



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**APLICACIÓN MÓVIL PARA
LA DETERMINACIÓN DE
HIETOGRAMAS EN VENEZUELA**

Autores:

Calderón, Fernando

Pérez, Raúl

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

**APLICACIÓN MÓVIL PARA
LA DETERMINACIÓN DE
HIETOGRAMAS EN VENEZUELA**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO DE COMPUTACIÓN

Autores:

Calderón, Fernando C.I: 28.561.235

Pérez, Raúl C.I: 26.116.920

Tutor Académico:

Ing. López, Zhandra C.I: 18.106.232

San Diego, octubre de 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Aplicación móvil para la determinación de histogramas en VeneWeb.

Realizado por el (la) Br. Raúl Pérez

C.I. N° 26.116.920 cursante de la carrera de Computación

hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Heranda López
C.I.: 18 106 232

[Signature]
Jurado
Nombre: Susan León
C.I.: 14049987



[Signature]
Jurado
Nombre: Manuel Espinoza
C.I.: 17315996

Fecha: 8/4/24



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Aplicación móvil para la determinación de hidrogramas en Venezuela.

Realizado por el (la) Br. Fernando Calderon

C.I. N° 28.561.235 cursante de la carrera de Computación

hace constar, después de haber analizado su contenido y oída la exposición oral, considera que el mismo ha sido:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

[Signature]
Tutor Académico (Coordinador)
Nombre:
C.I.: 18.106.232.

[Signature]
Jurado
Nombre: Susan León
C.I.: 14049987

[Signature]
Jurado
Nombre: Paul Fzruw
C.I.: 1731574

Fecha 8/4/24





UNIVERSIDAD
JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

FI-C-003-2023-2CR-TG

San Diego, 01 de diciembre de 2023

Ciudadano(s):
CALDERÓN DÍAZ, FERNANDO MIGUEL
C.I.: 28561235
PÉREZ TARIFE, RAÚL JESÚS
C.I.: 26.116.920

Presente. -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería, en su reunión N° 15-2023 de fecha 2/11/2023, aprobó el proyecto de grado titulado:

**APLICACIÓN MÓVIL PARA LA DETERMINACIÓN DE
HIETOGRAMAS EN VENEZUELA.**

Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero de Computación.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a la profesora López López, Zhandra Sinai, titular de la cédula de identidad V-18106232.



Atentamente,

Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia
Decana de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantía y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

Urb. Yuma II, calle 3, Municipio San Diego, estado Carabobo

(0241) 871.42.40 (Master)

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance y Limitaciones.....	5
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Teoría Central de la Investigación.....	9
2.2.1 Teoría de Sistemas.....	9
2.3 Bases Teóricas.....	9
2.3.1 Precipitación.....	9
2.3.2 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).....	9
2.3.3 Hietograma.....	9
2.3.4 Caudal Máximo.....	9
2.3.5 Hidrograma.....	10
2.3.6 Sector Pluviométrico.....	10
2.3.7 Framework.....	10
2.3.8 Flutter (Dart).....	10
2.3.9 MySQL (Base de datos).....	11
2.3.10 Metodología Extreme Programming (XP).....	11
2.4 Bases Legales.....	12
2.5 Definición de Términos Básicos.....	12
III MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo de Investigación.....	14
3.2 Diseño de la Investigación.....	14
3.3 Nivel de la Investigación.....	15
3.4. Población y Muestra.....	15
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	16

3.6 Instrumentos de Recolección de Datos.....	16
3.6.1 Entrevista Estructurada.....	16
3.6.2 Revisión Documental.....	16
3.7 Validación del Instrumento.....	17
3.8 Fases Metodológicas.....	17
3.9 Cuadro de Operacionalización de Variables.....	18
IV RESULTADOS	
4.1 Fase I: Recolección de información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia en una base de datos accesible para su posterior integración en la aplicación.....	19
4.2 Fase II: Determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil.....	21
4.3 Fase III: Diseño de la aplicación móvil basada en la metodología Extreme Programming (XP).....	28
4.4 Fase IV: Desarrollo de la aplicación móvil para la determinación de hietogramas en Venezuela.....	32
4.5 Fase V: Realización de pruebas de verificación del correcto funcionamiento de la aplicación.....	37
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones.....	40
5.2 Recomendaciones.....	41
REFERENCIAS.....	42
APÉNDICES.....	43
A: Instrumento de Recolección de Datos.....	43
B: Validación del instrumento de recolección de datos.....	44

LISTA DE CUADROS
DESCRIPCIÓN

CUADRO

1	Cantidad de Curvas IDF por región.....	4
2	Operacionalización de Variables.....	18

LISTA DE FIGURAS
DESCRIPCIÓN

FIGURA

1	Ubicación de las estaciones pluviométricas en Venezuela.....	3
2	Mapa de regionalización para las catorce regiones hidrológicas.....	19
3	Curva Intensidad-Duración-Frecuencia. Región I. Sector Zona Norte.....	20
4	Captura de curva Intensidad-Duración-Frecuencia. Región I. Sector Zona Norte...	20
5	Captura de curva Intensidad-Duración-Frecuencia. Región I. Sector Zona Norte...	21
6	Diagrama de caso de uso (Usuario).....	29
7	Diagrama de modelo de base de datos.....	32
8	Captura de pantalla de inicio sin registros.....	33
9	Captura de pantalla de ingreso de datos (superior).....	33
10	Captura de pantalla de ingreso de datos (inferior).....	34
11	Captura de pantalla de menú desplegable proporcionando los cuatro periodos de retorno establecidos.....	34
12	Captura de pantalla de menú desplegable proporcionando los sectores pluviométricos respectivos a la región anteriormente seleccionada (Región II)....	35
13	Captura de pantalla de inicio con registro.....	35
14	Captura de pantalla hietograma generado.....	36
15	Captura de pantalla de opción para exportar el hietograma.....	36

LISTA DE TABLAS DESCRIPCIÓN

TABLAS

1	Respuestas de pregunta número uno.....	22
2	Respuestas de pregunta número dos.....	22
3	Respuestas de pregunta número tres.....	23
4	Respuestas de pregunta número cuatro.....	23
5	Respuestas de pregunta número cinco.....	24
6	Respuestas de pregunta número seis.....	24
7	Respuestas de pregunta número siete.....	25
8	Respuestas de pregunta número ocho.....	25
9	Respuestas de pregunta número nueve.....	26
10	Caso de Uso (Ingresar Datos).....	29
11	Caso de Uso (Generar Gráfico).....	30
12	Caso de Uso (Exportar Datos).....	30
13	Caso de Uso (Acceder a registros anteriores).....	31
14	Caso de prueba de ingresar datos con conocimiento de región hidrológica.....	37
15	Caso de prueba de ingresar datos sin conocimiento de región hidrológica.....	37
16	Caso de prueba de generar gráfico.....	38
17	Caso de prueba de exportar datos.....	38
18	Caso de prueba de visualización correcta de datos en el documento exportado.....	38
19	Caso de prueba de acceder a registros anteriores.....	39



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

APLICACIÓN MÓVIL PARA LA DETERMINACIÓN DE HIETOGRAMAS EN VENEZUELA

Autor: Calderón Fernando & Pérez Raúl

Tutor: Ing. López Zhandra

Fecha: octubre 2023

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general el desarrollo de una aplicación móvil para la generación automatizada de hietogramas y la evaluación del comportamiento de la lluvia durante tormentas en el ámbito de la ingeniería civil en Venezuela. La generación de hietogramas es fundamental para la toma de decisiones en la planificación y diseño de obras relacionadas con el agua. Por lo tanto, se llevó a cabo la construcción de una herramienta que simplifique este proceso para ayudar a los ingenieros y profesionales a tomar decisiones basadas en datos precisos y actualizados, considerando que la generación manual de hietogramas es un proceso laborioso y propenso a errores. La aplicación buscaba agilizar y automatizar este proceso, lo que ahorra tiempo y reduce la posibilidad de errores en el diseño de obras hidráulicas y sistemas de drenaje. La metodología de investigación combinó enfoques cualitativos y cuantitativos, y se define como un proyecto especial. El diseño de la investigación fue documental, basado en la búsqueda, recuperación y análisis de datos secundarios, con un enfoque descriptivo para comprender las propiedades y características del proceso actual de generación de hietogramas. El proyecto se dividió en cinco (5) fases metodológicas basadas en la metodología XP, así mismo usando como técnicas de recolección de datos la entrevista estructurada y revisión documental. El desarrollo de la aplicación se llevó a cabo utilizando el framework Flutter. Los resultados obtenidos incluyeron la recolección y digitalización de información pluviométrica de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) para catorce regiones hidrológicas venezolanas, la determinación de requerimientos funcionales y no funcionales a través de entrevistas a expertos, el diseño de la estructura de la aplicación móvil, el desarrollo de la aplicación y pruebas de tipo caja negra para verificar su correcto funcionamiento. Finalmente, se concluyó que la aplicación cumple con los requerimientos establecidos, enfocándose en la simplicidad, claridad y usabilidad para los usuarios, y se hicieron recomendaciones para actualizar las curvas IDF, ampliar la capacidad de la aplicación y mejorar la experiencia del usuario.

Descriptor: Aplicación móvil, hietograma, curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Venezuela la estimación de la variación de la tormenta o intensidad de lluvia es un cálculo que si bien es necesario, lamentablemente debe hacerse de forma manual, lo que se traduce en tiempo y posible incremento en los errores por aproximación al obtener los datos de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). La ocupación urbana en áreas que solían ser rurales ha llevado a una serie de amenazas naturales, como deslizamientos, flujos de detritos, desbordes e inundaciones. La protección de estas zonas requiere medidas de control y mitigación. Además, las precipitaciones excepcionales representan un peligro adicional, desencadenando inundaciones y deslizamientos que provocan pérdidas humanas y económicas significativas por lo que resulta de vital importancia la correcta estimación de estos valores del hietograma.

En el ámbito de la ingeniería civil, la planificación y el diseño de estructuras hidráulicas dependen en gran medida de la estimación precisa de las precipitaciones en una región. En Venezuela, al igual que en muchas otras áreas, se utilizan las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) como herramientas para esta estimación. Las curvas IDF proporcionan información esencial sobre cómo varía la intensidad de la lluvia en función de la duración y la frecuencia. Además, los hietogramas (diagramas estadísticos que expresan la intensidad de la precipitación en función del tiempo) son cruciales para el diseño de obras hidráulicas. Actualmente, generar hietogramas a partir de las curvas IDF es un proceso laborioso y propenso a errores, lo que plantea la necesidad de desarrollar una solución automatizada para agilizar este proceso.

El propósito principal de esta investigación es desarrollar una aplicación móvil que permita la generación automatizada de hietogramas basados en curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), específicamente adaptadas a las condiciones geográficas de Venezuela. Esta solución tecnológica busca optimizar y agilizar el proceso de diseño hidráulico, reduciendo el tiempo dedicado a la transformación manual de curvas IDF en hietogramas. La importancia de esta investigación radica en su capacidad para mejorar la eficiencia en la planificación y diseño de todo sistema hidráulicas, reduciendo errores humanos y contribuyendo al avance de la ingeniería civil en el país.

Este trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos.

Capítulo I: El problema, el primer capítulo aborda la descripción del problema, su formulación, objetivos generales y específicos, justificación de la investigación y los límites de alcance.

Capítulo II: Marco teórico, se centra en los antecedentes de investigación, las bases teóricas, las bases legales y la definición de términos básicos.

Capítulo III: Marco Metodológico, se detalla el tipo de investigación, su diseño, nivel, población y muestra, técnicas e instrumentos de recopilación de datos, así como las etapas metodológicas.

Capítulo IV: Resultados, se presentan los resultados obtenidos de las técnicas metodológicas expuestas en el marco metodológico

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones, se culmina con las conclusiones y recomendaciones derivadas del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En el área de la ingeniería civil, la planificación y diseño de estructuras hidráulicas depende en gran medida de la estimación precisa de la cantidad y la intensidad de las precipitaciones en una región determinada. En Venezuela, como en muchas otras regiones, se utilizan las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) como herramientas fundamentales para esta estimación. Estas curvas proporcionan información valiosa sobre cómo varía la intensidad de la lluvia en función de la duración y la frecuencia para distintos periodos de retorno. Las curvas IDF juegan un papel fundamental para el diseño hidráulico de proyectos en función de la estimación de la cantidad de lluvia que puede caer en una determinada región.

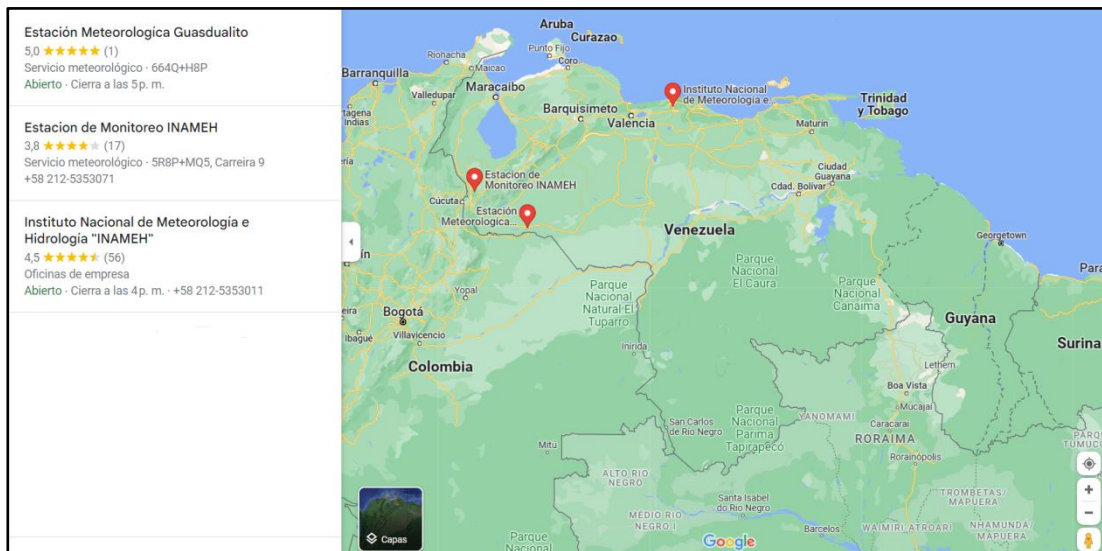


Figura 1. Ubicación de las estaciones pluviométricas en Venezuela.

Fuente: Google Maps. 2023

Aparte de las curvas IDF, otra herramienta fundamental en la construcción de estructuras hidráulicas son los hietogramas debido a su papel crucial en la estimación de lluvia en un área determinada y predicción de inundaciones. Estos son diagramas estadísticos que expresan cómo varía la intensidad de la precipitación en función del tiempo mediante barras rectangulares, lo que proporciona información esencial para diversos aspectos del proceso de diseño de obras hidráulicas. Existen varios procedimientos para la obtención de hietogramas y varios de ellos se basan en las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Sin embargo, el proceso de utilizar estas curvas para diseñar el hietograma es laborioso y requiere una depuración manual de las tablas pluviométricas.

Region	Nombre	Numero de Curvas
I	Lago de Maracaibo	4
II	Los Andes	5
III	Llanos Occidentales	1
IV	Centro Occidente	2
V	Noroccidente	2
VI	Litoral Central	2
VII	Centro	3
VIII	Tuy-Barlovento	2
IX	Llanos de Apure y Amazonas	1
X	Llanos Centrales	2
XI	Llanos Orientales	2
XII	Delta del Orinoco	1
XIII	Oriente	3
XIV	Guayana	6

Cuadro 1. Cantidad de Curvas IDF por región.

Fuente: Rodríguez, J. *Drenaje*.

La generación de hietogramas a partir de las curvas IDF es un proceso complejo y laborioso. Actualmente, los profesionales en ingeniería civil se ven enfrentados a la tarea de seleccionar y depurar manualmente las tablas de curvas pluviométricas, lo que consume una considerable cantidad de tiempo y puede llevar a errores humanos en el proceso. Este procedimiento requiere considerar múltiples variables, como la ubicación geográfica, la altitud, el período de retorno deseado y otros factores. Actualmente, no existen soluciones automatizadas que permitan a los ingenieros civiles generar hietogramas de manera rápida y precisa a partir de las curvas IDF y otros datos relevantes.

Aunque existen herramientas como hojas de cálculo electrónicas y software que puede ayudar a agilizar parte del proceso, aún se enfrentan limitaciones considerables en términos de eficiencia y precisión. La necesidad de generar hietogramas para distintos tipos de lluvia, combinados con las diferentes zonas geográficas y las variaciones de altitud en Venezuela, complica aún más el proceso.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo se puede automatizar la determinación de hietogramas con el objetivo de facilitar la planificación y diseño de infraestructuras hidráulicas en Venezuela?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil para la generación automatizada de hietogramas basados en curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para el diseño de infraestructuras hidráulicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia en una base de datos accesible para su posterior integración en la aplicación.
- Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil.
- Diseñar la aplicación móvil basada en la metodología Extreme Programming (XP).
- Programar la aplicación móvil para la determinación de hietogramas en Venezuela.
- Realizar pruebas de verificación del correcto funcionamiento de la aplicación.

1.4 Justificación de la Investigación

El presente trabajo de investigación surge de la necesidad de automatizar y optimizar los procesos de generación de hietogramas en el campo de la ingeniería civil. La estimación de las precipitaciones mediante curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) y su posterior conversión en hietogramas desempeña un papel crucial en la planificación y diseño de proyectos hidráulicos. Sin embargo, el proceso actual de transformación manual de curvas IDF en hietogramas resulta laborioso, propenso a errores y consume un tiempo significativo. Esta investigación busca desarrollar una solución automatizada que permita la generación eficiente y precisa de hietogramas en diferentes zonas de Venezuela. La aplicación exitosa de esta solución no solo agilizaría el proceso de diseño hidráulico, sino también alienta la innovación y desarrollo tecnológico, contribuyendo al avance de la ingeniería civil.

1.5 Alcance y Limitaciones

El presente trabajo de investigación tiene como meta el desarrollo de un sistema que determine y genere de manera automática hietogramas basados en curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de zonas especificadas por el usuario dentro del territorio venezolano.

La limitación reside en la carencia de conexión a internet y energía eléctrica. Esta restricción dificulta la recopilación de información crucial, especialmente en la búsqueda de curvas IDF necesarias para enriquecer la base de datos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El Manual para la elaboración, inscripción y presentación de los Anteproyectos, Proyectos de Trabajos de Grado, Trabajos de Grado e informe de Pasantía y Extramuros de la Universidad José Antonio Páez (UJAP, 2020) señala sobre esta sección: “¿qué se ha escrito o investigado sobre el particular?, o lo que es lo mismo, se trata de la revisión de investigaciones previa relacionadas de manera directa o indirecta con la investigación planteada” (p. 21). Partiendo de esta explicación, Arias (2012) agrega: “los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (p. 106).

En primer lugar, Castro Fernando y Román Elio (2021), por su trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad José Antonio Páez titulado: “**Análisis comparativo entre modelación y diseño de distribución de aguas blancas con la utilización de los software EPANET y CYPECAD**”. En dicho trabajo, el objetivo general fue analizar y comparar el proceso de modelación y diseño de redes de distribución de agua blanca aplicando los programas EPANET y CYPECAD. La investigación se llevó a cabo siguiendo una metodología exploratoria y explicativa, con un diseño experimental, utilizando técnicas e instrumentos de recolección de datos como la observación directa, diario de campo, registro fotográfico y planos del lugar. El estudio se dividió en tres fases: la descripción de las características del urbanismo en estudio y de la red existente, la generación de la modelación y diseño de la distribución de agua blanca asistida por los mencionados programas, y finalmente, el análisis de las discrepancias, ventajas y desventajas de los programas en el cálculo del acueducto, manteniendo el flujo continuo y discontinuo.

Este proyecto se consideró, ya que comparte un enfoque en el uso de software especializado para optimizar resultados en el ámbito de la ingeniería. La interfaz gráfica y modelo de ingreso de parámetros del software EPANET ofrecen un punto de partida para el desarrollo de futuras aplicaciones móviles en el campo de la ingeniería hidráulica.

También Barrios Marcos y Escalona Rafael (2020), de la Universidad José Antonio, presentaron un trabajo de investigación titulado “**Redefinición de redes principales de distribución de agua potable al norte de la ciudad de Valencia, estado Carabobo mediante la aplicación de herramientas digitales**”, con el objetivo principal de sectorizar las redes principales de esa área geográfica, con el propósito de optimizar la distribución del

agua potable y abordar el persistente problema de escasez de agua, con el fin último de mejorar la calidad de vida de los residentes. Esta investigación se enmarcó en la modalidad de proyecto factible y se basa en un diseño de campo de carácter descriptivo. Para la recolección de datos, se emplearon técnicas como la observación directa e indirecta, así como entrevistas a expertos en el campo. El proceso de investigación se dividió en cuatro fases: en primer lugar, se realizó un diagnóstico que confirmó las bajas presiones en los puntos más alejados de la red principal de acueducto en el norte de Valencia. En la segunda fase, se llevó a cabo un estudio técnico para proponer alternativas de sectorización. Luego, en la tercera fase, se seleccionó la alternativa más factible. Finalmente, se realizaron simulaciones de las alternativas de la red en estudio, utilizando herramientas digitales como EPANET y WATERCAD. Los resultados obtenidos se sometieron a verificaciones exhaustivas de los parámetros hidráulicos críticos, asegurando que cumplieran con la normativa técnica y legal aplicable en consonancia con la naturaleza de este estudio.

Este antecedente se tomó en consideración en el contexto del uso de herramientas digitales. Al igual que en el estudio anterior, donde se emplearon herramientas digitales como EPANET y WATERCAD para simular alternativas de redes, este trabajo también se basa en la aplicación de tecnología digital. Asimismo, demuestra una continuación en la aplicación de tecnología para abordar problemas específicos en el ámbito de la ingeniería y la gestión de recursos hídricos.

En este orden de ideas, Bazzano Flavia (2019), egresada de la universidad nacional de Tucumán realizó una investigación titulada “**Predicción de lluvias máximas para diseño hidrológico. Desarrollo experimental en la provincia de Tucumán**”, para acceder al grado académico de Doctor en Ciencias Exactas e Ingeniería. En la presente investigación se abordó un problema crítico en el ámbito de la gestión de riesgos naturales, relacionado con los excedentes hídricos resultantes de eventos meteorológicos extremos, que constituyen una amenaza importante. La mitigación de su impacto se convierte en una necesidad imperativa mediante la implementación de medidas estructurales y no estructurales adecuadas. Sin embargo, la planificación y diseño de estas medidas depende en gran medida de la estimación precisa del caudal de diseño, que representa el máximo previsible para un período futuro, considerando el riesgo de falla asumido. La falta de series históricas de mediciones de caudal a menudo obliga a recurrir a la evaluación indirecta basada en la transformación de datos de lluvia a caudal. La complejidad de esta tarea radica en la necesidad de capturar tanto la magnitud de las precipitaciones como su variabilidad temporal y estructura geográfica.

Para abordar esta problemática, esta tesis propuso una metodología innovadora para determinar la lluvia de diseño, utilizando como sistema experimental la provincia de Tucumán. La metodología se basa en tecnología integrada previamente desarrollada en la provincia de Córdoba, que se ha mejorado con innovaciones metodológicas específicas. Estas innovaciones abordan tanto las deficiencias en la metodología preexistente como los desafíos impuestos por las condiciones locales y la disponibilidad de información. El procedimiento propuesto implica, en primer lugar, la estimación de la magnitud de la lluvia futura. Para proyectos de gran envergadura, se utiliza una metodología estadística novedosa basada en series aleatorias sintéticas, independiente de los registros locales. En el caso de obras medianas y pequeñas, se utiliza un modelo probabilístico llamado relación intensidad-duración-recurrencia (i-d-T), y se calibra considerando el uso de pluviómetros de alta frecuencia y la incidencia del lapso de medición de la lluvia.

Una vez determinada la magnitud de la lluvia, se procede a definir su distribución temporal a través de un hietograma tipo. Se evalúan diversas estrategias para derivar la solución óptima según la información disponible. Dado que el área medida es una muestra ínfima de la cuenca y el evento máximo no ocurre simultáneamente en todos los puntos, se aplica un algoritmo de atenuación para convertir la lluvia puntual en una media real, utilizando un enfoque original que considera la escala de los eventos meteorológicos.

Finalmente, se propone la regionalización de los parámetros de los modelos de predicción mediante herramientas de geoestadística que toman en cuenta la estructura de autocorrelación espacial y cuantifican el error de la interpolación, permitiendo evaluar su validez. Los resultados de esta tesis consolidan una tecnología integrada de predicción de lluvias de diseño que ha ganado relevancia en todo el país en los últimos años. Esta tecnología representa una herramienta fundamental para el diseño adecuado de obras hidráulicas y la planificación urbana y rural en la región, contribuyendo significativamente a la gestión de riesgos relacionados con eventos meteorológicos extremos.

Este trabajo abordó la crucial problemática de la determinación de hietogramas. La metodología desarrollada para la estimación de la lluvia de diseño, así como la consideración de factores locales y la utilización de modelos probabilísticos, puede servir como referencia para la formulación de la metodología en la creación de la aplicación móvil que permita calcular hietogramas en tiempo real en el contexto venezolano. Los conceptos y técnicas utilizados en la regionalización de parámetros y el análisis de la distribución temporal pueden ser relevantes para adaptarlos a las condiciones y necesidades específicas de Venezuela, contribuyendo así a la efectividad y precisión de la aplicación móvil.

2.2 Teoría Central de la Investigación

2.2.1 Teoría de sistemas

Pérez y Gardey (2023) declaran:

De acuerdo a los especialistas, se la puede definir como una teoría frente a otras teorías, ya que busca reglas de valor general que puedan ser aplicadas a toda clase de sistemas y con cualquier grado de realidad. Cabe destacar que los sistemas consisten en módulos ordenados de piezas que se encuentran interrelacionadas y que interactúan entre sí.

2.3 Bases Teóricas

Para Arias (2012) las “bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p.107).

2.3.1 Precipitación

Según Guevara (2015):

La precipitación agrupa todas las aguas meteorológicas recogidas en una cuenca o zona determinada. Se presenta en forma líquida (lluvia, niebla, rocío) o sólida (nieve, granizo, escarcha). La lluvia constituye la pluviosidad, y la nieve la nubosidad. La precipitación es la cantidad de agua meteórica total, líquida o sólida, que cae sobre una superficie determinada, llamada sección pluviométrica; esta puede ser la superficie colectora de un aparato de medición de lluvia o pluviómetro. (p. 14)

Asimismo, Guevara (2015) agrega en términos más simples “La precipitación es, para el ingeniero, el agua que emana de las nubes en la atmósfera y cae al suelo” (p. 14).

2.3.2 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Morassutti (2020) establece que:

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. (p. 130)

2.3.3 Hietograma

Un hietograma es un diagrama de barras que representa las variaciones de la altura de la precipitación pluvial o de su intensidad en intervalos de tiempo previamente seleccionados. Este gráfico es una herramienta esencial en la meteorología, hidráulica e hidrología, ya que permite cuantificar la cantidad de lluvia que cae en un lugar específico durante un período de tiempo determinado. A diferencia del pluviograma, que muestra la distribución en el tiempo de la precipitación acumulada, el hietograma se centra en la intensidad de la lluvia en función del tiempo. Esto proporciona una visión más detallada de cómo las condiciones de lluvia cambian durante un evento específico. Los datos necesarios para elaborar un hietograma se

obtienen a partir de los registros de un pluviómetro, un instrumento que mide la cantidad de precipitación que cae en un lugar durante un período de tiempo.

2.3.4 Caudal Máximo

El caudal máximo es la cantidad máxima de agua que puede pasar por un punto en un río o canal en un momento determinado. En hidrología, el caudal máximo se utiliza para determinar la capacidad de los ríos y canales para transportar agua durante eventos de lluvia intensa. El caudal máximo se mide en metros cúbicos por segundo (m^3/s) y se puede estimar utilizando modelos matemáticos que toman en cuenta la topografía, la vegetación, el suelo y otros factores que afectan el flujo del agua. La medición del caudal máximo es importante para el diseño de obras hidráulicas como presas, canales y sistemas de drenaje, ya que estas estructuras deben ser capaces de manejar el flujo máximo esperado sin sufrir daños.

2.3.5 Hidrograma

Un hidrograma es una representación gráfica que muestra cómo varía una medida hidrológica, como el nivel del agua o el caudal, con el tiempo. Esto es típicamente aplicado a ríos, arroyos o canales. Existen varios tipos de hidrogramas, incluyendo los de tormenta y los anuales, que pueden ser perennes o intermitentes. Estos gráficos son herramientas valiosas para comparar los tiempos de descarga y los caudales máximos de diferentes corrientes o cuencas hidrográficas, proporcionando una visión de cómo estas estructuras responden a eventos de inundación.

2.3.6 Sector Pluviométrico

El régimen pluviométrico se refiere al comportamiento de las lluvias a lo largo del año, promediando el monto de las precipitaciones obtenidas a lo largo de un número considerable de años. Se trata de la recopilación de datos de las precipitaciones a lo largo del año en un lugar determinado. Dicha información resulta fundamental en climatología cuando se trata de datos recopilados a lo largo de una serie larga de años, por lo general, más de 30. En los datos de lluviosidad anual, el lapso es de 45 años.

2.3.7 Framework

Un framework es un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular que sirve como referencia, para enfrentar y resolver nuevos problemas de índole similar. En el contexto del desarrollo de software, un framework es una estructura conceptual y tecnológica que sirve como base para la organización y desarrollo de software. Un framework proporciona una estructura estandarizada para el desarrollo de aplicaciones, lo que facilita la creación y mantenimiento del software. Los frameworks se utilizan para simplificar el proceso de desarrollo al proporcionar una estructura

predefinida para el software. Los frameworks pueden incluir herramientas, bibliotecas y otros componentes que se utilizan para desarrollar aplicaciones.

2.3.8 Flutter (Dart)

Flutter es un kit de herramientas de interfaz de usuario de código abierto creado por Google para desarrollar aplicaciones móviles, web y de escritorio. Flutter utiliza el lenguaje de programación Dart y se basa en el concepto de widgets, que son elementos visuales reutilizables que se combinan para crear una interfaz de usuario. Flutter permite a los desarrolladores crear aplicaciones nativas para iOS y Android desde una sola base de código, lo que reduce el tiempo y los costos de desarrollo. Flutter también es compatible con la web y el escritorio, lo que permite a los desarrolladores crear aplicaciones para múltiples plataformas con una sola base de código.

Dart es un lenguaje de programación orientado a objetos y basado en clases, que se utiliza para desarrollar aplicaciones móviles, web y de escritorio. Dart fue desarrollado por Google y se utiliza como lenguaje principal en el kit de herramientas de interfaz de usuario Flutter. Dart es un lenguaje moderno que combina características de lenguajes como Java, JavaScript y C#. Dart es fácil de aprender y tiene una sintaxis clara y concisa. Dart también es compatible con la programación asíncrona, lo que lo hace ideal para aplicaciones móviles y web que requieren una respuesta rápida.

2.3.9 MySQL (Base de datos)

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) de código abierto. Esto significa que es un software que ayuda a crear y gestionar bases de datos basadas en el modelo relacional, y su código fuente está disponible para el público, lo que permite a los usuarios modificarlo según sus necesidades. El modelo relacional es una forma de estructurar y organizar los datos en una base de datos que se basa en la lógica de conjuntos y la teoría de las relaciones, lo que facilita la manipulación y el acceso a los datos.

2.3.10 Metodología Extreme Programming (XP)

La Programación Extrema (XP, por sus siglas en inglés) es una metodología de desarrollo de software que se centra en la simplicidad y la eficiencia. Fue desarrollada por Kent Beck en la década de 1990 y es una de las metodologías ágiles más populares. XP se basa en cinco valores fundamentales: comunicación, simplicidad, retroalimentación, coraje y respeto. Estos valores guían cómo los equipos de XP trabajan juntos y toman decisiones. La metodología XP también incluye una serie de prácticas clave, como el desarrollo impulsado por pruebas (TDD), la programación en parejas, la integración continua, el diseño simple y la

refactorización. Estas prácticas ayudan a los equipos a producir software de alta calidad de manera eficiente y a adaptarse rápidamente a los cambios en los requisitos del proyecto.

Una característica única de XP es su énfasis en el trabajo en equipo y la colaboración. Los equipos de XP trabajan en estrecha colaboración con los clientes y los usuarios finales para entender sus necesidades y adaptar el software en consecuencia. También se anima a los miembros del equipo a comunicarse abierta y honestamente, y a dar y recibir retroalimentación constructiva.

2.4 Bases Legales

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (1999)

Artículo 98: La creación cultural es libre. Esta libertad comprende el derecho a la inversión, producción y divulgación de la obra creativa, científica, tecnológica y humanística, incluyendo la protección legal de los derechos del autor o de la autora sobre sus obras. El Estado reconocerá y protegerá la propiedad intelectual sobre las obras científicas, literarias y artísticas, invenciones, innovaciones, denominaciones, patentes, marcas y lemas de acuerdo con las condiciones y excepciones que establezcan la ley y los tratados internacionales suscritos y ratificados por la República en esta materia.

Artículo 109: El Estado reconocerá la autonomía universitaria como principio y jerarquía que permite a los profesores, profesoras, estudiantes, egresados y egresadas de su comunidad dedicarse a la búsqueda del conocimiento a través de la investigación científica, humanística y tecnológica, para beneficio espiritual y material de la Nación. Las universidades autónomas se darán sus normas de gobierno, funcionamiento y la administración eficiente de su patrimonio bajo el control y vigilancia que a tales efectos establezca la ley. Se consagra la autonomía universitaria para planificar, organizar, elaborar y actualizar los programas de investigación, docencia y extensión. Se establece la inviolabilidad del recinto universitario. Las universidades nacionales experimentales alcanzarán su autonomía de conformidad con la ley.

Artículo 110: El Estado reconocerá el interés público de la ciencia, la tecnología, el conocimiento, la innovación y sus aplicaciones y los servicios de información necesarios por ser instrumentos fundamentales para el desarrollo económico, social y político del país, así como para la seguridad y soberanía nacional. Para el fomento y desarrollo de esas actividades, el Estado destinará recursos suficientes y creará el sistema nacional de ciencia y tecnología de acuerdo con la ley. El sector privado deberá aportar recursos para las mismas. El Estado garantizará el cumplimiento de los principios éticos y legales que deben regir las actividades de investigación científica, humanística y tecnológica. La ley determinará los modos y medios para dar cumplimiento a esta garantía.

2.5 Definición de términos básicos

Lenguaje de Programación: Un lenguaje de programación es un lenguaje formal que permite a un programador escribir una serie de instrucciones o secuencias de órdenes en forma de algoritmos con el fin de controlar el comportamiento físico o lógico de una máquina. Está compuesto por símbolos y reglas sintácticas y semánticas, expresadas en forma de

instrucciones y relaciones lógicas, mediante las cuales se construye el código fuente de una aplicación o pieza de software determinada.

Interfaz de Usuario: La interfaz de usuario es el medio por el cual una persona controla una aplicación de software o dispositivo de hardware. Es decir, el programa incluye controles gráficos que optimizan la experiencia de usuario al emplear un mouse o teclado, lo que posibilita la interacción con los procesadores para realizar un trabajo. La interfaz de usuario es el puente que conecta a los usuarios con la tecnología, y su diseño juega un papel fundamental en la experiencia y satisfacción del usuario.

Obra Hidráulica: Una obra hidráulica es una construcción en el campo de la ingeniería civil, agrícola e hidráulica que tiene como objetivo controlar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de defensa. Las obras hidráulicas constituyen un conjunto de estructuras construidas con el objetivo de controlar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de defensa. Generalmente se consideran obras hidráulicas: canales, presas, estaciones de bombeo, acueductos, esclusas, defensas ribereñas y sistemas de riego y drenaje.

Tiempo de Concentración: El tiempo de concentración de una cuenca hidrográfica es el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante.

Periodo de Retorno: El período de retorno es un concepto estadístico que se utiliza en varias áreas de la ingeniería, como la hidráulica, para mostrar la probabilidad de que se presente un evento con determinado caudal o superior en un año cualquiera. El período de retorno de un evento es la cantidad de tiempo para la cual la probabilidad de ocurrencia se distribuye uniformemente en los periodos que componen dicha cantidad de tiempo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El Manual para la elaboración, inscripción y presentación de los Anteproyectos, Proyectos de Trabajos de Grado, Trabajos de Grado e informe de Pasantía y Extramuros de la Universidad José Antonio Páez (UJAP, 2020) describe las investigaciones enmarcadas en tipo cualitativo como:

Hacen referencia a la recogida de datos provenientes de observaciones directas que hace el investigador sobre el comportamiento y el discurso del sujeto en estudio, considerando el contexto como referente de la producción social, posteriormente los analiza e interpreta el significado que dichos datos tienen para el sujeto investigado, las informaciones en este tipo de investigación se derivan de entrevistas y observaciones entre otros métodos de recogida de datos. (p. 10)

Adicionalmente, describe el enfoque cuantitativo como “hace uso de la recogida de datos numéricos sobre variables, el análisis de la información se hace a través de métodos estadísticos, matemáticos e informáticos para explicar el comportamiento de las variables de estudio.” (p. 10).

El enfoque de la investigación es una combinación de investigación cualitativa y cuantitativa. Esto implica que el estudio utiliza tanto métodos numéricos como técnicas analíticas e inductivas para recopilar y analizar datos.

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación se enmarca en la modalidad de Proyecto Especial al tener como objetivo general el desarrollo de una aplicación móvil para la generación automatizada de hietogramas y poder determinar el comportamiento de la lluvia durante la tormenta. El Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2016) define este tipo de investigación como:

Trabajos que lleven a creaciones tangibles, susceptibles de ser utilizadas como soluciones a problemas demostrados, o que respondan a necesidades e intereses de tipo cultural. Se incluyen en esta categoría los trabajos de elaboración de libros de texto y de materiales de apoyo educativo, el desarrollo de software, prototipos y de productos tecnológicos en general. (p. 22)

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación actual es documental, el autor Arias (2012) se refiere a este diseño de investigación como “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas” (p. 27). Entre

los objetivos específicos de esta investigación se encuentra el proceso de búsqueda, recolección y análisis de información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), esta información según su origen se clasifica como datos secundarios.

3.3 Nivel de Investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.” (p. 92), por lo tanto, el nivel de esta investigación es descriptivo, ya que se centra en comprender las propiedades y características del proceso actual de generación de hietogramas en el campo de la ingeniería civil en Venezuela, así como detallar sus limitaciones, debilidades y desafíos asociados.

3.4 Población y Muestra

Arias (2012) nos detalla el concepto de población:

La población, o en términos más precisos, población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (p. 81)

Tamayo y Tamayo (2003) agregan al concepto de población “totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno” (p. 176).

Por lo tanto, la población objetivo de esta investigación está compuesta por las aplicaciones móviles existentes que ofrecen funcionalidades especializadas como herramientas para el uso de los profesionales y estudiantes en el área de ingeniería civil. Asimismo, Arias (2012) define la muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83). Para la presente investigación también se toma en consideración el aporte de Palella y Martins (2012) referente a la muestra de un estudio:

Cuando propone un estudio, el investigador tiene dos opciones: abarcar la totalidad de la población, lo que significa hacer un censo o estudio de tipo censal, o seleccionar un número determinado de unidades de la población, es decir, determinar una muestra. (p. 105)

Tomando en cuenta ambos conceptos, esta investigación adopta una muestra censal al comprender la totalidad de la población objetivo.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Con respecto a técnicas e instrumentos de recolección de datos, estos se refieren a los medios que utilizan los investigadores para obtener información relevante al proyecto en

cuestión. Arias (2012) afirma “se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67). Ahora bien, Sabino (1992) agrega que “un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (p. 108).

3.6 Instrumentos de Recolección de Datos

Según Palella y Martins (2012) “Un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso del cual pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (p. 125). El instrumento para la recolección de datos es la entrevista estructurada (Ver Apéndice A).

3.6.1 Entrevista Estructurada

Para la presente investigación se realizó una entrevista estructurada a tres (3) expertos en el área de ingeniería civil, Arias (2012) explica esta técnica como:

Es la que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las respuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video. (p. 73)

La utilización de una entrevista estructurada proporciona una oportunidad de obtener información precisa y especializada. Al contar con un conjunto de preguntas predeterminadas, se garantiza que se abordan temas fundamentales. También permite acceder a la experiencia y el conocimiento de diferentes expertos, lo que facilita el análisis y la identificación de patrones o tendencias relevantes a la presente investigación. (Ver Cuadro de Operacionalización de Variables).

3.6.2 Revisión Documental

La revisión documental es un proceso en el que se examinan y analizan documentos escritos, electrónicos u otros tipos de registros para obtener información, validar datos o investigar un tema en particular, Hurtado (2000) la define como:

Es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la forma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como textos que en sí mismos constituyen los eventos de estudio. (p. 427)

3.7 Validación del Instrumento

La validación del instrumento se refiere al proceso de determinar si la herramienta utilizada para recopilar datos mide de manera precisa y confiable las variables que se están investigando. Arias (2012) señala “La validez del cuestionario significa que las preguntas o ítems deben tener una correspondencia directa con los objetivos de la investigación. Es decir, las interrogantes consultarán sólo aquello que se pretende conocer o medir.” (p. 79). Para la

presente investigación la validación fue realizada por tres (3) expertos en el área de ingeniería civil. (Ver Apéndice B).

3.8 Fases Metodológicas

La Metodología de Programación Extrema (Extreme Programming o XP) fue seleccionada como metodología para el presente trabajo de grado debido a su enfoque centrado en el cliente y su capacidad para adaptarse a los cambios de manera efectiva en proyectos de desarrollo de software. XP es una metodología ágil que pone énfasis en la comunicación constante con el cliente, la retroalimentación continua y la simplicidad en el diseño. Como su creador Kent Beck afirmó, "XP abraza el cambio como algo natural en el desarrollo de software y proporciona las herramientas y prácticas necesarias para responder a esos cambios de manera ágil y eficiente".

Fase I: Recolección de información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia en una base de datos accesible para su posterior integración en la aplicación.

Para alcanzar el primer objetivo de recolectar la información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia en una base de datos, se propuso la recopilación de la información relacionada con las curvas IDF en Venezuela. Esto incluyó la obtención de datos y la creación de una base de datos que posteriormente fue integrada a la aplicación.

Fase II: Determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil.

En esta fase, se definieron los requisitos de la aplicación móvil. Esto abarcó tanto los requisitos funcionales, que se refieren a qué debía hacer la aplicación, como los no funcionales, que se refieren a cómo debía hacerlo.

Fase III: Diseño de la aplicación móvil basada en la metodología Extreme Programming (XP).

Esta fase se centró en la creación de una experiencia de usuario sólida y en la definición de las funcionalidades de la aplicación, estableciendo los requisitos funcionales específicos para cada función. La planificación de la iteración se encargó de establecer metas realistas para la primera entrega y de determinar cómo se organizaría el trabajo. Se definió el flujo de trabajo del equipo, incluyendo revisión de código y pruebas de aceptación, garantizando un desarrollo eficiente.

Fase IV: Desarrollo de la aplicación móvil para la determinación de hietogramas en Venezuela.

En esa fase, se tradujeron los conceptos de diseño en código funcional. Se comenzó a programar las características de la aplicación siguiendo los requerimientos definidos

previamente. Se practicó la programación en parejas, lo que permitió una revisión constante del código y una mayor calidad del software. Las pruebas unitarias y de integración se llevaron a cabo a medida que se desarrollaban las funcionalidades, asegurando que cada componente funcionara correctamente. El proceso fue iterativo, lo que significó que las nuevas funcionalidades se integraron continuamente en la aplicación a medida que se completaron, permitiendo entregas frecuentes y la adaptación a los cambios y necesidades del proyecto.

Fase V: Realización de pruebas de verificación del correcto funcionamiento de la aplicación.

En esa fase, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para garantizar que la aplicación funcionara correctamente y cumpliera con los requisitos definidos.

3.9 Cuadro de Operacionalización de Variables

OBJETIVO ESPECÍFICO 1	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	FUENTE DE INFORMACIÓN
Recolectar información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia en una base de datos accesible para su posterior integración en la aplicación	Estudio pluviométrico	Topografía	Región	1	Entrevista estructurada
			Elevaciones	2	
		Hidráulica	Periodo de retorno	4, 5	
	Aplicación móvil	Satelital	Geolocalización	3, 6, 7, 8, 9	

Autores: Calderón, F y Pérez, R

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos de las técnicas metodológicas anteriormente expuestas en el marco metodológico.

4.1. Fase I: Recolección de información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia en una base de datos accesible para su posterior integración en la aplicación.

Para la primera fase, se procedió con la recolección de información pluviométrica necesaria para la creación de la base de datos. La recolección de esta información se llevó a cabo a partir de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) encontradas en Franceschi, L. (1984). **Drenaje Vial**. El cual señala “En este índice se incluyen 36 curvas de intensidad-duración-frecuencia para catorce regiones hidrológicas diferentes” (p. 299), cubriendo todo el territorio venezolano.

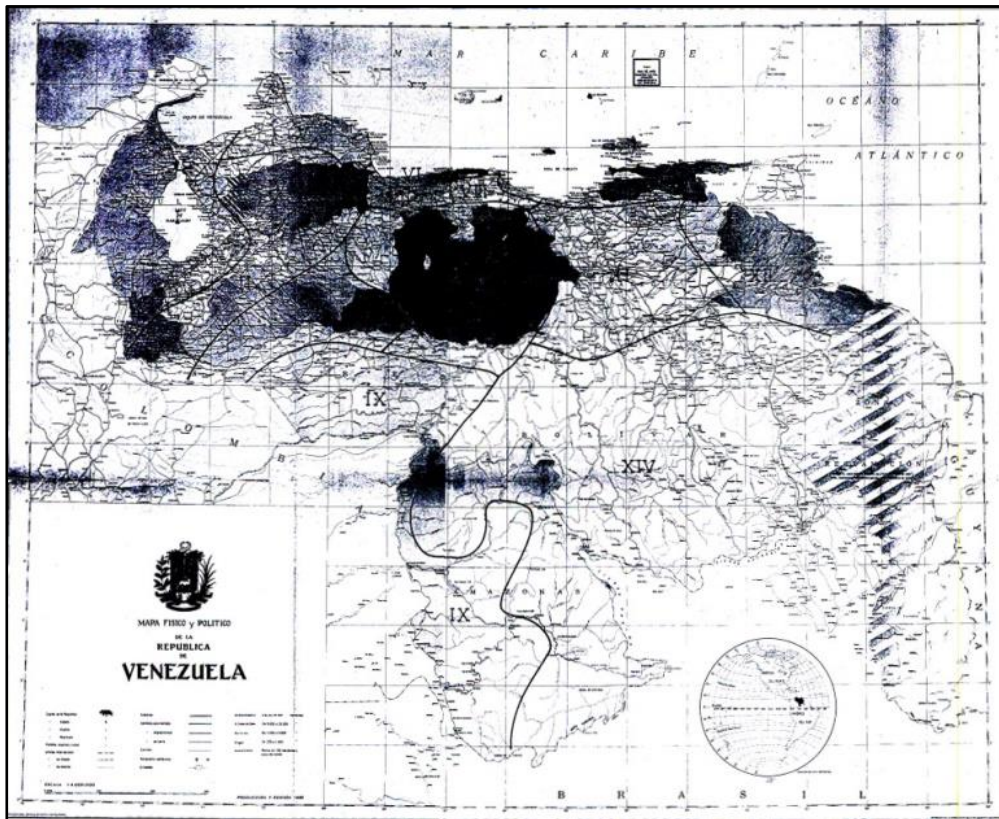


Figura 2. Mapa de regionalización para las catorce regiones hidrológicas.

Fuente: Franceschi, L. (1984). *Drenaje Vial*

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

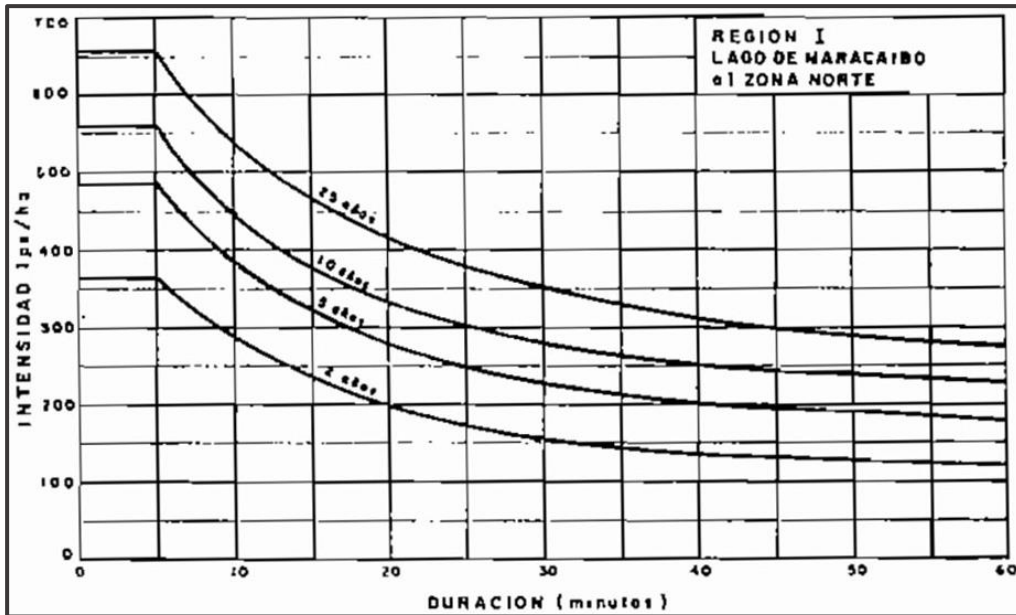


Figura 3. Curva Intensidad-Duración-Frecuencia. Región I. Sector Zona Norte.

Fuente: Franceschi, L. (1984). Drenaje Vial

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Posteriormente, para aumentar la precisión de los datos y corregir distorsiones presentes en las tablas originales, cada tabla IDF fue capturada y posteriormente procesada utilizando un software de edición de imágenes.

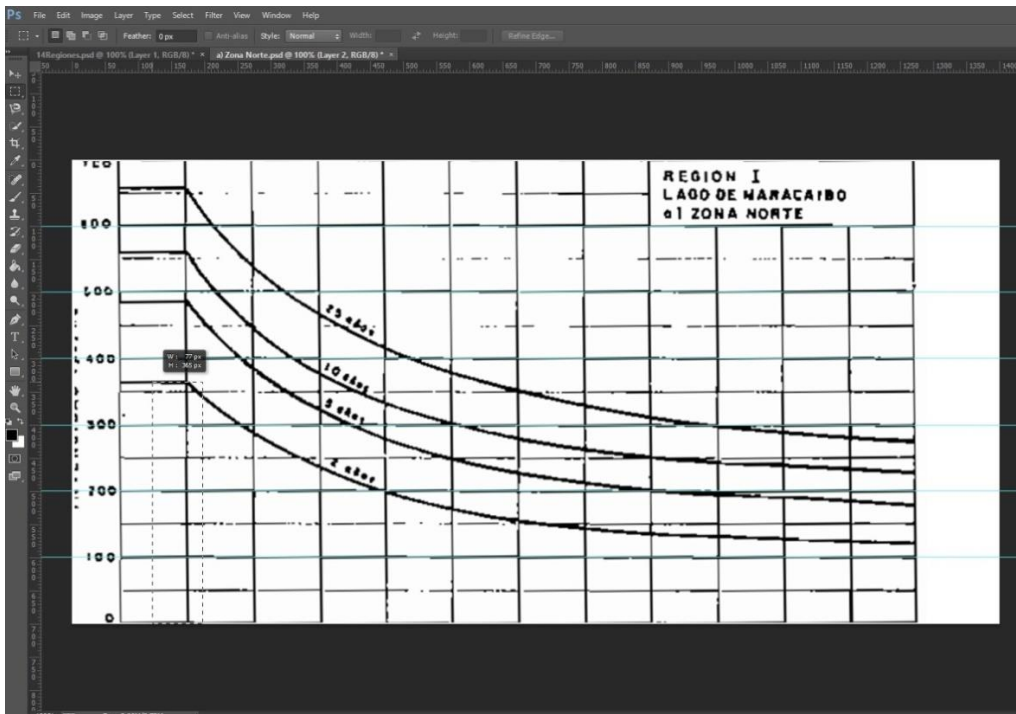


Figura 4. Captura de curva Intensidad-Duración-Frecuencia. Región I. Sector Zona Norte.

Fuente: Adobe Photoshop CC. Versión 14.0.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Después, se procedió a la extracción de las intensidades correspondientes a periodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años, para duraciones entre 5 y 60 minutos en intervalos de 5 minutos. La organización y registro de estos datos se llevó a cabo utilizando un programa de edición de hojas de cálculo aprovechando sus diversas funcionalidades para facilitar la manipulación y análisis de los datos con el propósito de derivar las ecuaciones de cada curva que representa un periodo. Este procedimiento permitió obtener un total de cuatro ecuaciones, una para cada periodo de retorno.

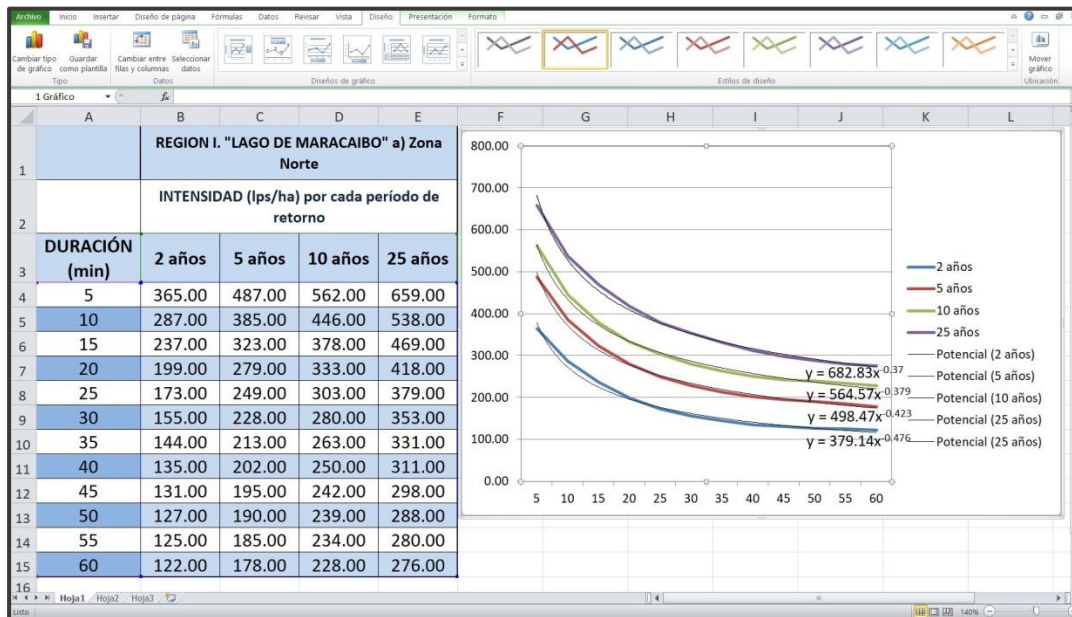


Figura 5. Captura de curva Intensidad-Duración-Frecuencia. Región I. Sector Zona Norte.

Fuente: Microsoft Excel 2010.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Finalmente, se repitió el proceso de extracción de las intensidades para el resto de las treinta y seis tablas restantes.

4.2. Fase II: Determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil.

Para la segunda fase, se llevó a cabo el registro de información precisa y especializada mediante la aplicación de una entrevista estructurada a tres expertos en el área de ingeniería civil. El objetivo principal de estas entrevistas fue determinar los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación. A través de una serie de preguntas específicamente diseñadas, se obtuvo información detallada sobre las preferencias y necesidades de los usuarios de la aplicación. Se indaga sobre aspectos como la preferencia de ingreso de datos, el formato de exportación de información y elementos que ofrecen una mejor experiencia de usuario. Este proceso permitió acceder directamente a la experiencia y el conocimiento de los usuarios

principales, lo que contribuyó enormemente a la determinación de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil.

1. ¿Cómo prefiere ingresar los datos de la zona de estudio?

Tabla 1. Respuestas de la pregunta número uno.

Entrevistado	Respuesta
1	Me gusta la opción de deslizadores. Para valores numéricos, podrías tener deslizadores para que el usuario pueda mover y seleccionar su valor deseado. Eso me parece una opción cómoda, poder elegir entre valores que ya se encuentran cargados. Pero eso significaría cargarlos todos, entonces es una opción de comodidad.
2	Pienso que, si los datos son puntuales, pueden estar por sección o pueden venir codificados, ya determinados. Por ejemplo, si para las curvas necesito ingresar un valor que ya es conocido y está dentro de un rango, entonces ese valor yo lo puedo escoger directamente desde una barra que ya tenga los valores cargados. Pero si son valores que se tienen que interpolar o son infinitos, entonces es mejor que el usuario los ingrese manualmente.
3	Si la aplicación me muestra los datos y yo solo los selecciono, sería excelente.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Las respuestas muestran una preferencia por métodos de entrada de datos que priorizan la comodidad del usuario en relación con el rango y la naturaleza de los diferentes datos de entrada.

2. ¿Cuántos sectores pluviométricos quiere que estén incluidos en la aplicación?

Tabla 2. Respuestas de la pregunta número dos.

Entrevistado	Respuesta
1	Todos los que sean necesarios, también que estén de acuerdo con las diferentes elevaciones de cada región.
2	Entre mayor amplitud tenga el programa, mayor beneficio, porque tendrás mayor información de los registros a nivel, en este caso, de las regiones que vayas a tener en cuenta. Si lo haces muy limitado, podrá aplicarse solo en las comunidades que hayas tomado como referencia, pero al tener una mayor extensión de la geografía venezolana, tendrá mayor precisión, cobertura y un mayor uso también.

3	Como regiones típicas de Venezuela, algo así como Centro Norte, Llanos, Oriente, Centro-occidente, Región Zulia, Región Guayana, etc. Se podrían agrupar las secciones que tengan las mismas elevaciones con intensidades de lluvia similares.
---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Los primeros entrevistados expresaron una fuerte inclinación por la inclusión de todos los sectores pluviométricos, independientemente de las intensidades. Por otra parte, el último entrevistado comentó la posibilidad de solapar sectores que compartan las mismas elevaciones con intensidades de lluvia similares.

3. ¿Cómo le gustaría exportar la información de los hietogramas?

Tabla 3. Respuestas de la pregunta número tres.

Entrevistado	Respuesta
1	Me gustaría que se guardaran como un PDF y también como una imagen. Para el caso del PDF, que no sea solo la imagen en un fondo blanco, sino que incluya automáticamente información como la hora, fecha y el nombre de la aplicación desde donde se exportó. Que se note que el PDF fue exportado de un software.
2	Creo que puede ser en PDF. Si se puede enlazar a herramientas de dibujo, perfecto, pero un formato puede ser en PDF para poder manipularlo para cualquier trabajo que se necesite esa información.
3	Preferiría que se guarden en la aplicación en forma de galería, es decir, que se guarden como un archivo de algún formato que me permita ver hietogramas ya generado en días anteriores.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Las respuestas muestran diferentes preferencias en cuanto a formas de exportar la información. Entre las más resaltantes está la necesidad de un formato PDF que incluya información adicional, como la identificación del software desde donde se exportó la información, la fecha y la hora del momento cuando fue exportado el documento.

4. Ya se tienen cuatro periodos de retorno, ¿sería importante anexar más?

Tabla 4. Respuestas de la pregunta número cuatro.

Entrevistado	Respuesta
1	Me parece que cuatro periodos de retorno son suficientes.
2	Los periodos de retorno dos, cinco, diez y veinticinco me parecen bien.

3	Depende de la magnitud de la obra o de lo que se esté calculando, pero también me gustaría que estuviera disponible la opción para llegar a periodos mayores porque en algún momento, alguno de esos es el que voy a necesitar.
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Todos los entrevistados mostraron concordancia para los cuatro periodos de retorno ya establecidos. Por otro lado, el último entrevistado resaltó la importancia de la flexibilidad y adaptabilidad de la aplicación para proyectos de mayor magnitud.

5. ¿En qué unidades considera conveniente la representación gráfica de los datos?

Tabla 5. Respuestas de la pregunta número cinco.

Entrevistado	Respuesta
1	Yo preferiría milímetro sobre hora.
2	Generalmente se trabaja en milímetros por segundo.
3	En milímetros, podría ser milímetros por día o milímetros por mes.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Todas las respuestas indican la misma unidad para expresar la cantidad de lluvia durante un período de tiempo: milímetros, variando únicamente en el periodo de tiempo a elegir.

6. ¿Cree que sería beneficioso que exista una aplicación móvil donde se localice los hietogramas? ¿Por qué?

Tabla 6. Respuestas de la pregunta número seis.

Entrevistado	Respuesta
1	Sería buenísimo. Que no sea necesario tener que llegar hasta la oficina, por ejemplo, a ver los hietogramas, a ver cuál era el máximo, cómo era la gráfica, sino únicamente abrir la aplicación y revisar es súper ventajoso, muy buena idea.
2	Sí es importante porque agilizas el trabajo y puedes volver a utilizar esa información en el momento en que lo necesites, ya sea para recolectar la información o para salir de cualquier eventualidad donde necesites dicha información.
3	Desde el punto de vista de un consultor, de una persona que calcula, que hace diseño o proyectos, sería sumamente útil, le ahorraría mucho tiempo el tener una aplicación en donde se pueda conseguir información sobre la

	lluvia, sobre sus intensidades, registros, sobre lo que pueda mostrar esa aplicación.
--	---------------------------------------------------------------------------------------

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Todas las respuestas expresan una actitud positiva hacia la idea de una aplicación móvil que automatice el proceso de determinación de hietogramas y las ventajas de utilizar esta herramienta. Los entrevistados especialmente enfatizan acerca de la conveniencia de la portabilidad, la optimización del trabajo y el rápido acceso a esta información.

7. ¿Para quiénes sería importante la geolocalización de los hietogramas?

Tabla 7. Respuestas de la pregunta número siete.

Entrevistado	Respuesta
1	Para aquellas personas que no tienen conocimiento exacto de las elevaciones del sitio en donde se encuentran.
2	Para los ingenieros y arquitectos, específicamente para los que están en el área de hidráulica y vialidad. Principalmente, son las ramas de ingeniería ambiental las que usarán este programa.
3	Definitivamente, para los que tenemos que calcular cantidades de lluvia para cuestiones de proyectos hidráulicos, más que todo de drenaje.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Las respuestas obtenidas describen los campos laborales o áreas de trabajo del tipo de usuario que se verá más beneficiado con el uso de esta herramienta. Esta información nos da a conocer características sobre los usuarios principales de la aplicación.

8. ¿Qué información sería relevante sobre los hietogramas para colocar en una aplicación móvil?

Tabla 8. Respuestas de la pregunta número ocho.

Entrevistado	Respuesta
1	Una vez se genere el hietograma, que aparezca en la parte de abajo la región utilizada y las elevaciones que comprende esa región. Si, tal vez, la persona manejando la aplicación ingresa un dato erróneo u olvida el periodo de retorno utilizado, que la aplicación muestre que fue lo que hizo. En otras palabras, que muestre los datos ingresados por el usuario.
2	La variabilidad de las lluvias, que el periodo de retorno este argumentado dentro de la obtención de la gráfica, tal vez una pequeña explicación de la variabilidad de la gráfica.

3	El periodo de donde se han obtenido esos datos. Estamos hablando de lluvias que han ocurrido en un determinado periodo de tiempo, entonces colocar el tiempo cuando fueron hechos esos registros, es decir, de qué periodo proviene.
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Las respuestas revelan información adicional que incluir en la aplicación, además de datos relevantes para complementar el hietograma generado como resultado final. Se menciona la necesidad de visualizar los datos ingresados por el usuario, como la región y el periodo de retorno utilizado, además de mostrar la fuente de la información pluviométrica recolectada en la primera fase.

9. Desde su experiencia, ¿qué elementos y características ayudarían a que la interfaz gráfica sea más amigable?

Tabla 9. Respuestas de la pregunta número nueve.

Entrevistado	Respuesta
1	La simplicidad es elemental. Que se muestran los datos claramente y organizados de manera lógica. Las pantallas de los celulares son bastante limitadas, para no sobrecargarse de información. Si tengo que pulsar varias veces para ver un solo dato y no tenerlos todos al mismo tiempo en la pantalla, mejor, no hay problema. Y que sea muy visual. Para los hietogramas, que se formen poco a poco para que el usuario pueda ver cómo se van formando, y en el caso de las barras, que aparece arriba el valor de la intensidad máxima, pero que se pueda ver.
2	Un diseño intuitivo fácil de entender y manejar. Se debe pedir la información de una manera que la persona entienda qué datos va a ingresar. Debe tener vistosidad con colores e imágenes a nivel de la ingeniería civil y estar acorde a la rama en la que se está aplicando. Debe ser de fácil uso. Para este caso de una aplicación telefónica, debería tener una vista deslizada para poder revisar la información a medida que se va suministrando, no estar pasando entre una vista a otra, sino que el usuario pueda visualizar todos los datos ingresados en campos anteriores en una sola vista para regresar y cambiar alguno de ser necesario.
3	Al iniciar un nuevo proyecto, debería mostrar iconos que guíen al usuario a navegar a través de la aplicación, que detallen los datos de entrada a

	<p>ingresar y faciliten la comprensión de las diferentes funcionalidades de la aplicación. Otra cosa importante es que los términos que se utilicen en cualquier aplicación estén regionalizados. Yo he utilizado otros software para calcular sistemas de tuberías complejos y los nombres que le ponen a las cosas no soy muy venezolanas, entonces uno tiene que traducirlos así estén en español.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Análisis: Todos los entrevistados expresan una preferencia por el diseño intuitivo y la simplicidad en la interfaz de usuario. En primer lugar, se advierte en contra de la sobrecarga de información en las pantallas de los dispositivos móviles. Los usuarios prefieren una interfaz que les permita ingresar datos de manera clara y comprensible, con indicaciones visuales que faciliten la navegación a través de la aplicación. Por último, se menciona la importancia de la regionalización de los términos utilizados en la aplicación. Esto implica que la aplicación debe adaptarse a las preferencias y terminología local de los usuarios.

Luego de haber aplicado el instrumento de recolección de datos hacia expertos en el área de ingeniería civil, se determinaron los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema basados en el análisis de los resultados de la entrevista estructurada.

4.2.2. Requerimientos Funcionales

- La aplicación debe permitir el ingreso de datos utilizando diferentes elementos de interfaz de usuario basados en el rango y naturaleza de los datos.
- La inclusión de todos los sectores pluviométricos necesarios, teniendo en cuenta las diferentes elevaciones de cada región.
- El usuario podrá escoger entre los cuatro periodos de retorno establecidos.
- La aplicación ofrecerá al usuario el ingreso manual o automático de su ubicación.
- La aplicación debe representar la cantidad de lluvia durante un período de tiempo en milímetros, permitiendo seleccionar diferentes periodos de tiempo según la necesidad del usuario.
- El usuario podrá exportar la información de los hietogramas.
- El usuario podrá observar datos anteriormente ingresados en los hietograma generados.
- Los términos y funcionalidades serán regionalizados para adaptarse a las preferencias y terminología local de los usuarios.

4.2.3. Requerimientos no Funcionales

- Simplicidad. La interfaz de usuario y sus funciones deben ser los más simples y directas posibles, evitando la sobrecarga de información y complejidades innecesarias.
- Diseño intuitivo. Tiene que ver con la facilidad con la que los usuarios pueden comprender y utilizar las diferentes funcionalidades de aplicación sin necesidad de instrucciones detalladas o entrenamiento previo.
- Usabilidad. La aplicación debe ser fácil de aprender con una navegación fluida que no requiera que los usuarios dediquen mucho tiempo a descifrar cómo realizar tareas específicas.
- Rapidez. La generación y exportación de los gráficos debe tener una respuesta rápida y optimizada.
- Escalabilidad. La aplicación debe tener la capacidad de expandirse en el futuro para manejar proyectos de mayor magnitud.

4.3. Fase III: Diseño de la aplicación móvil basada en la metodología Extreme Programming (XP).

En la tercera fase, basándonos en los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos en la fase anterior, se procedió al diseño de la estructura de la aplicación móvil siguiendo los principios de la metodología Extreme Programming (XP).

4.3.1. Diagrama de casos de uso

A continuación, se presentan los diagramas de uso de cada actor con sus respectivas descripciones:

- Usuario: El usuario representa a la persona que interactúa con la aplicación para la generación de hietogramas. Este actor puede ser un ingeniero civil, un profesional en el área de hidráulica o cualquier persona interesada en la planificación y diseño de infraestructuras hidráulicas en Venezuela.

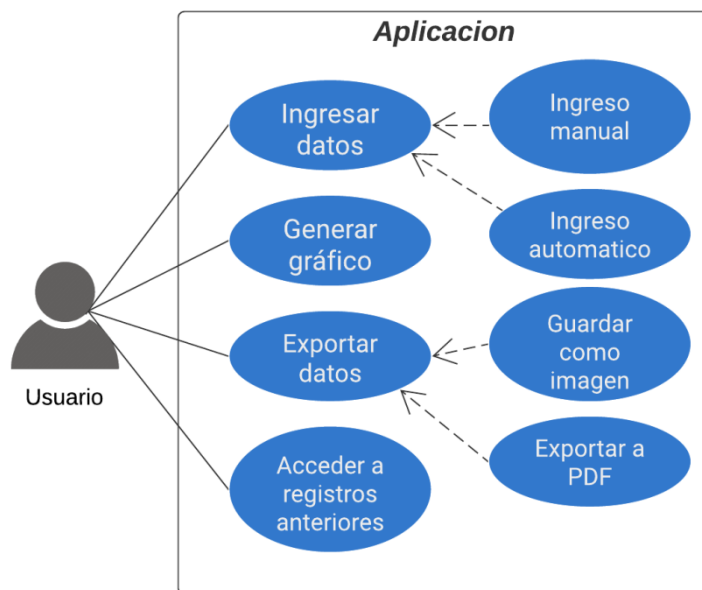


Figura 6. Diagrama de caso de uso (Usuario).

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

4.3.2. Descripción de los casos de uso

Tabla 10. Caso de Uso (Ingresar Datos).

Ingresar Datos	
Actor: Usuario	
Objetivo: Permitir al usuario ingresar los datos necesarios para generar un hietograma.	
Precondición: La aplicación debe estar abierta y disponible para el usuario.	
Flujo normal: <ul style="list-style-type: none"> • Abrir la aplicación. • Seleccionar la opción de "Ingresar Datos" desde el menú principal. • Completar los campos requeridos con la información solicitada. • Confirma la entrada de datos. 	Flujo alterno: <ul style="list-style-type: none"> • Si el usuario comete un error al ingresar los datos, la aplicación le mostrará un mensaje de error y le permitirá corregirlos.
Postcondición: Los datos ingresados se almacenan correctamente en la base de datos de la aplicación.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 11. Caso de Uso (Generar Gráfico).

Generar Gráfico	
Actor: Usuario	
Objetivo: Crear un hietograma basado en los datos ingresados por el usuario.	
Precondición: Los datos necesarios para generar el gráfico deben haber sido ingresados anteriormente.	
Flujo normal: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario selecciona la opción de "Cargar" desde el menú principal. • La aplicación procesa los datos ingresados y genera el hietograma correspondiente. • El hietograma se muestra en la pantalla de la aplicación. 	Flujo alterno:
Postcondición: El usuario visualiza el hietograma generado con los datos ingresados.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 12. Caso de Uso (Exportar Datos).

Exportar Datos	
Actor: Usuario	
Objetivo: Permitir al usuario exportar los datos y el hietograma generado en un formato adecuado para su uso externo.	
Precondición: El usuario ha generado un hietograma y los datos han sido registrados correctamente.	
Flujo normal: <ul style="list-style-type: none"> • El usuario selecciona el registro correspondiente al hietograma que desea exportar. • El usuario selecciona la opción de "Compartir" desde el registro. • Selecciona el formato de exportación deseado (por ejemplo, PDF o imagen). • La aplicación crea el archivo de exportación y lo guarda en el dispositivo del usuario o lo 	Flujo alterno:

comparte a través de otros medios.	
Postcondición: El usuario posee un archivo exportado que contiene los datos y el hietograma generado.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 13. Caso de Uso (Acceder a registros anteriores).

Acceder a registros anteriores	
Actor: Usuario	
Objetivo: Permitir al usuario revisar y acceder a registros de hietogramas anteriores.	
Precondición: La aplicación debe contar con registros previamente guardados.	
Flujo normal: <ul style="list-style-type: none"> • Abrir la aplicación. • Se muestran los registros disponibles para su visualización. • El usuario selecciona el registro que desea revisar. • La aplicación muestra el hietograma correspondiente al registro seleccionado. 	Flujo alterno:
Postcondición: El usuario puede revisar y visualizar los registros de hietogramas anteriores según sea necesario.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

4.3.3. Modelo de base de datos

Luego de haber determinado los actores del sistema junto a los casos de uso, se diseñó el modelo de bases de datos el cual almacena la información pluviométrica obtenida en la primera fase, para este caso, se diseñó un modelo de dato no relacional.

```
{
  "Regiones": [
    {
      "Nombre": "String",
      "Altura_maxima": "Number",
      "Altura_minima": "Number",
      "Coordenadas (Array)": [
        [
          "Number"
        ]
      ],
      "Curvas": [
        {
          "Nombre": "String",
          "Altura_maxima": "Number",
          "Altura_minima": "Number",
          "Ecuaciones_de_curvas (Array)": [
            {
              "Periodo_de_retorno": "Number",
              "Multiplicador": "Number",
              "Potencia": "Number"
            }
          ]
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Figura 7. Diagrama de modelo de base de datos.

Fuente: Visual Studio Code.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

4.4. Fase IV: Desarrollo de la aplicación móvil para la determinación de hietogramas en Venezuela.

En la cuarta fase, basándonos en las fases de la metodología XP y los requerimientos funcionales y no funcionales determinados en las etapas anteriores, pasamos al desarrollo de la aplicación móvil. Utilizamos la arquitectura definida en la tercera fase para diseñar e implementar las diferentes vistas y funcionalidades descritas en los casos de uso, tales como el ingreso de datos y el historial de registros. Prácticas de la metodología XP como la comunicación constante con el cliente, pruebas continuas y flexibilidad a cambios permanecieron presentes a lo largo del desarrollo de la aplicación.

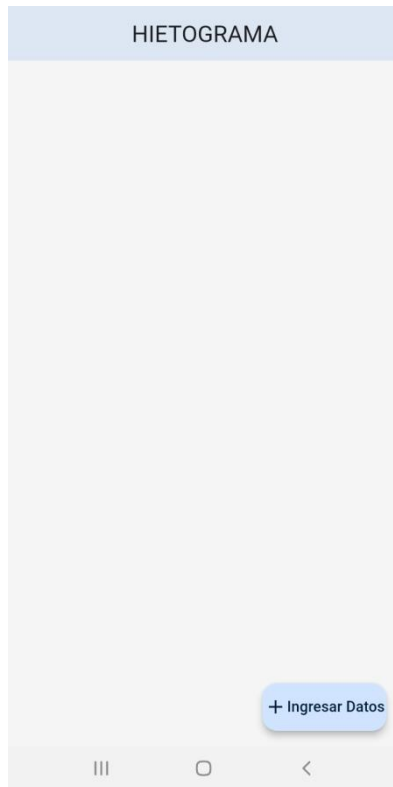


Figura 8. Captura de pantalla de inicio sin registros.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

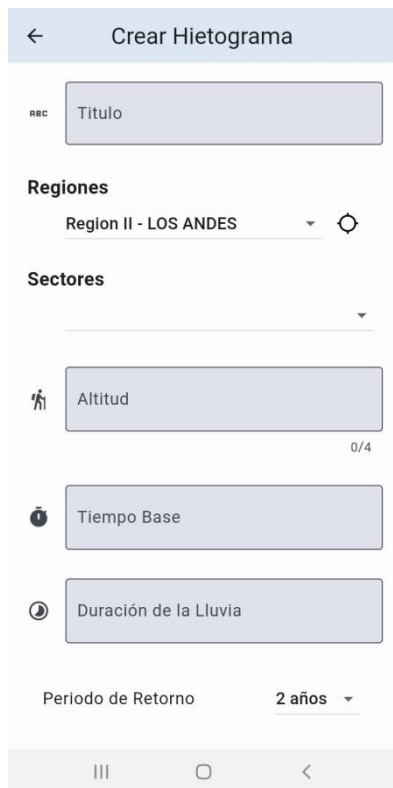


Figura 9. Captura de pantalla de ingreso de datos (superior).

Autores: Calderón, F y Pérez, R.



Figura 10. Captura de pantalla de ingreso de datos (inferior).

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

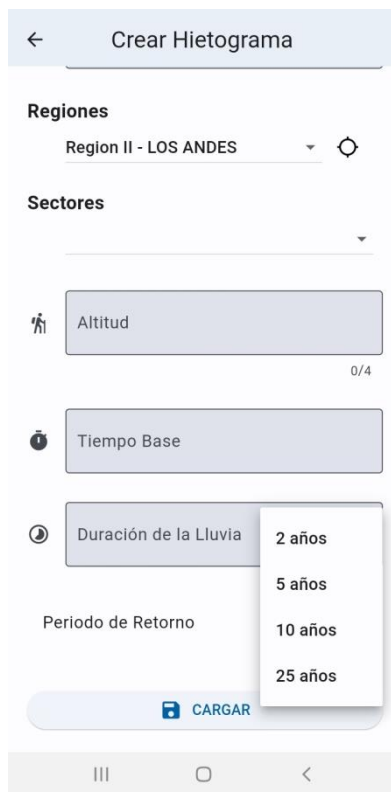


Figura 11. Captura de pantalla de menú desplegable proporcionando los cuatro periodos de retorno establecidos.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

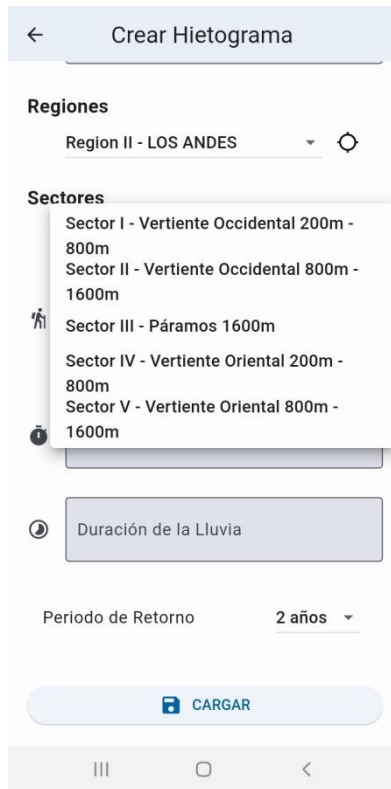


Figura 12. Captura de pantalla de menú desplegable proporcionando los sectores pluviométricos respectivos a la región anteriormente seleccionada (Región II).

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

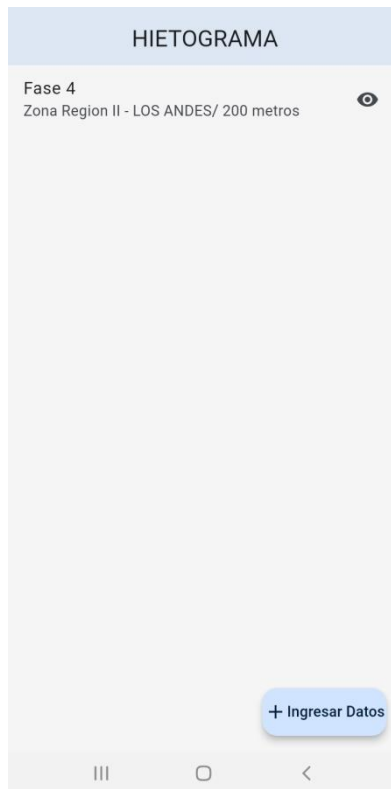


Figura 13. Captura de pantalla de inicio con registro.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

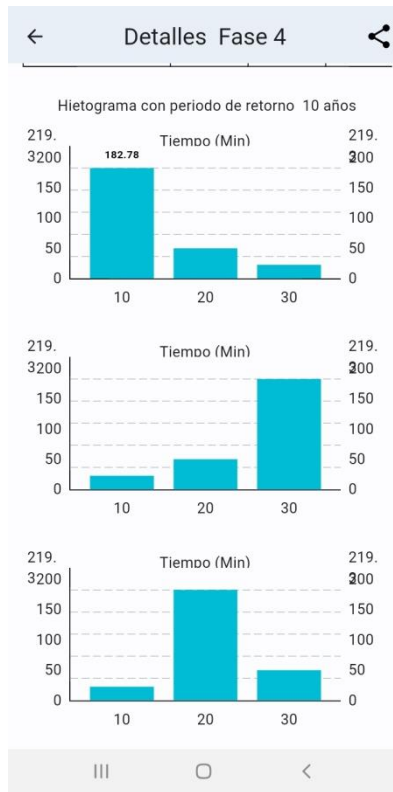


Figura 14. Captura de pantalla hietograma generado.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

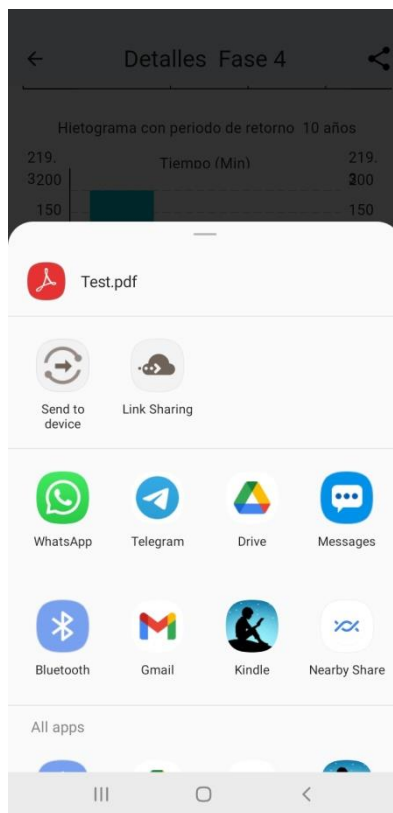


Figura 15. Captura de pantalla de opción para exportar el hietograma.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

4.5. Fase V: Realización de pruebas de verificación del correcto funcionamiento de la aplicación.

Para la fase final, se elaboró y ejecutó un plan de pruebas de tipo caja negra para evaluar las funcionalidades de la aplicación desarrollada.

Tabla 14. Caso de prueba de ingresar datos con conocimiento de región hidrológica.

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba 1	Caso de Uso	Ingresar Datos
	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	Verificar la funcionalidad de ingreso de datos en la aplicación cuando el usuario ingresa manualmente la región hidrológica.	
Entradas	Datos válidos para cada campo requerido.	
Resultado Esperado	Los datos ingresados deben ser capturados correctamente por la aplicación y almacenados en la base de datos interna.	
Resultado	Exitoso	
Observación	Se debe verificar que todos los campos requeridos se completen correctamente y que la aplicación pueda manejar diferentes tipos de datos de entrada de manera adecuada.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 15. Caso de prueba de ingresar datos sin conocimiento de región hidrológica.

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba 2	Caso de Uso	Ingresar Datos
	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	Verificar la funcionalidad de ingreso de datos cuando la aplicación obtiene automáticamente la región hidrológica.	
Entradas	Datos válidos para cada campo requerido.	
Resultado Esperado	Los datos ingresados deben ser capturados correctamente por la aplicación y almacenados en la base de datos interna.	
Resultado	Exitoso	
Observación	Se debe asegurar que la función de geolocalización esté habilitada en el dispositivo para que la aplicación pueda acceder a la ubicación del usuario de manera automática.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 16. Caso de prueba de generar gráfico.

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba 3	Caso de Uso	Generar Gráfico
	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	Evaluar la capacidad de la aplicación para generar un gráfico de hietograma a partir de los datos ingresados.	
Entradas	Datos válidos previamente ingresados en la aplicación.	
Resultado Esperado	La aplicación debe generar un gráfico de hietograma que visualice claramente la distribución de la intensidad de la lluvia en función del tiempo.	
Resultado	Exitoso	
Observación	Se debe comprobar que el gráfico sea legible y que muestre correctamente la información relevante para el usuario.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 17. Caso de prueba de exportar datos.

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba 4	Caso de Uso	Exportar Datos
	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	Verificar la funcionalidad de exportación de datos de la aplicación.	
Entradas	Registro previamente ingresados en la aplicación.	
Resultado Esperado	Los datos almacenados en la aplicación deben exportarse en el formato especificado.	
Resultado	Exitoso	
Observación	Se debe asegurar que los datos exportados sean legibles y capaces de ser utilizados en otros contextos.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 18. Caso de prueba de visualización correcta de datos en el documento exportado.

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba 5	Caso de Uso	Visualización correcta de datos en el documento exportado
	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	Evalúa si la información exportada muestra correctamente todos los datos relevantes.	
Entradas	Documento exportado por la aplicación.	

Resultado Esperado	El documento exportado debe mostrar claramente datos relevantes como la región utilizada, las elevaciones comprendidas en esa región, y el periodo de retorno, de manera que el usuario pueda entender fácilmente la información.
Resultado	Exitoso
Observación	Verificar que todos los datos estén correctamente alineados y formateados en el PDF exportado para garantizar una visualización clara y precisa.

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

Tabla 19. Caso de prueba de acceder a registros anteriores.

CASO DE PRUEBA		
Número de prueba 6	Caso de Uso	Acceder a registros anteriores
	Estrategia	Prueba de caja negra
Descripción	Evaluar la capacidad de la aplicación para acceder a registros de datos anteriores almacenados en la base de datos.	
Entradas	Registro previamente ingresados en la aplicación.	
Resultado Esperado	La aplicación debe mostrar una lista de registros anteriores con la información correspondiente para cada entrada y tener acceso al registro seleccionado.	
Resultado	Exitoso	
Observación	Se debe verificar que la aplicación pueda manejar eficientemente grandes cantidades de datos en el historial y que la interfaz de usuario sea intuitiva para la navegación.	

Autores: Calderón, F y Pérez, R.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este último capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo del trabajo de grado enfocado en el diseño y desarrollo de una aplicación móvil para la generación de hietogramas.

5.1 Conclusiones

La primera fase, referente a la recolección de información pluviométrica de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) encontradas en Franceschi. L. (1984). Drenaje Vial. Para catorce regiones hidrológicas en Venezuela, se llevó a cabo con el objetivo de crear una base de datos accesible para su posterior integración en la aplicación móvil. Para aumentar la precisión de los datos recopilados, se empleó un software de edición de imágenes. Posteriormente, se extrajeron las intensidades correspondientes a periodos de retorno y duraciones específicas. El registro de estas intensidades se realizó utilizando un programa de edición de hojas de cálculo para derivar las ecuaciones de cada curva representativa de un periodo de retorno. Este enfoque permitió obtener un total de cuatro ecuaciones, una para cada periodo de retorno, y, finalmente, repetir el proceso para el resto de tablas restantes. De esta fase se concluye la documentación del proceso de digitalización de información pluviométrica a través del uso de herramientas digitales enfocadas en la edición de imágenes, la gestión de datos, el análisis numérico a una base de datos.

En la segunda fase, a través del uso de una entrevista estructurada aplicada a expertos en el área de ingeniería civil, se lograron determinar los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación móvil. De esta fase se concluyó la importancia, necesidad y valides de la creación de una aplicación móvil con énfasis en la simplicidad, que sea intuitiva y fácil de manipular, capaz de capturar y procesar datos hidrológicos de manera eficiente puesto a la capacidad se agiliza el trabajo y ahorra tiempo en el proceso de cálculo. Adicionalmente, los entrevistados destacaron la conveniencia de poder acceder a información necesaria de manera rápida y desde cualquier ubicación. Estos hallazgos garantizan que la aplicación satisfaga las necesidades y preferencias de sus usuarios principales.

Durante la tercera fase, enfocada en el diseño de la estructura de la aplicación a partir de las entrevistas durante la segunda fase, se concluyeron las funcionalidades principales que debe cumplir la aplicación. Además, en cuanto al diseño, se ha puesto énfasis en la simplicidad y la claridad en la presentación de datos. La arquitectura de la aplicación se ha diseñado para facilitar la navegación del usuario y garantizar una comprensión clara de las funcionalidades ofrecidas.

Para la cuarta fase, con base en fases anteriores y en la metodología Extreme Programming (XP), se llega a la conclusión de la importancia de documentar cada etapa del proceso para la culminación exitosa de la aplicación. Por ende, se ha optado por incluir una captura de cada paso tomado durante el desarrollo como parte fundamental de este trabajo.

En la fase de realización de pruebas, se ha verificado el correcto funcionamiento de la aplicación mediante un plan de pruebas exhaustivo. Se han identificado y corregido posibles fallos para garantizar la fiabilidad y la calidad del producto final.

De la fase final, mediante la realización de pruebas para verificar el correcto funcionamiento de la aplicación desarrollada, se evaluaron las funcionalidades principales de la aplicación, desde el ingreso de datos hasta la exportación de información y la visualización de registros anteriores. De esta fase, se concluyen los resultados de las pruebas realizadas para garantizar la calidad y seguridad de la aplicación, asegurando que cumpla con los requerimientos establecidos y proporcione una experiencia óptima al usuario final.

5.2 Recomendaciones

Para las recomendaciones, se sugiere la actualización a nivel nacional de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) a las que se tiene acceso actualmente. Esta actualización permitiría contar con datos más precisos y actualizados para su integración en la aplicación, lo que mejoraría la precisión de las predicciones hidrológicas y la toma de decisiones en el diseño de infraestructuras hidráulicas en Venezuela. Además, para próximas investigaciones, se recomienda extender, haciendo uso de los métodos requeridos para ello, la extrapolación de las curvas IDF para los periodos de retorno de cincuenta y cien años, extendiendo la capacidad de la aplicación para poder abarcar proyectos de mayor magnitud. Asimismo, se recomienda considerar la ampliación de la base de datos para incluir información pluviométrica de países cercanos a Venezuela que cuenten con la información pluviométrica necesaria para poder trabajar con la aplicación. Finalmente, se sugiere considerar la actualización de los mapas de regiones hidrológicas disponibles en la actualidad, dada la dificultad de interpretación y visualización de los límites de estas regiones en los mapas actuales. La digitalización de estos mapas facilita su uso y comprensión, lo que mejoraría la precisión en la selección de la región hidrológica correspondiente durante el ingreso de datos en la aplicación.

REFERENCIAS

- Arias, F. (2012). **El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica.** (6ª ed.). Editorial Episteme.
- Barrios, M. y Escalona, R. (2020). **Redefinición de redes principales de distribución de agua potable al norte de la ciudad de Valencia, estado Carabobo mediante la aplicación de herramientas digitales.** Universidad José Antonio Páez.
- Bazzano, F. (2019). **Predicción de lluvias máximas para diseño hidrológico. Desarrollo experimental en la provincia de Tucumán.** Universidad Nacional de Tucumán.
- Castro, F y Román, E. (2021). **Análisis comparativo entre modelación y diseño de distribución de aguas blancas con la utilización de los software EPANET y CYPECAD.** Universidad José Antonio Páez.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela** (1999). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, N° 5.908. [Extraordinaria]
- Guevara, E. (2015). **Métodos para el Análisis de Variables Hidrológicas y Ambientales.**
- Hernández, R., Fernández, C y Baptista, P. (2014). **Metodología de la investigación.** (6ª ed.). Editorial Episteme McGraw-Hill Interamericana.
- Hurtado, J. (2000). **Metodología de la Investigación Holística.** (3ª ed.).
- Morassutti, G. (2020). **Diseño de Estructuras de Corrección de Torrentes y Retención de Sedimentos.** Ediciones de la U.
- Palella, S y Martins, F. (2012). **Metodología de la Investigación Cuantitativa.** (1ª reimpresión). Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Sabino, C. (1992). **El proceso de Investigación.** Editorial Panapo.
- Tamayo y Tamayo. (2003). **El Proceso de la Investigación Científica.** (4ª ed.). Editorial Limusa.
- UJAP (2020). **Manual para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos de trabajos de grado, trabajos de grado, tesis doctoral e informe de pasantía y extramuros de la universidad José Antonio Páez.** Valencia, Venezuela.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2016). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales.** (5ª ed.).
- Pérez, P. y Gardey, A. (10 de abril de 2023) **Teoría de sistemas - Qué es, definición, evolución y propiedades.** <https://definicion.de/teoria-de-sistemas/>

APÉNDICE A



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

INSTRUCCIONES PARA EL GUION LA DE ENTREVISTA

- Indique su función dentro de la empresa
- Proceda a leer detenidamente cada una de las preguntas
- Responda de manera objetiva
- En caso de dudas, consulte con la persona encarga de aplicar el cuestionario

N°	Guión de entrevista
1	¿Cómo prefiere ingresar los datos de la zona de estudio?
2	¿Cuántos sectores pluviométricos quiere que estén incluidos en la aplicación?
3	¿Cómo le gustaría exportar la información de los hietogramas?
4	Ya se tienen cuatro periodos de retorno, ¿sería importante anexar más?
5	¿En qué unidades considera conveniente la representación gráfica de los datos?
6	¿Cree que sería beneficioso que exista una aplicación móvil donde se localice los hietogramas? ¿Por qué?
7	¿Para quiénes sería importante la geolocalización de los hietogramas?
8	¿Qué información sería relevante sobre los hietogramas para colocar en una aplicación móvil?
9	Desde su experiencia, ¿qué elementos y características ayudarían a que la interfaz gráfica sea más amigable?

APÉNDICE B



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN**

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		
8	✓			✓		
9	✓			✓		

Fecha: 10/10/2023


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ing. Civil
----------------------------------------------------------	------------



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		
8	✓			✓		
9	✓			✓		

Fecha: 10/10/2023

Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:

Dra. Milbet Rodríguez



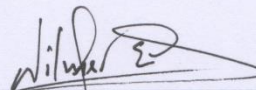
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
 UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (GUIÓN DE LA ENTREVISTA)

Coloque con una (X), en la alternativa que corresponda según opinión sobre los aspectos planteados, anote las observaciones que considere necesario en el recuadro destinado para ello.

Ítems	Redacción de Ítems			Pertinencia de los objetivos		Observaciones
	Clara	Confusa	Tendenciosa	Pertinente	No pertinente	
1	✓			✓		
2	✓			✓		
3	✓			✓		
4	✓			✓		
5	✓			✓		
6	✓			✓		
7	✓			✓		
8	✓			✓		
9	✓			✓		

Fecha: 10/10/2023


 Firma del Especialista:

Breve descripción del perfil académico del Especialista:	Ing. Electricista, Especialista en Docencia para la Educación Superior Magister Scientiarum en Instrumentación
----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------