0.983
0.70	1.23	2.362	2.907	1.651	1.514	0.489	0.860
0.70	1.11	2.362	2.612	1.651	1.222	0.489	0.773
0.70	1.01	2.327	2.347	1.627	1.017	0.489	0.705
0.70	0.93	2.327	2.163	1.627	0.864	0.489	0.650
0.70	0.86	2.302	1.985	1.609	0.744	0.489	0.603
0.70	0.80	2.302	1.852	1.609	0.647	0.489	0.562
0.70	0.75	2.299	1.732	1.607	0.568	0.489	0.527
0.70	0.71	2.297	1.625	1.605	0.501	0.489	0.495
0.70	0.67	2.272	1.514	1.588	0.444	0.489	0.466
0.70	0.63	2.255	1.417	1.576	0.395	0.489	0.439
0.70	0.59	2.252	1.337	1.574	0.352	0.489	0.415
0.70	0.56	2.249	1.263	1.572	0.315	0.489	0.392
0.70	0.53	2.225	1.183	1.555	0.282	0.489	0.371
0.70	0.50	2.225	1.120	1.555	0.253	0.489	0.352
0.70	0.48	2.219	1.059	1.551	0.228	0.489	0.333
0.70	0.45	2.213	1.001	1.547	0.205	0.489	0.316
0.70	0.43	2.200	0.943	1.538	0.184	0.489	0.300
0.70	0.41	2.192	0.891	1.532	0.165	0.489	0.284
0.70	0.39	2.186	0.843	1.528	0.148	0.489	0.269
0.70	0.37	2.180	0.796	1.523	0.133	0.489	0.255

0.70	0.35	2.180	0.754	1.523	0.120	0.489	0.242
0.70	0.33	2.180	0.713	1.523	0.107	0.489	0.229
0.70	0.31	2.176	0.674	1.521	0.096	0.489	0.216
0.70	0.29	2.176	0.637	1.521	0.086	0.489	0.205
0.70	0.28	2.176	0.601	1.521	0.076	0.489	0.193
0.70	0.26	2.155	0.561	1.506	0.068	0.489	0.182
0.70	0.25	2.125	0.521	1.485	0.060	0.489	0.171
0.70	0.23	2.121	0.489	1.482	0.053	0.489	0.161
0.70	0.22	2.121	0.458	1.482	0.047	0.489	0.151
0.70	0.20	2.104	0.426	1.471	0.041	0.489	0.141
0.70	0.19	2.100	0.397	1.468	0.036	0.489	0.132
0.70	0.18	2.100	0.370	1.468	0.031	0.489	0.123
0.70	0.16	2.100	0.343	1.468	0.027	0.489	0.114
0.70	0.15	2.100	0.318	1.468	0.023	0.489	0.106
0.70	0.14	2.096	0.292	1.465	0.019	0.489	0.097
0.70	0.13	2.096	0.268	1.465	0.016	0.489	0.089
0.70	0.12	2.092	0.244	1.462	0.014	0.489	0.081
0.70	0.11	2.092	0.221	1.462	0.011	0.489	0.074
0.70	0.09	2.092	0.198	1.462	0.009	0.489	0.066
0.70	0.08	2.092	0.176	1.462	0.007	0.489	0.059
0.70	0.07	2.088	0.155	1.459	0.005	0.489	0.052
0.70	0.06	2.084	0.134	1.456	0.004	0.489	0.045
0.70	0.05	2.079	0.113	1.453	0.003	0.489	0.038
0.70	0.04	2.070	0.093	1.447	0.002	0.489	0.031
0.70	0.04	2.061	0.073	1.441	0.001	0.489	0.025
0.70	0.03	2.061	0.054	1.441	0.001	0.489	0.018
0.70	0.02	2.043	0.035	1.428	0.000	0.489	0.012
0.70	0.01	2.026	0.017	1.416	0.000	0.489	0.006
1.00	1.71	2.310	3.944	2.310	2.916	1.000	1.708
1.00	1.41	2.255	3.172	2.255	1.978	1.000	1.407
1.00	1.23	2.251	2.770	2.251	1.514	1.000	1.230
1.00	1.11	2.238	2.474	2.238	1.222	1.000	1.106
1.00	1.01	2.227	2.247	2.227	1.017	1.000	1.009
1.00	0.93	2.215	2.059	2.215	0.864	1.000	0.929
1.00	0.86	2.188	1.887	2.188	0.744	1.000	0.862
1.00	0.80	2.181	1.755	2.181	0.647	1.000	0.804
1.00	0.75	2.176	1.639	2.176	0.568	1.000	0.753
1.00	0.71	2.153	1.523	2.153	0.501	1.000	0.708
1.00	0.67	2.151	1.433	2.151	0.444	1.000	0.666
1.00	0.63	2.138	1.343	2.138	0.395	1.000	0.628
1.00	0.59	2.128	1.263	2.128	0.352	1.000	0.594
1.00	0.56	2.117	1.188	2.117	0.315	1.000	0.561

1.00	0.53	2.117	1.125	2.117	0.282	1.000	0.531
1.00	0.50	2.099	1.057	2.099	0.253	1.000	0.503
1.00	0.48	2.098	1.001	2.098	0.228	1.000	0.477
1.00	0.45	2.096	0.948	2.096	0.205	1.000	0.452
1.00	0.43	2.092	0.897	2.092	0.184	1.000	0.429
1.00	0.41	2.088	0.849	2.088	0.165	1.000	0.407
1.00	0.39	2.086	0.804	2.086	0.148	1.000	0.385
1.00	0.37	2.082	0.760	2.082	0.133	1.000	0.365
1.00	0.35	2.081	0.720	2.081	0.120	1.000	0.346
1.00	0.33	2.079	0.681	2.079	0.107	1.000	0.327
1.00	0.31	2.079	0.644	2.079	0.096	1.000	0.310
1.00	0.29	2.079	0.608	2.079	0.086	1.000	0.293
1.00	0.28	2.075	0.573	2.075	0.076	1.000	0.276
1.00	0.26	2.075	0.540	2.075	0.068	1.000	0.260
1.00	0.25	2.073	0.508	2.073	0.060	1.000	0.245
1.00	0.23	2.066	0.476	2.066	0.053	1.000	0.230
1.00	0.22	2.061	0.446	2.061	0.047	1.000	0.216
1.00	0.20	2.061	0.417	2.061	0.041	1.000	0.202
1.00	0.19	2.057	0.389	2.057	0.036	1.000	0.189
1.00	0.18	2.052	0.361	2.052	0.031	1.000	0.176
1.00	0.16	2.050	0.335	2.050	0.027	1.000	0.164
1.00	0.15	2.048	0.310	2.048	0.023	1.000	0.151
1.00	0.14	2.045	0.285	2.045	0.019	1.000	0.139
1.00	0.13	2.045	0.261	2.045	0.016	1.000	0.128
1.00	0.12	2.041	0.238	2.041	0.014	1.000	0.117
1.00	0.11	2.038	0.215	2.038	0.011	1.000	0.106
1.00	0.09	2.036	0.193	2.036	0.009	1.000	0.095
1.00	0.08	2.033	0.171	2.033	0.007	1.000	0.084
1.00	0.07	2.019	0.150	2.019	0.005	1.000	0.074
1.00	0.06	2.019	0.129	2.019	0.004	1.000	0.064
1.00	0.05	2.016	0.110	2.016	0.003	1.000	0.054
1.00	0.04	2.009	0.090	2.009	0.002	1.000	0.045
1.00	0.04	2.009	0.071	2.009	0.001	1.000	0.035
1.00	0.03	2.006	0.053	2.006	0.001	1.000	0.026
1.00	0.02	1.937	0.034	1.937	0.000	1.000	0.017
1.00	0.01	1.924	0.017	1.924	0.000	1.000	0.009
1.18	1.71	2.204	3.764	2.592	2.916	1.383	2.008
1.18	1.41	2.203	3.099	2.591	1.978	1.383	1.654
1.18	1.23	2.200	2.707	2.587	1.514	1.383	1.447
1.18	1.11	2.186	2.417	2.571	1.222	1.383	1.300
1.18	1.01	2.128	2.147	2.503	1.017	1.383	1.186
1.18	0.93	2.098	1.950	2.467	0.864	1.383	1.093

1.18	0.86	2.093	1.806	2.462	0.744	1.383	1.014
1.18	0.80	2.091	1.682	2.459	0.647	1.383	0.946
1.18	0.75	2.084	1.570	2.450	0.568	1.383	0.886
1.18	0.71	2.082	1.473	2.449	0.501	1.383	0.832
1.18	0.67	2.082	1.387	2.449	0.444	1.383	0.783
1.18	0.63	2.079	1.307	2.445	0.395	1.383	0.739
1.18	0.59	2.076	1.233	2.442	0.352	1.383	0.698
1.18	0.56	2.076	1.166	2.442	0.315	1.383	0.660
1.18	0.53	2.073	1.102	2.438	0.282	1.383	0.625
1.18	0.50	2.073	1.044	2.438	0.253	1.383	0.592
1.18	0.48	2.061	0.984	2.424	0.228	1.383	0.561
1.18	0.45	2.057	0.930	2.419	0.205	1.383	0.532
1.18	0.43	2.057	0.882	2.419	0.184	1.383	0.504
1.18	0.41	2.055	0.836	2.417	0.165	1.383	0.478
1.18	0.39	2.053	0.791	2.415	0.148	1.383	0.453
1.18	0.37	2.043	0.746	2.403	0.133	1.383	0.429
1.18	0.35	2.040	0.705	2.399	0.120	1.383	0.407
1.18	0.33	2.037	0.667	2.395	0.107	1.383	0.385
1.18	0.31	2.035	0.630	2.393	0.096	1.383	0.364
1.18	0.29	2.033	0.595	2.391	0.086	1.383	0.344
1.18	0.28	2.027	0.560	2.384	0.076	1.383	0.325
1.18	0.26	2.020	0.526	2.376	0.068	1.383	0.306
1.18	0.25	1.991	0.488	2.342	0.060	1.383	0.288
1.18	0.23	1.991	0.459	2.342	0.053	1.383	0.271
1.18	0.22	1.980	0.428	2.329	0.047	1.383	0.254
1.18	0.20	1.975	0.400	2.323	0.041	1.383	0.238
1.18	0.19	1.968	0.372	2.314	0.036	1.383	0.222
1.18	0.18	1.966	0.346	2.312	0.031	1.383	0.207
1.18	0.16	1.958	0.320	2.303	0.027	1.383	0.192
1.18	0.15	1.954	0.296	2.298	0.023	1.383	0.178
1.18	0.14	1.944	0.271	2.287	0.019	1.383	0.164
1.18	0.13	1.944	0.248	2.287	0.016	1.383	0.150
1.18	0.12	1.941	0.226	2.282	0.014	1.383	0.137
1.18	0.11	1.939	0.205	2.280	0.011	1.383	0.124
1.18	0.09	1.924	0.182	2.263	0.009	1.383	0.111
1.18	0.08	1.924	0.162	2.263	0.007	1.383	0.099
1.18	0.07	1.916	0.142	2.253	0.005	1.383	0.087
1.18	0.06	1.914	0.123	2.251	0.004	1.383	0.075
1.18	0.05	1.914	0.104	2.251	0.003	1.383	0.064
1.18	0.04	1.907	0.085	2.243	0.002	1.383	0.053
1.18	0.04	1.903	0.068	2.238	0.001	1.383	0.042
1.18	0.03	1.894	0.050	2.228	0.001	1.383	0.031
1.18	0.02	1.874	0.033	2.204	0.000	1.383	0.020

1.18	0.01	1.860	0.016	2.187	0.000	1.383	0.010
1.48	1.71	2.149	3.669	3.174	2.916	2.182	2.522
1.48	1.41	2.052	2.887	3.032	1.978	2.182	2.078
1.48	1.23	2.041	2.512	3.015	1.514	2.182	1.818
1.48	1.11	2.027	2.241	2.994	1.222	2.182	1.633
1.48	1.01	2.007	2.024	2.964	1.017	2.182	1.490
1.48	0.93	2.003	1.862	2.959	0.864	2.182	1.373
1.48	0.86	2.000	1.725	2.954	0.744	2.182	1.274
1.48	0.80	1.996	1.605	2.948	0.647	2.182	1.188
1.48	0.75	1.969	1.484	2.909	0.568	2.182	1.113
1.48	0.71	1.966	1.391	2.904	0.501	2.182	1.045
1.48	0.67	1.954	1.302	2.887	0.444	2.182	0.984
1.48	0.63	1.953	1.227	2.885	0.395	2.182	0.928
1.48	0.59	1.950	1.158	2.881	0.352	2.182	0.877
1.48	0.56	1.950	1.095	2.881	0.315	2.182	0.829
1.48	0.53	1.944	1.033	2.872	0.282	2.182	0.785
1.48	0.50	1.931	0.972	2.853	0.253	2.182	0.744
1.48	0.48	1.928	0.920	2.848	0.228	2.182	0.705
1.48	0.45	1.926	0.871	2.845	0.205	2.182	0.668
1.48	0.43	1.915	0.821	2.828	0.184	2.182	0.633
1.48	0.41	1.899	0.772	2.805	0.165	2.182	0.601
1.48	0.39	1.897	0.731	2.801	0.148	2.182	0.569
1.48	0.37	1.886	0.689	2.787	0.133	2.182	0.539
1.48	0.35	1.885	0.652	2.785	0.120	2.182	0.511
1.48	0.33	1.884	0.617	2.783	0.107	2.182	0.484
1.48	0.31	1.881	0.582	2.778	0.096	2.182	0.457
1.48	0.29	1.860	0.544	2.747	0.086	2.182	0.432
1.48	0.28	1.843	0.509	2.722	0.076	2.182	0.408
1.48	0.26	1.841	0.480	2.720	0.068	2.182	0.385
1.48	0.25	1.839	0.451	2.716	0.060	2.182	0.362
1.48	0.23	1.833	0.422	2.707	0.053	2.182	0.340
1.48	0.22	1.820	0.393	2.688	0.047	2.182	0.319
1.48	0.20	1.812	0.367	2.676	0.041	2.182	0.299
1.48	0.19	1.806	0.341	2.668	0.036	2.182	0.279
1.48	0.18	1.806	0.318	2.668	0.031	2.182	0.260
1.48	0.16	1.798	0.294	2.656	0.027	2.182	0.242
1.48	0.15	1.796	0.272	2.653	0.023	2.182	0.223
1.48	0.14	1.795	0.250	2.652	0.019	2.182	0.206
1.48	0.13	1.782	0.228	2.633	0.016	2.182	0.189
1.48	0.12	1.775	0.207	2.622	0.014	2.182	0.172
1.48	0.11	1.771	0.187	2.616	0.011	2.182	0.156
1.48	0.09	1.769	0.168	2.614	0.009	2.182	0.140
1.48	0.08	1.769	0.149	2.614	0.007	2.182	0.125

1.48	0.07	1.762	0.131	2.603	0.005	2.182	0.109
1.48	0.06	1.747	0.112	2.580	0.004	2.182	0.095
1.48	0.05	1.736	0.094	2.564	0.003	2.182	0.080
1.48	0.04	1.736	0.078	2.564	0.002	2.182	0.066
1.48	0.04	1.736	0.062	2.564	0.001	2.182	0.052
1.48	0.03	1.728	0.045	2.552	0.001	2.182	0.039
1.48	0.02	1.688	0.029	2.494	0.000	2.182	0.026
1.48	0.01	1.561	0.013	2.306	0.000	2.182	0.013
1.78	1.71	1.978	3.378	3.518	2.916	3.162	3.036
1.78	1.41	1.971	2.772	3.504	1.978	3.162	2.501
1.78	1.23	1.954	2.405	3.475	1.514	3.162	2.188
1.78	1.11	1.890	2.090	3.361	1.222	3.162	1.966
1.78	1.01	1.888	1.904	3.357	1.017	3.162	1.793
1.78	0.93	1.886	1.753	3.354	0.864	3.162	1.653
1.78	0.86	1.881	1.622	3.344	0.744	3.162	1.534
1.78	0.80	1.838	1.478	3.268	0.647	3.162	1.430
1.78	0.75	1.826	1.376	3.247	0.568	3.162	1.340
1.78	0.71	1.823	1.290	3.241	0.501	3.162	1.258
1.78	0.67	1.818	1.211	3.233	0.444	3.162	1.185
1.78	0.63	1.812	1.138	3.221	0.395	3.162	1.117
1.78	0.59	1.808	1.073	3.214	0.352	3.162	1.056
1.78	0.56	1.805	1.013	3.209	0.315	3.162	0.998
1.78	0.53	1.801	0.957	3.202	0.282	3.162	0.945
1.78	0.50	1.775	0.894	3.157	0.253	3.162	0.895
1.78	0.48	1.761	0.840	3.132	0.228	3.162	0.848
1.78	0.45	1.735	0.785	3.085	0.205	3.162	0.804
1.78	0.43	1.717	0.736	3.053	0.184	3.162	0.763
1.78	0.41	1.709	0.695	3.039	0.165	3.162	0.723
1.78	0.39	1.695	0.653	3.015	0.148	3.162	0.685
1.78	0.37	1.693	0.618	3.010	0.133	3.162	0.649
1.78	0.35	1.690	0.585	3.005	0.120	3.162	0.615
1.78	0.33	1.673	0.548	2.975	0.107	3.162	0.582
1.78	0.31	1.672	0.518	2.973	0.096	3.162	0.551
1.78	0.29	1.663	0.487	2.957	0.086	3.162	0.520
1.78	0.28	1.650	0.456	2.934	0.076	3.162	0.491
1.78	0.26	1.647	0.429	2.929	0.068	3.162	0.463
1.78	0.25	1.638	0.402	2.913	0.060	3.162	0.436
1.78	0.23	1.634	0.377	2.906	0.053	3.162	0.410
1.78	0.22	1.627	0.352	2.894	0.047	3.162	0.384
1.78	0.20	1.623	0.329	2.886	0.041	3.162	0.360
1.78	0.19	1.621	0.306	2.883	0.036	3.162	0.336
1.78	0.18	1.620	0.285	2.881	0.031	3.162	0.313
1.78	0.16	1.619	0.265	2.879	0.027	3.162	0.291

1.78	0.15	1.611	0.244	2.864	0.023	3.162	0.269
1.78	0.14	1.594	0.222	2.835	0.019	3.162	0.248
1.78	0.13	1.567	0.200	2.786	0.016	3.162	0.227
1.78	0.12	1.565	0.182	2.782	0.014	3.162	0.207
1.78	0.11	1.561	0.165	2.776	0.011	3.162	0.188
1.78	0.09	1.551	0.147	2.759	0.009	3.162	0.169
1.78	0.08	1.549	0.131	2.754	0.007	3.162	0.150
1.78	0.07	1.529	0.113	2.719	0.005	3.162	0.132
1.78	0.06	1.524	0.098	2.709	0.004	3.162	0.114
1.78	0.05	1.513	0.082	2.691	0.003	3.162	0.097
1.78	0.04	1.470	0.066	2.614	0.002	3.162	0.080
1.78	0.04	1.455	0.052	2.587	0.001	3.162	0.063
1.78	0.03	1.401	0.037	2.492	0.001	3.162	0.047
1.78	0.02	1.391	0.024	2.473	0.000	3.162	0.031
1.78	0.01	1.360	0.012	2.418	0.000	3.162	0.015
2.08	1.71	1.832	3.128	3.809	2.916	4.323	3.550
2.08	1.41	1.820	2.559	3.783	1.978	4.323	2.924
2.08	1.23	1.817	2.236	3.778	1.514	4.323	2.558
2.08	1.11	1.797	1.987	3.737	1.222	4.323	2.299
2.08	1.01	1.770	1.785	3.680	1.017	4.323	2.097
2.08	0.93	1.692	1.573	3.518	0.864	4.323	1.932
2.08	0.86	1.682	1.451	3.497	0.744	4.323	1.793
2.08	0.80	1.661	1.336	3.453	0.647	4.323	1.673
2.08	0.75	1.650	1.243	3.431	0.568	4.323	1.566
2.08	0.71	1.630	1.154	3.390	0.501	4.323	1.471
2.08	0.67	1.615	1.076	3.358	0.444	4.323	1.385
2.08	0.63	1.597	1.003	3.320	0.395	4.323	1.307
2.08	0.59	1.572	0.933	3.268	0.352	4.323	1.234
2.08	0.56	1.535	0.862	3.192	0.315	4.323	1.167
2.08	0.53	1.526	0.811	3.174	0.282	4.323	1.105
2.08	0.50	1.517	0.764	3.155	0.253	4.323	1.047
2.08	0.48	1.516	0.723	3.152	0.228	4.323	0.992
2.08	0.45	1.515	0.685	3.149	0.205	4.323	0.940
2.08	0.43	1.490	0.639	3.098	0.184	4.323	0.892
2.08	0.41	1.486	0.604	3.089	0.165	4.323	0.845
2.08	0.39	1.480	0.570	3.077	0.148	4.323	0.801
2.08	0.37	1.480	0.540	3.077	0.133	4.323	0.759
2.08	0.35	1.467	0.507	3.050	0.120	4.323	0.719
2.08	0.33	1.465	0.480	3.047	0.107	4.323	0.681
2.08	0.31	1.464	0.453	3.044	0.096	4.323	0.644
2.08	0.29	1.441	0.422	2.996	0.086	4.323	0.608
2.08	0.28	1.435	0.396	2.983	0.076	4.323	0.574
2.08	0.26	1.433	0.373	2.979	0.068	4.323	0.541

2.08	0.25	1.428	0.350	2.969	0.060	4.323	0.510
2.08	0.23	1.389	0.320	2.888	0.053	4.323	0.479
2.08	0.22	1.367	0.296	2.843	0.047	4.323	0.450
2.08	0.20	1.362	0.276	2.831	0.041	4.323	0.421
2.08	0.19	1.362	0.257	2.831	0.036	4.323	0.393
2.08	0.18	1.358	0.239	2.823	0.031	4.323	0.366
2.08	0.16	1.356	0.222	2.819	0.027	4.323	0.340
2.08	0.15	1.332	0.202	2.770	0.023	4.323	0.315
2.08	0.14	1.326	0.185	2.758	0.019	4.323	0.290
2.08	0.13	1.297	0.166	2.696	0.016	4.323	0.266
2.08	0.12	1.267	0.148	2.635	0.014	4.323	0.242
2.08	0.11	1.258	0.133	2.615	0.011	4.323	0.219
2.08	0.09	1.258	0.119	2.615	0.009	4.323	0.197
2.08	0.08	1.241	0.105	2.579	0.007	4.323	0.175
2.08	0.07	1.238	0.092	2.574	0.005	4.323	0.154
2.08	0.06	1.238	0.079	2.574	0.004	4.323	0.133
2.08	0.05	1.173	0.064	2.439	0.003	4.323	0.113
2.08	0.04	1.170	0.052	2.433	0.002	4.323	0.093
2.08	0.04	1.170	0.042	2.433	0.001	4.323	0.074
2.08	0.03	1.090	0.029	2.266	0.001	4.323	0.055
2.08	0.02	1.041	0.018	2.165	0.000	4.323	0.036
2.08	0.01	0.949	0.008	1.974	0.000	4.323	0.018
410.48	125.37	564.066	248.696	736.785	96.235	626.923	171.541

Anexo 2.b. Caculo de los parámetros Aparicio, 1997.

Anexo 3. Periodo de retorno Gumbel Tipo I

T	Minutos					
	5	10	15	30	60	120
5	181.99	143.35	122.39	90.52	63.96	41.46
10	203.70	157.71	135.32	102.15	74.50	50.14
15	215.95	165.81	142.61	108.71	80.45	55.04
20	224.53	171.49	147.72	113.30	84.61	58.47
30	236.51	179.41	154.85	119.72	90.43	63.26
40	244.96	185.00	159.88	124.24	94.53	66.64
50	251.49	189.32	163.77	127.74	97.70	69.26

Anexo 4. Periodo de retorno Aparicio 1997.

T	Minutos					
	5	10	15	30	60	120
5	209.97	144.80	116.51	80.35	55.41	38.22
10	257.75	177.75	143.03	98.64	68.02	46.91
15	290.59	200.40	161.25	111.21	76.69	52.89
20	316.40	218.20	175.57	121.08	83.50	57.59
30	356.72	246.01	197.95	136.51	94.14	64.93
40	388.40	267.86	215.53	148.64	102.51	70.69
50	414.90	286.13	230.23	158.78	109.50	75.52