



**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y  
APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS  
SECTORES MALAGON Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO  
NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**

**Autor:** Flores, Abigail.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 87123



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y  
APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS  
SECTORES MALAGON Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO  
NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Flores, Abigail.  
C.I. V-22.410.821

**Tutor:**

Ing. Emerly Castillo.  
C.I: V-4.464.524

San Diego, Febrero 2020.



FI-L-010-2019-3CR(TG)

Valencia, 04 de diciembre de 2019

Ciudadana:  
Flores M, Abigail B.  
22.410.821  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2019 de fecha 06-09-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS SECTORES DE MALAGÓN Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Emerly Castillo C.I: 4.464.524 como Tutora Académica que la asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

**Prof. Luis Lira**  
Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (I).

L/v.a.



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

#### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Emerly Castillo, portador de la cédula de identidad N° V-4.464.524 hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por la ciudadana Abigail Flores, portadora de la cédula de identidad N° V-22.410.821 **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS SECTORES MALAGÓN Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO NAGUANAGUA**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 14 días del mes de Febrero del año dos mil veinte.

  
Firma  
Ing. Emerly Castillo  
V- 4.464.524

San Diego, Febrero de 2020.



## **DEDICATORIA**

A aquellos quienes de una u otra forma han colaborado en el camino de mi formación profesional. Especialmente a:

Mi familia, padres y hermano quienes siempre estarán presentes. A mis sobrinos por ser alegría y un motor para avanzar.

A mis amigos más fieles, quienes me han brindado ánimo, apoyo y fuerza para continuar en mi camino.

A mi compañero de vida, quien me apoyó, cuidó y ayudó durante todo este camino y otros tantos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la fortaleza necesaria para avanzar aun cuando los tiempos eran difíciles.

A mi familia quienes de uno u otro modo han colaborado en mi realización personal.

A mis amigas Nataly y Luimary por ser un apoyo incondicional y abrir las puertas de sus casas siempre que lo necesité. A Jahined por tu apoyo, contagiar alegría y por las tazas de café que me permitían largas noches.

A Jesús Hernández, por ser mi fiel compañero, por su amor, paciencia, apoyo y colaboración cada día.

A mi tutora Emerly Castillo, por su guía y disposición para orientarme en la realización de este trabajo de grado.

Al profesor Ángel Medina y Alejandro Pocaterra por su disposición de enseñar, por sus aportes y colaboración.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>

## CAPÍTULO

### **I EL PROBLEMA**

1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación de la Investigación.....	6
1.5 Alcance.....	7

### **II MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes de la Investigación.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Ciclo hidrológico del agua.....	9
2.2.2 Cuenca.....	12

2.2.3 Elementos de la cuenca.....	12
2.2.4 Factores Característicos de las cuencas.....	13
2.2.5 Parámetros de forma y relieve de las cuencas.....	14
2.2.5.1 Parámetros de forma.....	14
2.2.5.2 Parámetros de relieve.....	16
2.2.6 Tiempo de concentración.....	16
2.2.7 Coeficiente de escorrentía.....	16
2.2.8 Inundaciones.....	16
2.2.8.1 Factores que contribuyen a las inundaciones.....	17
2.2.8.2 Evaluaciones de riesgo de inundación urbana.....	17
2.2.8.3 Manejo sostenible de inundaciones.....	18
2.2.8.4 Estrategias para el control de inundaciones.....	18
2.2.9 Obras de captación de agua .....	19
2.2.10 Obras utilizadas para el control y almacenamiento de agua.....	20
2.2.11. Factibilidad ambiental.....	29
2.3 Definición de términos básicos.....	34

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Tipo de Investigación.....	36
3.2 Diseño de la Investigación.....	37
3.3 Nivel de la Investigación.....	37
3.4 Población y Muestra.....	37
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	38

3.6	Validación del Instrumento.....	39
3.8	Fases Metodológicas.....	40
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS</b>	
4.1	Diagnóstico de las condiciones actuales de la zona.....	41
4.2	Identificación de las obras hidráulicas para el control y almacenamiento de agua que pueden implementarse en el área.....	55
4.3	Evaluación de las opciones para el control de inundaciones a nivel ambiental y técnico en los sectores de estudio.....	59
	4.3.1 Ubicación de las obras a evaluar.....	59
	4.3.2 Factibilidad ambiental.....	61
	4.3.3. Factibilidad técnica.....	67
4.4	Selección de la obra a implementar para el manejo control de excedentes y aprovechamiento de agua de lluvia en los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula .....	71
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	78
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	81
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	83
	<b>REFERENCIAS ELECTRÓNICAS</b> .....	84
	<b>ANEXOS</b>	<b>85</b>
	A. Cuestionario.....	86
	B. Validez del Cuestionario.....	90

C. Hietogramas de estaciones del estado Carabobo.....	97
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>pág.</b>
1. Dique toma con aducción incorporada.....	21
2. Dique toma con captación lateral y rejilla.....	22
3. Dique toma con captación integrada y rejilla.....	22
4. Captación directa desde un pozo natural.....	23
5. Estructura de pavimento permeable con infiltración total.....	25
6. Estructura de pavimento permeable con infiltración parcial.....	26
7. Estructura de pavimento permeable sin infiltración .....	26
8. Cosecha de agua. Aprovechamiento de los techos.....	27
9. Cosecha de agua. Sistema tipo cerchas .....	29
10. Cosecha de agua. Aprovechamiento de pendientes.....	29
11. Distribución sector Vivienda R. de Bárbula.....	37
12. Distribución sector Malagón.....	42
13. Vivienda Rural de Bárbula.....	42
14. Distribución sector Malagón Año 1983.....	52
15. Distribución sector Malagón Año 2020.....	52
16. Obstrucción en sistema de drenajes Vivienda R. de Bárbula.....	53

17. Uso de Rio Agua Linda como abastecimiento .....	54
18. Delimitación de cuencas y patrón de drenaje.....	56
19. Perfil de elevación cuenca 1.....	57
20. Perfil de elevación cuenca 2.....	57
21. Perfil de elevación Boulevard Malagón.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>pág.</b>
1. Características geográficas y demográficas de los sectores Vivienda R. de Bárbula y Malagón.....	41
2. Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: dique.....	63
3. Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: zanjas filtrantes.....	64
4. Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: pavimentos permeables.	66
5. Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: Cosecha de agua.....	64
6. Factibilidad técnica dique.....	68
7. Factibilidad técnica zanja de infiltración .....	69
8. Factibilidad pavimento permeable.....	70
9. Factibilidad cosecha de agua.....	71
10. Factibilidad técnico, ambiental de alternativas.....	72
11. Análisis de selección obra: Dique .....	73
12. Análisis de selección obra: Zanjas de infiltración.....	73
13. Análisis de selección obra: pavimentos permeables.....	74
14. Análisis de selección obra: cosecha de agua .....	75



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y  
APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS  
SECTORES MALAGON Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO  
NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**

**Autor:** Abigail Flores.

**Tutor:** Ing. Emerly Castillo.

**Fecha:** Febrero, 2020.

**RESUMEN**

El presente trabajo desarrolló un estudio de factibilidad en los sectores Vivienda de Bárbula y Malagón ubicados en el municipio Naguanagua del estado Carabobo con el objetivo de evaluar la alternativa más eficiente desde el punto de vista ambiental y técnico para el manejo, control y aprovechamiento de los excedentes de agua de lluvia en la zona. Para lograr tal objetivo, se realizó un diagnóstico previo del área con el fin de obtener la información necesaria para la selección de las alternativas a evaluar, durante el desarrollo de la investigación se implementaron conocimientos de ingeniería civil, especialmente en las áreas de hidrología, hidráulica y ambiente además, se hace uso de aplicaciones de software como Google Earth y Global Mapper para la recopilación de información y datos de estudio.

**Descriptor:** Factibilidad, control de excedentes, aprovechamiento.

## INTRODUCCIÓN

Las inundaciones provocadas por las lluvias generan el mayor número de desastres naturales registrado a nivel mundial, afectando en gran medida a la población, ocasionando pérdidas tanto materiales como de vidas humanas y el consecuente deterioro a nivel económico, social, ambiental y de salud en las zonas afectadas.

Con frecuencia, Venezuela se encuentra amenazada por el riesgo de inundación en la mayoría de sus estados siendo unas zonas más vulnerables que otras ante tal situación, como es el caso de amplios sectores del estado Carabobo cuyas condiciones de relieve, geomorfología, hidrología y distribución poblacional lo hacen propenso a frecuentes inundaciones durante las épocas de lluvia, municipios pertenecientes al mismo han presentado situaciones de emergencia por crecidas y desbordamientos de los ríos, también se presentan fallas en los sistemas de drenajes, los cuales no cuentan con las condiciones adecuadas para manejar la escorrentía generada por las respectivas áreas drenadas, situación que se observa en los sectores Vivienda Rural de Bárbula y Malagón pertenecientes al norte del municipio Naguanagua del estado Carabobo además, estos sectores han tenido un crecimiento de población no planificado, ni regulado, que los hace más propensos a sufrir daños.

Aunque existe esta situación de riesgo durante las crecidas por los volúmenes de escorrentía que las cuencas generan, la población sufre las consecuencias de la insuficiencia en la prestación del servicio de agua potable proveniente de la red de acueductos, esta paradoja plantea un gran reto para generar opciones que puedan manejar excedentes y a la vez aprovecharlos como fuente de abastecimiento.

La investigación se desarrolló bajo la modalidad de proyecto factible, y diseño no experimental, la cual se estructuró en cuatro capítulos los cuales son:

**Capítulo I:** consta del planteamiento y formulación del problema, los objetivos generales y específicos, la justificación y el alcance de la investigación.

**Capítulo II:** comprende el marco teórico, hace referencia a los antecedentes y bases teóricas que sustentan la investigación incluyendo la definición de términos básicos.

**Capítulo III:** constituye el marco metodológico de la investigación, donde se describe el tipo y diseño de investigación, especifica la población y muestra de estudio, técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

**Capítulo IV:** se presentan los resultados obtenidos en la investigación, conjuntamente con el análisis e interpretación de los mismos.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Las inundaciones se producen en el planeta como consecuencia de diversos factores estos pueden ser fenómenos meteorológicos naturales, construcciones, actividades humanas o incluso debido al cambio climático; estas se consideran el desastre natural que se presenta con mayor frecuencia a nivel mundial según estadísticas presentadas por Statista Research Department reflejan que para el año 2018 las inundaciones representaron un 38% de los desastres naturales ocurridos en el mundo, además de ser el evento más frecuente, se considera el desastre natural más dañino y peligroso al cual se encuentran expuestos muchos países, teniendo un impacto negativo en varios niveles.

A nivel económico provocan grandes pérdidas en bienes materiales, sumando el costo de inversión para la reconstrucción de dichas estructuras lo cual a su vez se traduce en un impacto social al ocasionar la pérdida de viviendas dejando miles de familias damnificadas, también generan daños medio ambientales afectando las tierras agrícolas, los cultivos y la producción de alimentos, perjudican tanto a los seres humanos como la fauna y flora, estas afectan la salud ya que aumentan el riesgo de enfermedades de transmisión fecal-oral y/o por agentes patógenos como malaria, dengue, leptopirosis, fiebre amarilla selvática o cólera.

Los habitantes de las zonas afectadas se encuentran expuestos a sufrir lesiones de diversos tipos como consecuencia de árboles caídos, líneas eléctricas, escombros, objetos cortantes y todo tipo de desechos arrastrados o generados durante la ocurrencia del fenómeno natural. Según un informe presentado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) basados en estadísticas presentadas por el Centro de Investigación sobre Epidemiología de los Desastre (CRED) en los últimos 20 años se ha generado un promedio anual de más de 4.000 millones de heridos o damnificados y 30.000 muertes por efectos de las inundaciones.

En Venezuela las inundaciones por efecto de las lluvias han dado lugar a situaciones de grave riesgo colectivo o catástrofes, como es el caso de las tragedias del Limón (1987), Vargas (1999) y Mocotíes (2005), donde los deslizamientos de tierra provocados por las precipitaciones generaron numerosas pérdidas humanas y materiales. De acuerdo a la data de estudios y desastres registrada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Funvisis) de los 10.418 eventos que han afectado a Venezuela alrededor de 4.910 responden a eventos de carácter hidrometeorológico de los cuales, 293 se encuentran registrados en el estado Carabobo donde las inundaciones son frecuentes y severas, como lo reseñan distintos diarios de la región:

- 10 de septiembre de 2013. Noticias Ahora “Fueres lluvias dejaron anegaciones en la Gran Valencia”.
- 1 de diciembre de 2016. Diario El Estímulo. “Lluvias afectan a cinco municipios de Carabobo: San Diego, Los Guayos, Guacara, Naguanagua y Valencia son las zonas en las que las precipitaciones registradas por más de 5 horas continuas causaron inundaciones, derrumbes y desbordamientos de ríos”
- 10 de agosto de 2017. Diario El Nacional “Reportan inundaciones tras fuertes precipitaciones en Carabobo”
- 5 de octubre de 2018. Noticias Diarias. “Fueres lluvias en valencia causaron fuertes inundaciones al norte de valencia”
- 16 de julio de 2019. Diario El Carabobeño “Fuerte aguacero causó inundaciones en distintos municipios de Carabobo. Precipitaciones de moderadas a fuertes dejaron zonas anegadas en los municipios Valencia, San Diego, Naguanagua, Libertador, Los Guayos, Guacara, Puerto Cabello parte extrema sur y montañosa y Bejuma”.
- 10 de agosto de 2019. Diario El Carabobeño. “Inundados sectores de Valencia, Naguanagua y San Diego. Inundaciones en varios municipios carabobeños. Naguanagua y San Diego reportan las mayores anegaciones, seguidos por Valencia, Los Guayos y Guacara”.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se puede observar que durante los últimos años los municipios más afectados por las precipitaciones han sido Valencia, San Diego, Libertador, Los Guayos, Guacara, y Naguanagua, este último se encuentra ubicado en la región norte del estado Carabobo, hidrográficamente pertenece a las cuencas del Mar Caribe y del Orinoco, las principales corrientes fluviales son los ríos: Cabriales, Agua Caliente, Retobo y Guataparó, el primero de estos atraviesa de Norte a sur el municipio, haciéndolo susceptible a desbordamientos en épocas de lluvias. Durante el período lluvioso que comprende los meses de Mayo a Noviembre de cada año, se descarga el 86.5% del total de lluvias. Durante este periodo el municipio es fuertemente afectado siendo los sectores, Mañongo, Las Quintas, Girardot, Los Mangos, Avenida 190, La Campiña, Urbanización Santa Eduvigis conocida como Vivienda Rural de Bárbula y el sector Malagón los que han registrado mayores secuelas.

Los sectores Vivienda de Bárbula y Malagón conforman una de las áreas más vulnerables y con altas probabilidades de riesgo de inundación, ya que la precipitación sobrepasa en la mayoría de los casos las capacidades normales de infiltración de agua, los sistemas de drenajes no cuentan con el diseño requerido y presentan fallas de mantenimiento, por otra parte, se puede observar que durante los últimos años ha ocurrido un aumento considerable de población encontrándose asentamientos humanos de diferentes estratos sociales en zonas propensas a deslizamientos lo cual las hace más vulnerables a sufrir daños. El crecimiento acelerado en estas comunidades de forma no organizada no sólo los hace propensos ante un desastre natural, si no que trae consigo otras consecuencias que afectan a la comunidad como la insuficiencia de los servicios por el aumento en la demanda de los mismos. El servicio de agua potable es racionado constantemente durante días, semanas o incluso meses, tiempo durante el cual estas comunidades se ven gravemente afectadas en materia de salubridad, aumentando el riesgo de contraer enfermedades principalmente en los infantes y la propagación de afecciones de salud en todo el sector, lo cual representa un retraso en el desarrollo normal de actividades cotidianas afectando en gran manera la calidad de vida de los habitantes del sector.

Debido a los motivos expuestos anteriormente, la presente investigación se enfoca en presentar y evaluar la propuesta más adecuada para prevenir y controlar los daños de inundaciones producto de las precipitaciones y a su vez presentar una alternativa para el aprovechamiento de estos excedentes que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes en la zona.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo se puede aprovechar los excedentes de agua de lluvia y mejorar la calidad de vida de los habitantes de los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar un estudio de factibilidad que presente la mejor alternativa para el manejo, control y aprovechamiento de aguas de lluvias en los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula del municipio Naguanagua estado Carabobo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar las condiciones actuales de la zona.
- Identificar las obras hidráulicas para el control y almacenamiento de agua que pueden implementarse en el área.
- Evaluar las opciones para el control de inundaciones a nivel ambiental y técnico en los sectores de estudio.
- Seleccionar la alternativa de proyecto que permita el manejo, control y aprovechamiento de excedentes de agua de lluvia en los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula.

## **1.4 Justificación**

El control de excedentes de agua de lluvias beneficia a estas comunidades en el ámbito económico, social y ambiental. Al disminuir el riesgo de inundaciones se evitan pérdidas de vidas humanas y materiales, se disminuye el riesgo de contraer enfermedades como dengue y epidemias cuya propagación es más rápida luego de producirse inundaciones.

Realizar el control y manejo de agua de lluvias por medio de obras que permitan su aprovechamiento presenta una posible solución a otras problemáticas

que enfrentan los habitantes de estos sectores, además de poder controlar los excedentes de agua durante la época de invierno, lo cual contribuye con los sistemas de drenajes existentes ya que pueden tener una respuesta más rápida y eficiente durante la precipitación y disminuir el riesgo de deslizamientos de tierra que pongan en peligro la vida de las personas. También, se abre una posibilidad a estas comunidades de hacer uso de estos excedentes de modo que puedan ser aprovechados transformándose así en una comunidad sostenible.

Por otra parte, la factibilidad de este trabajo de grado aporta a los habitantes de los sectores Malagón y Vivienda de Bárbula una propuesta que contribuye a alcanzar algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030 presentada por la Organización de las Naciones Unidas, los ODS son una agenda inclusiva desarrollada por la ONU donde se abordan las causas fundamentales de la pobreza e integra a los países para lograr un cambio positivo en beneficio de las personas y el planeta, el objetivo número 6 de esta agenda contempla agua limpia y saneamiento y su objetivo 11 ciudades y comunidades sostenibles.

De modo que la factibilidad de este proyecto representa una opción capaz de generar múltiples beneficios a los habitantes de las comunidades y su implementación en un futuro representa un modelo a seguir para otras comunidades y ciudades en el ámbito de la sostenibilidad dentro del país.

Adicionalmente, la presente investigación, permitirá desarrollar nuevos trabajos e investigaciones referidas al uso del agua de lluvias con fines de aprovechamiento, y servirá como antecedentes a investigaciones posteriores.

### **1.5 Alcance**

El trabajo de grado tiene como zona de estudio los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula del municipio Naguanagua Estado Carabobo y se desarrolla a nivel de factibilidad para evaluar distintas opciones que pueden plantearse y abordar la solución de la problemática.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1 Antecedentes de la investigación.**

Todo trabajo de investigación se desarrolla en atención al conocimiento disponible aportado por investigaciones precedentes, es decir, se enmarca en un cuerpo de conocimientos que han sido producidos por investigadores a través de estudios realizados con anterioridad. De esta manera en la presente investigación se citaran los siguientes trabajos previos:

García, E. Giovannucci, D. (2016), desarrollaron un trabajo especial de grado para optar por el título de Ingeniero Civil de la universidad Católica Andrés Bello titulado **“Diseño de un sistema de almacenaje de agua, utilizando las quebradas del Ávila a fines de uso de riego”**. Presenta un estudio para el aprovechamiento de los volúmenes de agua que se pueden captar de las quebradas del parque Waraiara Repano, específicamente en las quebradas Chacaíto, los Chorros y Tacamahaca, los volúmenes captados son provenientes de las lluvias que caen sobre el área de sus cuencas y escurren hacia los cauces principales, este proyecto plantea un dique-toma y un sistema de tuberías con la finalidad de surtir por gravedad dos tanques ubicados estratégicamente que permitan el aprovechamiento del agua para riego del parque y zonas verdes, así como también poseer reservas contra incendios forestales. El trabajo de grado mencionado apporto conocimientos teóricos y técnicos a la investigación, además de presentar una alternativa para el manejo de excedentes de agua de lluvia aplicable en la investigación.

Así mismo, Brandt, J. Nieto, J. (2005), elaboraron un trabajo especial de grado para optar por el título de ingeniero civil en la universidad Rafael Urdaneta titulado **“Diseño de lagunas de detención para control de inundación en el municipio San Cristóbal sector Las Lomas Estado Táchira”**. El mismo, plantea un estudio de factibilidad donde se propone el uso de lagunas de detención con el fin de mitigar o controlar los daños por inundación producidos en el sector Las

Lomas del estado Táchira, por la creciente y desbordamiento de la quebrada La Blanca. El estudio contempla una fase de diagnóstico de la cuenca por medio de estudios hidrológicos, posteriormente haciendo uso de los datos obtenidos se presenta la propuesta de diseño la cual establece la cantidad de lagunas a utilizar, las dimensiones del diseño y materiales de fabricación. Tal investigación apporto bases teóricas para el estudio hidrológico de las cuencas estudiadas.

Por último, Castrillón, Y. (2014), realizo un trabajo de grado para optar por el título de ingeniero sanitario en la Universidad del Valle, Cali Colombia, titulado **“Estrategias para el control de inundaciones en la zona urbana de la cuenca del río Meléndez”**, este proyecto muestra la evaluación de diferentes estrategias para el control de inundaciones que afectan a los habitantes de la cuenca del río Meléndez ubicada en la ciudad de Cali, Colombia. En el estudio se presenta un diagnóstico de las condiciones y áreas de mayor riesgo de inundación dentro de la cuenca, evaluando la factibilidad de tres propuestas para el manejo de inundaciones, la primera de estas contempla el uso de diques, recuperación del río en tramos críticos y ampliación de los puntos de descarga en los canales.

La segunda propuesta se evalúa un embalse en la cuenca media del río con implementación de sistemas de drenajes urbanos sostenibles. Y la tercera propuesta presentada, comprende la combinación de las dos anteriores, con el uso de sistemas de drenaje sostenible y el dragado del río en tramos críticos. La investigación apporto alternativas aplicables para el control de inundaciones que involucran la sostenibilidad, así como también presenta estrategias para su evaluación que son aplicables en el desarrollo de esta investigación, por otra parte proporciono sustento teórico a la investigación que contribuye al estudio hidrológico de la zona en estudio.

## **2.2 Bases teóricas**

A continuación se presentan los fundamentos teóricos que sirven de soporte para el desarrollo de la presente investigación.

### **2.2.1 Ciclo hidrológico del agua**

El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes

estados líquido, gaseoso y sólido. Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía solar y la gravedad. El agua de la Tierra se distribuye en tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera, entre los cuales existe una circulación continua.

El concepto de ciclo hidrológico y el conocimiento de su funcionamiento no sólo son de interés para la hidrología o la meteorología. Comprender el ciclo hidrológico del agua y cuáles son sus variables es de suma importancia para la planificación del uso de los recursos hidráulicos, esclarecer una serie de conceptos vinculados al uso de las aguas y alcanzar el objetivo de captación y aprovechamiento del agua. A continuación se desglosan los procesos involucrados en el ciclo hidrológico del agua:

- **Evaporación:** da inicio al ciclo sobre todo en las grandes superficies líquidas lagos, mares y océanos, donde la radiación solar favorece la continua formación de vapor de agua.
- **Condensación:** el agua en forma de vapor sube y se condensa formando las nubes, constituidas por agua en pequeñas gotas.
- **Precipitación:** cuando por condensación las partículas de agua que forman las nubes alcanzan un tamaño superior a 0,1 mm. comienzan a formarse gotas, las cuales caen por gravedad dando lugar a las precipitaciones manifestándose en forma de lluvia, granizo o nieve.
- **Retención:** parte del agua que se precipita es retenida por la vegetación, edificios, vialidades entre otros, esto se le conoce como agua de intercepción; otra parte queda retenida en lagos, embalses, entre otros.
- **Infiltración:** ocurre cuando el agua que alcanza el suelo, penetra a través de sus poros y pasa a ser subsuperficial, al alcanzar estratos más profundos se convierte en subterránea. La proporción de agua que se infiltra y la que circula en superficie depende de la permeabilidad del sustrato, de la pendiente y de la cobertura vegetal. Parte del agua infiltrada vuelve a la atmósfera por evaporación o por la transpiración de las plantas, que la extraen con raíces más o menos extensas y profundas. Otra parte se incorpora a los acuíferos, niveles que contienen agua estancada o circulante.

- **Escorrentía:** este término se refiere a los diversos medios por los que el agua líquida se desliza cuesta abajo por la superficie del terreno. Por medio de esta se alimenta a los ríos, mares, océanos, embalses o cuencas y es la causante de la erosión de diversos terrenos.

La escorrentía varía de acuerdo a cuatro factores naturales los cuales son:

a) **Factor meteorológico:** de acuerdo a la intensidad de las precipitaciones y cambios de temperatura.

b) **Factor geográfico:** se refiere a la zona geográfica y la morfología de la misma.

c) **Factor hidrogeológico:** se refiere a la permeabilidad de los suelos, sus capas y profundidad.

d) **Factor biológico:** relacionado con la superficie de la vegetación y las acciones del ser humano.

Existen dos tipos de escorrentías las cuales varían según su origen, superficial y subterránea.

La escorrentía superficial se deriva de las precipitaciones, derretimiento de la nieve y de los glaciares. Este tipo de escorrentías son las que llegan a los océanos, ríos y mares, es la más rápida y es la causante principal de la erosión de los suelos. Por otra parte, se debe recordar que este tipo de escorrentía se ven afectadas por la actividad del ser humano, por ello, éstas transportan desechos sólidos, químicos y demás desperdicios que afectan negativamente al agua y medio ambiente.

La escorrentía subterránea ocurre debajo del suelo una vez infiltrada el agua. En este caso, el agua circula de manera horizontal y, luego, puede volver a fluir en el exterior en forma de manantial. Esta escorrentía es mucho más lenta que la superficial.

- **Fusión:** este cambio de estado se produce cuando la nieve pasa a estado líquido al producirse el deshielo.
- **Solidificación:** proceso en el cual al disminuir la temperatura en el interior de una nube por debajo de 0° C, el vapor de agua o el agua misma se congelan, precipitándose en forma de nieve o granizo.

### 2.2.2 Cuenca

Aparicio, F (1992), define la cuenca “como una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida”.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.

### 2.2.3 Elementos de la cuenca

Las cuencas se ven influenciadas por dos tipos de elementos físicos y socio culturales.

Entre los elementos físicos se encuentran:

- **Relieve:** está formado por todo aquello que sale de una superficie plana o que la modifica. Suele emplearse para denominar las elevaciones y depresiones en el planeta.
- **Red de drenaje:** es el conjunto de canales que conducen la escorrentía superficial.
- **Suelos:** estos determinan la capacidad de infiltración, volúmenes de escurrimiento superficial, nivel de erodabilidad y el arrastre de sedimentos.
- **Cobertura superficial:** se refiere a los tipos de coberturas naturales o artificiales que se encuentran en el área de la cuenca.
- **Clima:** es la agrupación de fenómenos meteorológicos (temperatura humedad, presión atmosférica, precipitaciones y vientos) que caracterizan el estado medio de la atmósfera, en un lugar determinado de la superficie de la tierra, basado en observaciones prolongadas.
- **Paisaje:** es el resultado de una serie de eventos y fenómenos que inciden sobre los elementos físicos, biológicos y, en ocasiones, humanos, de un lugar determinado.

Los elementos socio culturales que guardan relación con la cuenca son: poblaciones, corredores, redes de servicios y el paisaje.

#### 2.2.4 Factores Característicos de las cuencas

Las cuencas presentan las siguientes características:

1. **Parteaguas:** línea imaginaria formada por los puntos de mayor cota, la cual separa la cuenca de las cuencas vecinas.
  2. **Área de la cuenca:** es la superficie en proyección horizontal delimitada por el parteaguas.
  3. **Corriente principal:** es la corriente que pasa por la salida de la misma, las cuencas tienen solo una corriente principal.
  4. **Corrientes tributarias:** son las distintas bifurcaciones que se presentan en la cuenca y no forman parte de la corriente principal.
  5. **Orden y densidad de la cuenca:** el orden es un número que refleja el grado de ramificación del Sistema de Drenaje de la cuenca. La clasificación de los cauces de una cuenca se realiza a través de las siguientes premisas:
    - a) Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
    - b) Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden  $n$  se forman cuando dos cauces de orden  $n-1$  se unen.
    - c) Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
    - d) El orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce principal a la salida.
- La densidad de la cuenca es un indicador del grado de bifurcación y eficiencia de la cuenca, existe la densidad de corriente que se define como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área y la densidad de drenaje la cual indica la longitud de corrientes por unidad de área. Si la densidad y orden de la cuenca presenta valores elevados es indicativo de que esta tiene una capacidad de respuesta rápida ante una tormenta, los suelos en estas áreas son relativamente permeables presentan erosión, cobertura vegetal escasa y pendientes altas.
6. **Pendiente del cauce principal:** es uno de los principales indicadores del grado de repuesta de una cuenca, debido a que la pendiente varía a lo largo del cauce es necesario definir una pendiente media, para ello existen varios

métodos a continuación se presentan dos de los métodos más utilizados para su cálculo:

- a) Aparicio, F (1992), indica que “la pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividido entre su longitud medida en planta.”, Este método se recomienda cuando no se presentan grandes variaciones en los niveles de cota del cauce principal.

Se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$P_{ceq}$ : perímetro de una cuenca circular de área igual a la de la cuenca en estudio.

A: área de la cuenca en estudio en  $Km^2$

Si:  $K_c = 1$  la cuenca es de forma circular.

Si:  $K$

Si:  $K$  irregular.

Este coeficiente proporciona información de la escorrentía, mientras más grande sea el valor de  $K_c$  la cuenca es menos susceptible a inundaciones.

2. **Factor de Forma (Ff):** definido, como el cociente entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud del cauce principal. Se obtiene haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$Ff = B/L_c$$

$$B = A/L_c$$

$$Ff = A/L_c^2$$

Donde:

B = ancho Promedio de la cuenca (Km).

A = área de la cuenca ( $Km^2$ )

$L_c$  = longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta.

Esta ecuación muestra que las cuencas no son similares en forma. A medida que el área aumenta, su relación  $A/L^2$  disminuye, lo cual indica una tendencia al alargamiento en cuencas grandes.

3. **Relación de Elongación (Re):** es la relación entre el diámetro de un círculo (D) de área igual a la cuenca y la longitud de la cuenca ( $L_c$ ) y puede ser calculado como:

Donde:

Re: relación de alargamiento.

D: diámetro de un círculo con igual área de la cuenca en estudio.

A: área de la cuenca en estudio en  $Km^2$ .

Lax: longitud axial.

En regiones montañosas  $Re < 0.6$

En relieves pronunciados  $0.6 < Re < 0.8$

En zonas planas, poco accidentadas  $Re > 0.8$

#### **2.2.5.2 Parámetros de relieve.**

1. **Pendiente media de la cuenca:** tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.
2. **Curva hipsométrica:** es una curva que representa en el eje de las ordenadas, las elevaciones o altitudes de la cuenca que se ubica a partir de las superficies de la descarga o salida en el eje de las abscisas. Se puede considerar a esta curva como una especie del perfil de cuenca de análisis.

#### **2.2.6 Tiempo de concentración**

Campos, D (2010), define el tiempo de concentración como “el tiempo que tarda el escurrimiento de una tormenta en viajar desde el punto hidráulicamente más distante hasta la salida de la cuenca o sitio del proyecto”.

#### **2.2.7 Coeficiente de escorrentía**

Refleja la habilidad de la cuenca para convertir lluvia en escurrimiento, teóricamente varía de 0 a 1. La lluvia máxima que llega a la salida de la cuenca, depende básicamente del porcentaje de superficie impermeable, de su pendiente y de las características de la superficie ante el encharcamiento.

#### **2.2.8 Inundaciones**

Se definen como el desborde o la acumulación accidental de agua en una región de territorio que normalmente está seca, usualmente como consecuencia de fenómenos meteorológicos o de desbalances en el nivel hídrico de las regiones.

De acuerdo a Campos, D (2010),

“Las inundaciones provocadas por el desbordamiento de un río se denominan fluviales y pueden ocurrir en zonas urbanas porque una red de cauces atraviesa la ciudad, o porque la misma este ubicada en una planicie de inundación. Las inundaciones denominadas urbanas se originan porque la red de drenaje pluvial o

alcantarillado es insuficiente, de manera que se acumula escurrimiento en las calles y zonas bajas, además los colectores pluviales pueden aportar escurrimiento en las zonas bajas cuando son sobrecargados y el agua brota por las bocas de visita. Estas inundaciones duran horas y sus láminas alcanzadas no rebasan los 50 cm".

#### **2.2.8.1 Factores que contribuyen a las inundaciones.**

En ambientes urbanos las inundaciones pueden ser consecuencia de factores naturales, humanos o una combinación de ambos.

Entre los factores naturales pueden tener incidencia los factores meteorológicos y los hidrológicos. Los factores meteorológicos hacen referencia a lluvias, tormentas ciclónicas, tormentas a pequeña escala, temperatura, nevadas y derretimiento de nieve. Entre los factores hidrológicos por su parte, se contemplan humedad y saturación del suelo, lámina de agua antes de tormentas, disminución tasa de infiltración natural, presencia de superficies impermeables, disminución o afectación natural de cauces de quebradas y ríos, sección y rugosidad de canales, inadecuada capacidad de embalses o estructuras naturales de retención de caudales.

Los factores humanos relacionados con el aumento del riesgo de inundación comprenden:

- Cambios en el uso del suelo (deforestación, impermeabilización de tierras para urbanizar) lo cual incrementan el escurrimiento.
- Ocupación de llanuras de inundación obstruyendo el flujo.
- Ineficiencia o falta de mantenimiento de infraestructura.
- Drenaje mal concebido aguas arriba, que incrementa los picos de caudal.
- Cambio climático natural acelerado por el hombre, lo cual afecta la magnitud y frecuencia de precipitaciones e inundaciones.
- Estructuras de retención de caudales deficientes.
- Uso de parámetros inadecuados en los diseños de drenaje.
- Estructuras viales no adecuadas.

#### **2.2.8.2 Evaluaciones de riesgo de inundación Urbana.**

La evaluación de riesgos permite identificar todos los posibles peligros antes de planear o implementar medidas para la mitigación de inundaciones. Esta evaluación debe contemplar las características hidrológicas e hidráulicas así como

también, las características económicas, políticas, socioculturales y ecológicas de las zonas inundables, tomándose en cuenta el impacto que tendrá en el futuro la urbanización u otras actividades de desarrollo. El resultado de la evaluación proporcionara información de la probabilidad de la ocurrencia de un peligro y el respectivo potencial de pérdida.

Es importante recolectar y organizar información de áreas que se han inundado en eventos pasados, esto permitirá que las medidas que se implementen para el manejo de inundaciones tengan en cuenta las zonas más vulnerables y expuestas a los mayores riesgos la evaluación del riesgo basada en la probabilidad de ocurrencia y pérdidas esperadas puede llevar a medidas eficientes y efectivas.

#### **2.2.8.3 Manejo sostenible de inundaciones.**

De acuerdo a Andjelkovic (2001), el desarrollo sostenible representa "un nuevo enfoque que estipula que las necesidades humanas del presente deben atenderse sin socavar los recursos y la base ecológica que las generaciones futuras necesitan para satisfacer sus propias necesidades". El logro de los objetivos económicos, sociales y políticos también corresponde al desarrollo sostenible.

El manejo de aguas pluviales y control de inundaciones son claves para el desarrollo sostenible, por lo tanto las soluciones a los problemas en el sector de agua y saneamiento deben tener un enfoque integral, teniendo en cuenta la comunidad, las condiciones ambientales y las opciones tecnológicas, de manera tal que exista una relación armónica entre estos las necesidades, aspiraciones y posibilidades económicas de la comunidad y el medio ambiente.

#### **2.2.8.4 Estrategias para el control de inundaciones.**

Las inundaciones pueden ser controladas a través de medidas estructurales, no estructurales y sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).

- 1. Medidas estructurales:** controlan el flujo de agua usualmente por construcción de infraestructura o manejo ambiental.

Estas pueden ser de transporte y almacenamiento como los diques y embalses, modificación de ríos a través de dragado, modificación del cauce y eliminación de vegetación y basura, restauración de llanuras de inundación y

sistemas de drenajes tales como alcantarillas, cunetas, lagunas de retención entre otros.

2. **Medidas no estructurales:** se basan en un buen conocimiento de los peligros de inundaciones y sistemas de pronóstico, Estas medidas no requieren las grandes inversiones. Entre estas encontramos:
  - Medidas de respuesta de emergencias las cuales consisten en manejo de comunicación e información al público, coordinación búsqueda y rescate, abastecimiento y distribución alimentos, coordinación de voluntarios y manejo de donaciones.
  - Medidas para la preparación de inundaciones están constituidas por sistemas de alerta temprana, políticas de desarrollo, regulación uso del suelo, fortalecimiento de estructura social local, y entrenamiento.
  - Aspectos ambientales consisten en Planes de control de contaminación.
  - Legislación Leyes, regulaciones, decretos.
3. **SUDS:** sistemas de drenaje de aguas superficiales que se desarrollan teniendo en cuenta los ideales del desarrollo sostenible. La filosofía de los SUDS es replicar lo más cercano posible el drenaje natural de un lugar antes de la urbanización. Ejemplo de estos son techos verdes, pavimentos permeables, recolección de aguas de lluvias, zanjas de infiltración, depósitos de infiltración, drenes filtrantes, cunetas verdes, franjas filtrantes.

### **2.2.9 Obras de captación de agua**

Las obras de captación son las obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea.

Dichas obras varían de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento su localización y magnitud.

### **2.2.10 Obras utilizadas para el control y almacenamiento de agua**

#### **1. Estanques de almacenamiento**

Un estanque de almacenamiento es aquel que se utiliza para almacenar agua potable compensando las variaciones de consumo para ofrecer un servicio continuo, adicionalmente mantienen las presiones del servicio en la red de distribución dentro de los límites permitidos por las normas y permiten mantener almacenada cierta

cantidad de agua para atender situaciones de emergencia como incendios o interrupciones por daños en las tuberías de aducción o estación de bombeo.

La ubicación de los estanques se realiza de acuerdo a la necesidad y conveniencia de mantener presiones en la red dentro de los límites de servicio, estos pueden ser construidos sobre el suelo o en algunos casos que requieran elevarlos son construidos sobre torres, se pueden construir de concreto armado o metálicos y su forma puede variar, los más comunes son rectangulares, esféricos y cilíndricos.

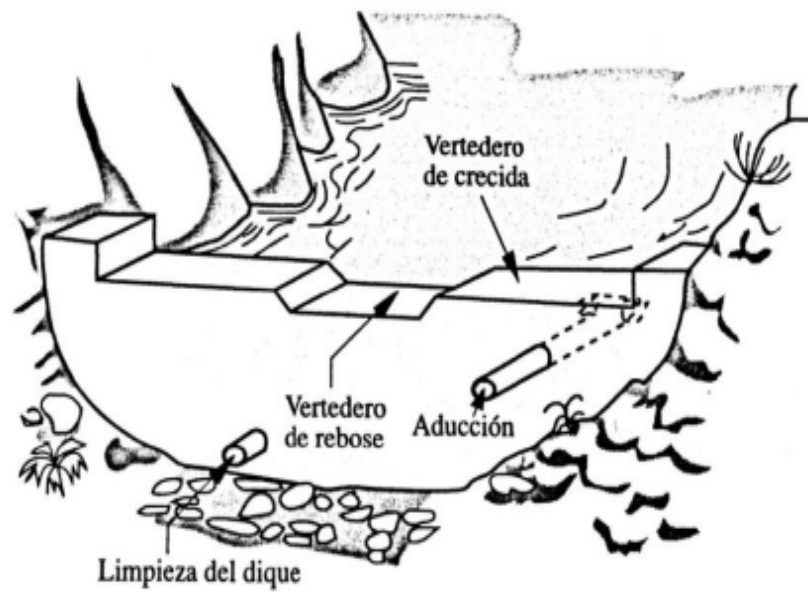
## 2. Diques

Un dique es un terraplén natural o artificial, paralelo al curso de un río; estos pueden ser naturales o artificiales.

- **Diques naturales:** son bancos arenosos que originan los ríos durante las inundaciones, cuando el desbordamiento de éstos hace disminuir la velocidad del agua y permite el depósito de los sedimentos.
- **Diques artificiales:** estos son construidos por el hombre. Pueden ser utilizados para prevenir la inundación de los campos aledaños a los ríos, proteger determinadas áreas contra el embate de las olas y también se utilizan para encajonar el flujo de los ríos a fin de darle un flujo más rápido, estos son conocidos como diques de contención. Estos diques se construye con el fin de lograr contener el empuje del agua tradicionalmente son construidos, amontonando tierra a la vera del río. Amplios en la base y afilados en la cumbre, donde se suelen colocar bolsas de arena. Su principal función es la de prevenir que haya inundaciones.
- **Dique toma:** el dique toma es una obra civil que consiste en un dique de represamiento construido transversalmente al cauce del río, donde el área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central y está protegida mediante rejas que permiten el paso del agua, evitando la entrada de desechos solidos. El empleo de estas captaciones esta aplicado en aguas superficiales de desplazamiento continuo tales como ríos, quebradas, tributarios y canales de irrigación, se aconseja su empleo en ríos de poco caudal y gran pendiente. Deberán ser construidos en el lecho del río de forma que no alteren su perfil longitudinal.

Para torrentes montañosos, son comunes cuatro tipos de dique- Toma, los cuales son:

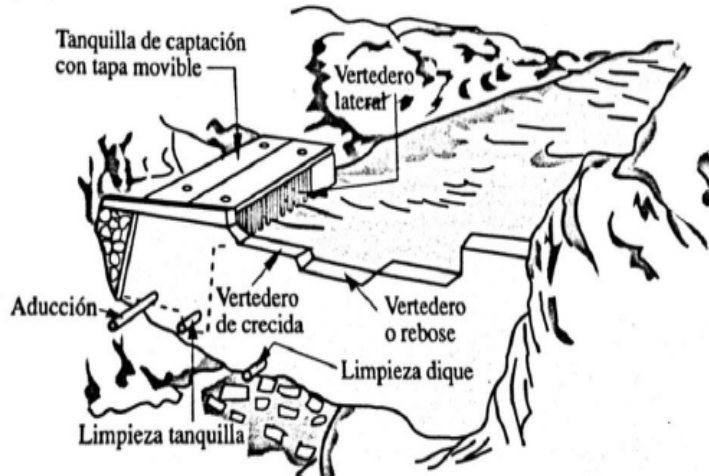
- **Dique toma con captación incorporada, conectada directamente a la aducción.** (Ver figura 1).



### **Dique toma con aducción incorporada.**

Bolinaga 1999. Proyectos de ingeniería hidráulica

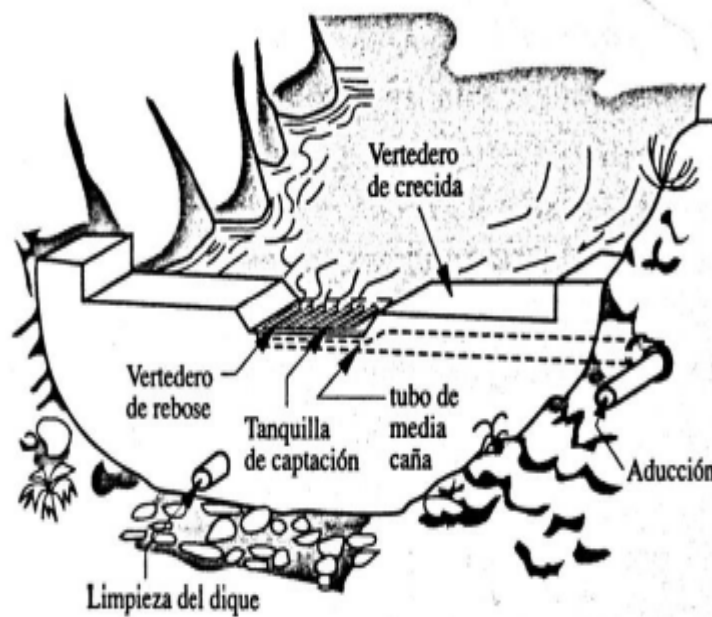
- **Dique toma con captación lateral y rejilla.** (Ver figura 2)



**Dique toma con captación lateral y rejilla.**

Bolinaga 1999. Proyectos de ingeniería hidráulica

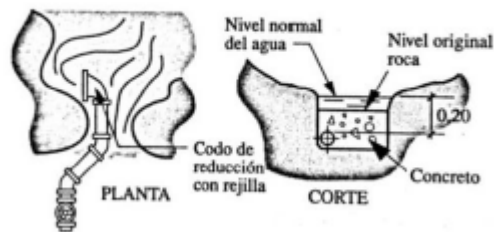
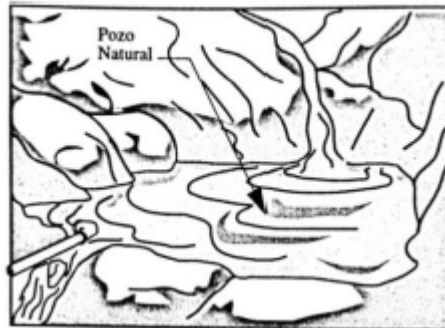
- **Dique toma con captación integrada y rejilla.** (Ver figura 3).



**Dique toma con captación integrada y rejilla.**

Bolinaga 1999. Proyectos de ingeniería hidráulica

- **Captación directa del torrente, sin dique-toma.** (Ver figura 4).



### **Captación directa desde un pozo natural.**

Bolinaga 1999. Proyectos de ingeniería hidráulica

### **3. Lagunas de detención**

Son depósitos que almacenan temporalmente la escorrentía generada aguas arriba, laminando los caudales punta y atenuando los picos de caudal. Esto reduce considerablemente el riesgo de inundación. Como no almacenan agua de forma permanente, también se les llama depósitos secos.

Favorecen la sedimentación de contaminantes eliminándolos así de la masa de agua. Pueden ser compaginados con otros usos, como los recreacionales, en parques e instalaciones deportivas o localizarse en zonas muertas, zonas que no tienen ningún uso en la actualidad ni proyectado a futuro.

### **4. Lagunas de retención**

La detención y retención son términos que tienden a ser confundidos, la detención es mantener la escorrentía por un periodo corto antes de devolverla a su curso de agua natural, la retención es mantener el agua en un sitio de almacenamiento durante un periodo considerable con propósitos estéticos, de consumo, riego entre otros.

La implementación de lagunas de retención es una forma de atenuar el impacto de una lluvia de intensidad moderada a fuerte, este sistema alternativo consiste en una laguna que recibe la escorrentía superficial producida por la tormenta, para luego ser vaciada gradualmente. La diferencia a sistemas similares, como el estanque de retención, es que la laguna mantiene un volumen permanente de agua aparte del que recibe durante una tormenta.

### **5. Zanjas de infiltración**

Estructura de infiltración de pequeña envergadura y de tipo lineal capaz de absorber totalmente la escorrentía generada por la tormenta. En ellos se vierte la escorrentía procedente de las superficies impermeables contiguas y almacenan el agua mientras se infiltra en el terreno natural. Conforman sistemas subterráneos de almacenamiento temporal que se ejecutan generalmente sin presencia de vegetación y favorecen la sedimentación de las partículas y contaminantes arrastrados por el agua, así como la infiltración del agua y la disminución de la escorrentía.

Los diseños de zanjas de infiltración incluyen dos tipos básicos:

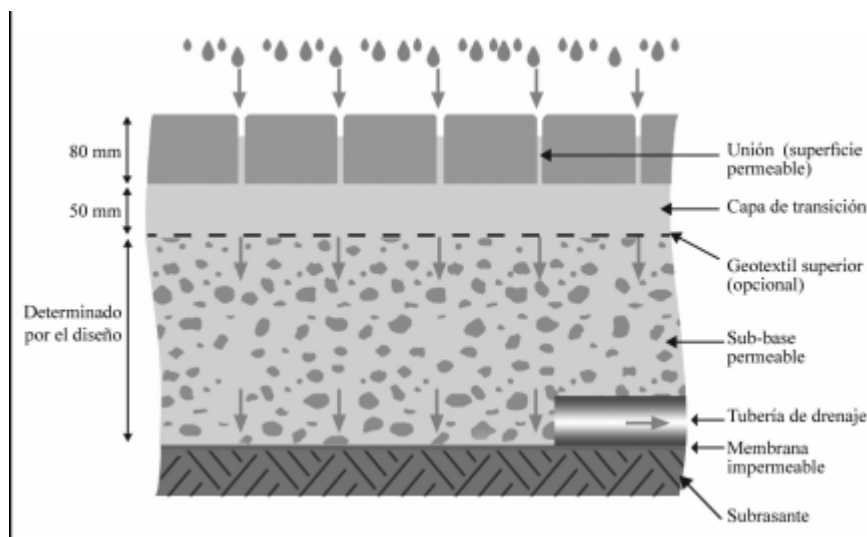
- **Zanja de infiltración completa:** el escurrimiento superficial sólo puede salir de la zanja por infiltración. El volumen de almacenamiento se diseña en este caso para almacenar todo el volumen de escurrimiento superficial. En caso de lluvias mayores a las de diseño el exceso no entra a la zanja y es rechazado superficialmente.
- **Zanja de infiltración parcial o con tubería de drenaje:** la zanja no está diseñada para infiltrar completamente todo el volumen de escurrimiento superficial captado. Parte del volumen se evacua hacia otros elementos o hacia el sistema de drenaje, usando una tubería perforada ubicada cerca de la parte superior de la zanja conectada a un sistema de conducción hacia aguas abajo, para evacuar el exceso de agua.

La profundidad recomendada para las zanjas es de 1 a 3 m, sin embargo la misma dependerá de la naturaleza del terreno, capacidad de absorción del suelo y de la profundidad del manto de agua subterránea, el ancho es variable y puede ser elegido libremente.

## 6. Pavimentos permeables.

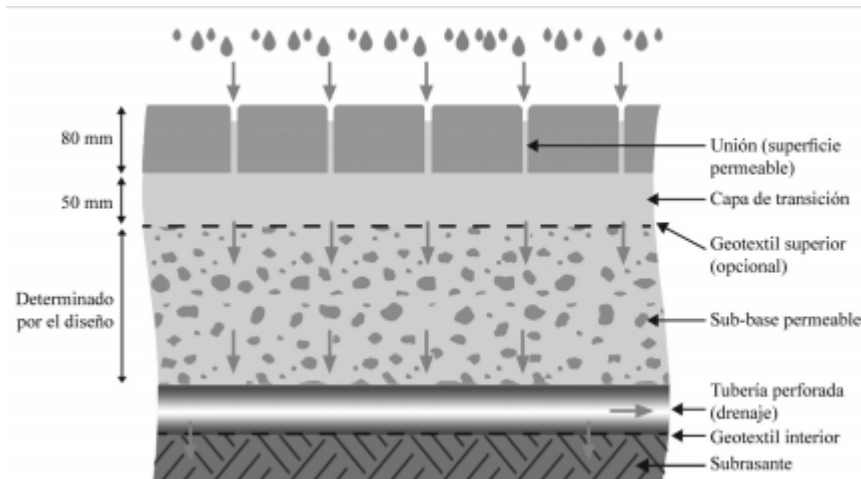
Los pavimentos permeables nacen como una forma alternativa de mitigación del escurrimiento superficial y los caudales pico (generadores de inundaciones) en las zonas urbanizadas, en las cuales la cuenca ha perdido su permeabilidad, el objetivo de estos sistemas es generar zonas donde el agua se infiltre o se almacene y se amortigüe la cantidad de agua de lluvia precipitada aumentando sus tiempos de concentración. La estructura de los pavimentos permeables consiste por lo general en tres capas:

- **Superficie de rodamiento:** permite la entrada del agua, puede ser de diferentes materiales como asfalto, concreto (pavimentos porosos), arcilla, grava, pasto
- **Base de material granular fino:** la cual permite una instalación adecuada de la superficie de rodamiento
- **Matriz de material granular:** material granular de gran tamaño o módulos o geo-células plásticas donde el agua se almacena (sub-base). La sub-base se puede utilizar para infiltrar y retener el agua parcial o completamente. (Ver figura 5).



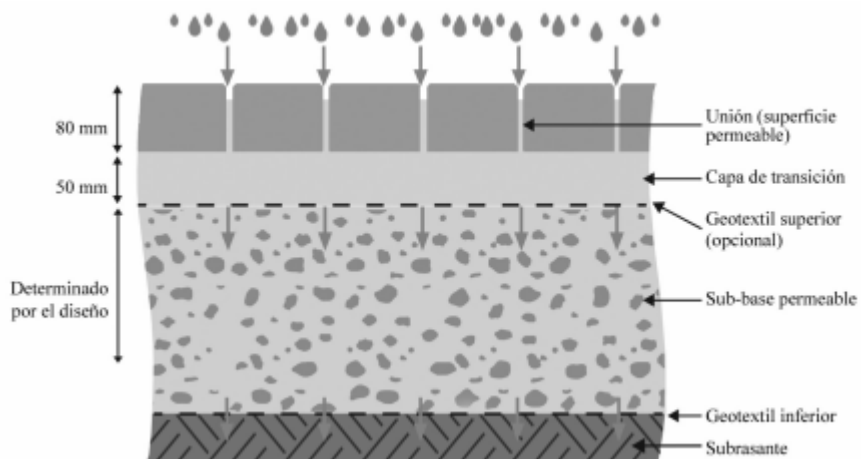
**Estructura de pavimento permeable con infiltración total**

En el caso de la infiltración, el suelo natural (subrasante) debe tener la capacidad para recibir estas aguas (recarga de acuíferos). (Ver figura 6).



**Estructura de pavimento permeable con infiltración parcial**

El caso de retención se utiliza cuando el suelo natural tiende a ser impermeable o cuando se quiere hacer uso del agua. (Ver figura 7).



**Estructura de pavimento permeable sin infiltración**

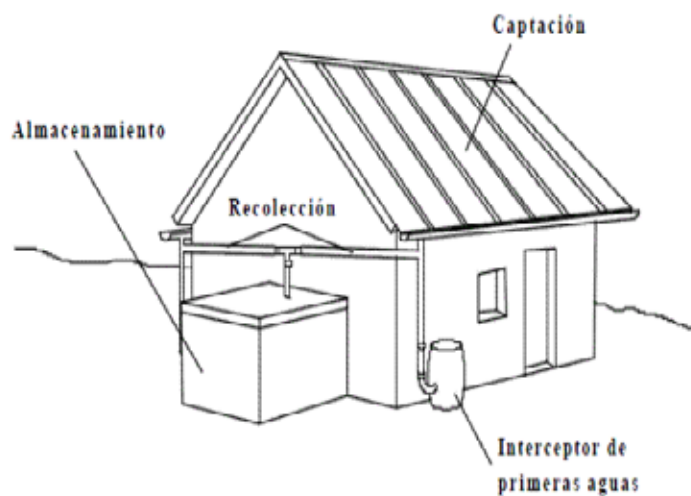
En la actualidad el concreto permeable es considerado por la EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos como una de las

prácticas de mejor administración para el control de los escurrimientos torrenciales, sobre una base local o regional.

### 7. Cosecha de agua de lluvia.

Consiste en la captación de la precipitación pluvial para usarse en la vida diaria. La cantidad de agua que puede cosechar depende de la intensidad de la lluvia, su duración (tiempo), área del sitio que capta la lluvia, porcentaje de pendiente, tipo de suelo y las condiciones de vegetación. A continuación se presentan algunas técnicas prácticas para la cosecha de agua de lluvia.

- **Captación de techos:** la captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. (Ver figura 8). Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son: plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.



#### CAPTACIÓN EN TECHO

#### **Cosecha de agua. Aprovechamiento de los techos**

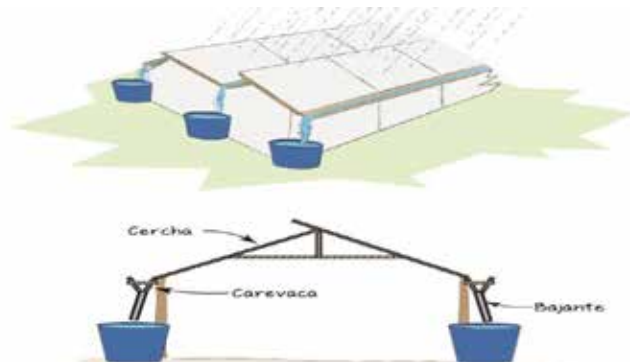
Hirozumi (2015). Guía práctica para cosechar el agua de lluvia.

La recolección y conducción se realiza por medio canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, el material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Se pueden emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC. Las

canaletas de metal son más duraderas y necesitan menor mantenimiento, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas. Las canaletas se fijan al techo con alambre, madera, o clavos. Es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. el sistema debe tener mallas que retengan estos desechos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas, este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada, la unidad de almacenamiento debe ser duradera y debe cumplir con las especificaciones siguientes:

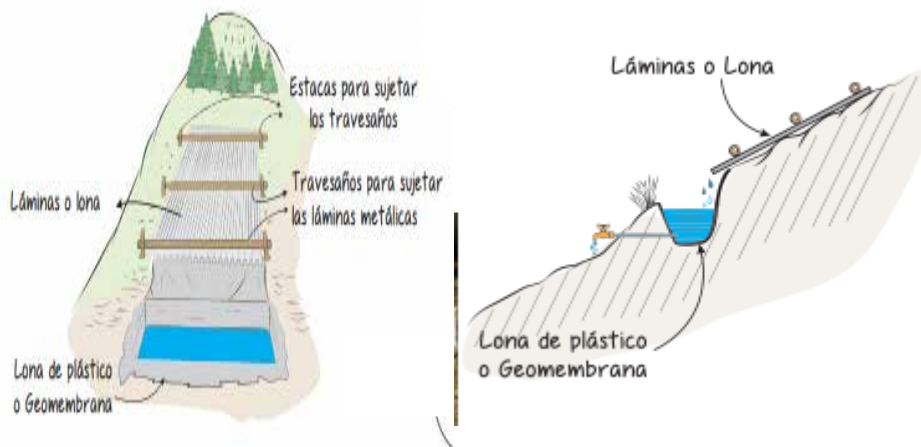
- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.
- De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobre presiones.
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales. Debe estar dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento.
- En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.
- **Sistema tipo cercha:** la captación se realiza del mismo modo que el sistema explicado anteriormente, la variación de este consiste en la utilización de una estructura tipo cercha para el área de captación. (Ver figura 9)
- **Cosecha de agua de lluvia aprovechando las pendientes existentes:** este sistema consiste en el aprovechamiento de las pendientes construyendo un sistema formado por laminas metálicas, las cuales se fijan con travesaños de

madera, el almacenamiento puede realizarse con un reservorio tipo zanja excavado en el terreno, el cual se cubre con lona o geomembrana o también existe la posibilidad de almacenar el agua directamente en tanques de agua sin realizar la excavación (ver figura 10).



### **Cosecha de agua. Sistema tipo cerchas.**

Hirozumi (2015). Guía práctica para cosechar el agua de lluvia.



### **Cosecha de agua. Aprovechamiento de pendientes.**

Hirozumi (2015). Guía práctica para cosechar el agua de lluvia.

#### **2.2.11 Factibilidad ambiental.**

Consiste en el estudio de los impactos ambientales generados por la construcción de una obra civil sobre el ambiente, así como también los retornos generados por el medio ambiente sobre la misma.

Entre los factores considerados en el estudio de factibilidad ambiental se encuentran los siguientes:

- **Afectación por emisión de material particulado:** se entiende por afectación de la emisión de material particulado a todo aquel efecto generado en el entorno inmediato de la obra civil producto de la emisión de materiales producidos por la construcción de la obra (escombros).
- **Afectación por emisión de gases:** se entiende como afectación por emisión de gases a todo aquel efecto generado en el entorno inmediato de la obra civil producto de la emisión de desechos químicos emanados en la ejecución de la obra, bien sea por la maquinaria utilizada u otros procesos propios de la construcción.
- **Afectación por generación de ruido:** se entiende como afectación por generación de ruido a todo aquel efecto sónico generado en el entorno inmediato de la obra civil producido por las maquinarias en la construcción de la obra.
- **Olores molestos:** todos aquellos olores desagradables emanados por la obra a su entorno inmediato.
- **Afectación por procesos erosivos por remoción de capa orgánica:** se entiende como afectación por remoción de capa orgánica a todo aquel efecto erosivo generado en el entorno inmediato de la obra civil producto de la afectación de la capa orgánica por la presencia de la obra o su proceso de construcción.
- **Incentivar movimiento de masas:** se entiende como afectación por movimiento de masas a todo aquel efecto generado en el entorno inmediato de la obra civil producto de la remoción y desplazamiento del terreno por las maquinarias utilizadas y por los escombros resultantes en la construcción de la obra.
- **Afectación por generación de residuos:** se entiende como afectación por generación de residuos a todo aquel efecto emitido en el entorno inmediato de la obra civil producto de la acumulación y utilización de distintos materiales en la construcción de la obra.

- **Variación de la dinámica fluvial:** se describe como la variabilidad o cambios generados por una obra civil a los recursos hídricos naturales de la zona en estudio, ocasionando principalmente erosión y sedimentación a los cauces.
- **Variación de las características físico químicas:** se entiende como los cambios generados por una obra civil a la composición tanto de los suelos como de las aguas del entorno donde se encuentra la construcción, otro factor importante consta de la variación o alteración física de la vegetación de la zona producto de la alteración de las características del agua.
- **Alteración de los patrones de drenajes:** se entiende como todos aquellos cambios causados por una obra a las redes que recogen las aguas de las cuencas correspondientes a la zona donde se encuentra la construcción. Esta afectación está íntimamente relacionada a la alteración de la geología de la zona.
- **Variación de las geformas iniciales:** se entiende como los cambios producidos por la construcción de una obra civil a la forma inicial de la superficie terrestre. Se conoce también, como la variación de los rasgos físicos del terreno sobre el que se encuentra una construcción.
- **Cambio en la percepción paisajística:** se describe como la variación y modificación de las características visibles, físicas y ambientales del entorno ocasionadas por la construcción de una obra civil; esto incluye la variación tanto de la flora, de la fauna como de los componentes de diseño y organización del entorno.
- **Incremento de la evaporación, variaciones de los niveles de humedad e incremento de la temperatura media ambiental:** se entiende como la alteración por la influencia de una obra civil a la meteorología y la temperatura del entorno por la actividad humana de la construcción o la presencia misma de la obra.
- **Presencia de especies invasoras:** se entiende como la alteración por la presencia de diferentes especies en el entorno de una obra civil, estas generalmente ocasionan la permanencia de roedores e insectos ya que

acumulación de residuos atrae de manera abundante y descontrolada la presencia de dichas especies causando un impacto negativo.

- **Disminución o muerte de especies:** se entiende como el descenso o pérdida de la flora y la fauna de la zona producto de la permanencia o construcción una obra civil.
- **Degradación de la cobertura:** se entiende como el deterioro de la cobertura vegetal producto de la presencia o construcción de una obra civil. Esto genera una afectación a la flora o vegetación del entorno donde se localiza la obra.
- **Migración de especies:** se entiende como los desplazamientos del hábitat de la fauna producto de la presencia o proceso de ejecución de una obra civil, esta genera alteración en el comportamiento de dichas especies causando el éxodo o la salida de su territorio.
- **Afectación de especies autóctonas protegidas:** se entiende como daños por el proceso de construcción o presencia de la obra civil sobre las especies protegidas que se encuentren en el entorno inmediato.
- **Afectación de espacios de nidificación:** se entiende como daños ocasionados a las zonas de nidificación de la fauna presente en el entorno inmediato de la obra por los procesos de construcción o presencia de la obra civil.
- **Efectos sobre la salud humana:** se entiende como la afectación de la salud humana producto de la presencia de una obra civil. Generalmente los efectos ocasionados son negativos ya que la acumulación de diferentes materiales genera impactos negativos sobre el bienestar de las personas cercanas a dicha construcción, causando enfermedades y afectaciones en la calidad de vida de las mismas.
- **Afectación de la calidad de vida:** puede definirse como la variación de los estándares de vida de las personas producidos por la presencia de la obra civil.
- **Afectación de la actividad económica:** Se entiende como la alteración de la actividad económica producto de la presencia de una obra civil o su proceso de ejecución.

- **Afectación de las vías públicas:** se describe como la alteración del libre tránsito de las personas en las vías, por el proceso constructivo, generalmente ocasiona el congestionamiento del entorno evitando el desarrollo de todas las actividades de la zona.
- **Deterioro por actividad sísmica:** comprende la magnitud de riesgo al cual está expuesta la obra producto de la actividad sísmica producida en el entorno inmediato.
- **Riesgo de movimiento de masa:** se entiende como el nivel de daño al que se encuentra expuesta la obra civil producto de deslizamientos, derrumbes o deslaves producidos en el entorno.
- **Presencia de fauna silvestre:** se entiende como el daño a las personas que se encuentran en el entorno inmediato de la obra civil por la presencia de fauna silvestres, exponiéndose a mordeduras o picaduras.
- **Deterioro por la alteración del nivel freático:** se entiende como la afectación de la obra por efectos del aumento del nivel freático en la zona donde se encuentra la obra civil.
- **Deterioro por contaminación:** se describe como el nivel de deterioro al cual se expone la obra por la contaminación producto de las actividades o acciones humanas generadas en el entorno inmediato de la misma
- **Deterioro por falta de mantenimiento:** se entiende como el deterioro ocasionado a la obra civil por falta mantenimientos preventivos y/o correctivos.
- **Nivel de inseguridad:** se entiende como el daño ocasionado a personal, equipos, maquinaria e instalaciones presentes en la obra producto de la inseguridad existente en el entorno inmediato de la obra.
- **Factor político:** se entiende como la afectación a la cual se expone el desarrollo de las actividades de ejecución y operación de la obra por influencia política.
- **Factor social:** se entiende como la afectación a la cual se expone el desarrollo de las actividades de ejecución y operación de la obra por efectos de conflictividad con las comunidades o poblaciones aledañas a la obra.

Es importante resaltar que la selección de factores a evaluar en un estudio de impacto ambiental no corresponde a una selección al azar, estos son determinados tomando en cuenta las disposiciones establecidas por la Ley Penal del Ambiente la cual tipifica los delitos y los hechos atentatorios contra los recursos naturales y el ambiente e impone sanciones penales correspondientes. Siendo determinantes para este estudio los siguientes capítulos de la Ley Penal del Ambiente:

Capítulo II: delitos contra la ordenación del territorio.

Capítulo V: degradación alteración, deterioro y demás acciones capaces de causar daños a las aguas.

Capítulo VI: degradación, alteración, deterioro y demás acciones capaces de causar daños a los suelos, la topografía y el paisaje.

Capítulo VII: destrucción, alteración y demás acciones capaces de causar daño a la vegetación, la fauna o sus hábitats.

Capítulo VIII: delitos contra la calidad ambiental.

Sección primera: envenenamiento, contaminación y demás acciones capaces de alterar la calidad de las aguas.

Sección segunda: envenenamiento, contaminación y demás acciones capaces de alterar la atmósfera.

Sección tercera: residuos y desechos sólidos.

### **2.3 Definición de términos básicos**

**Ambiente:** conjunto de elementos naturales y sociales que se relacionan estrechamente, en los cuales se desarrolla la vida de los organismos y está constituido por los seres biológicos y físicos: flora, fauna y seres humanos.

**Cauce:** concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río, un canal o cualquier corriente de agua.

**Drenajes:** sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de excedentes de aguas generalmente pluviales, de una población o área específica.

**Erosión:** es la remoción y el transporte de las partículas del suelo por la acción del viento o el agua en movimiento.

**Escorrentía:** agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

**Factibilidad:** disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas.

**Impacto Ambiental:** efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración en la línea de base ambiental.

**Sedimentación:** asentamiento de partículas debido a la fuerza de gravedad.

**Sistema urbano de drenaje sostenible (SUDS):** son una colección de prácticas de gestión del agua que tienen como objetivo alinear los sistemas de drenaje modernos con los procesos naturales del agua.

**Sostenibilidad:** característica del desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones.

**Nivel Freático:** en el interior de la tierra las aguas subterráneas alcanzan un punto máximo de profundidad y dicho lugar es conocido como nivel freático. Así mismo, el nivel freático es la distancia concreta que hay entre el nivel del agua subterránea y la superficie.

**Terraplén:** tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO.**

En el presente capítulo se indican los procedimientos y métodos que se utilizarán para la ejecución de la investigación, con la finalidad de lograr los objetivos propuestos. Tamayo y Tamayo (2003) definen al marco metodológico como “Un proceso que, mediante el método científico, procura obtener información relevante para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento”.

#### **3.1 Tipo de investigación.**

El tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios. Arias (2006).

Debido a la estrategia empleada, este trabajo de investigación es del tipo de campo. Fidiás, A (2012). Detalla la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos”. La investigación estudia la problemática que presenta los habitantes de los sectores Malagón y Vivienda de Bárbula respecto al riesgo de inundación con el fin de extraer información pertinente directamente de la zona que permita el planteamiento de estrategias para la solución de la misma.

La investigación está enmarcada dentro de la modalidad de proyecto factible, el manual de trabajos de grado de especialización maestría y tesis doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL (1.990), indica que un proyecto factible “es una proposición sustentada en un modelo operativo factible, orientado a resolver un problema planteado o a satisfacer las necesidades en una institución o campo de interés nacional”. En este caso, la investigación plantea el manejo de excedentes de agua de lluvias con el fin de controlar los niveles de escorrentía y evitar inundaciones, adicionalmente proponer una opción de aprovechamiento de estos excedentes con lo cual se busca la mejora en la calidad de vida de los habitantes de la zona.

### **3.2 Diseño de investigación.**

La presente investigación se inserta en un diseño no experimental, de acuerdo con Palella y Martins (2006) “es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable”. En este tipo de diseño se observan los fenómenos tal como se dan para luego ser analizados, no se construye una situación específica si no que se observa las que existen.

Por otra parte, la investigación está basada en un proceso de recolección de información a través de distintas fuentes, lo que Fidias, A. define como una investigación documental “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”.

### **3.3 Nivel de la Investigación**

Sánchez Carlessi H. y Reyes Meza C. (2006), manifiestan que siguiendo a Selltiz, Jahoda (1965), podemos identificar tres niveles o esquemas básicos de investigación, los cuales se dividen en Investigación exploratoria, descriptiva y explicativa.

La investigación corresponde a una investigación descriptiva Hernández, Fernández y Baptista (2003), definen la investigación descriptiva como el estudio donde: “el propósito del investigador es describir situaciones y eventos, es decir cómo es y se manifiesta determinado fenómeno”, en este sentido este estudio describe y analiza las características y repuestas de la zona de estudio ante un fenómeno determinado y describe el comportamiento de la misma frente a distintas estrategias para la resolución de la problemática.

### **3.4 Población y Muestra.**

Tamayo y Tamayo, (2003), indican que “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población posee una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación”.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, la población de estudio está constituida por la extensión de superficie que abarcan los sectores Malagón y

Vivienda Rural de Bárbula, la cual es de 1157 m<sup>2</sup> aproximadamente y dentro de la cual se encuentran alrededor de 16.051 habitantes.

Para la selección de la muestra que se utilizó en la aplicación de cuestionario, se determinó el tamaño de esta haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{n'}{(1 + (n' / N))}$$

Donde:

N: tamaño de la población de estudio

n': tamaño de la muestra seleccionada como accesible.

La determinación de n' se realizó tomando el 20% de los habitantes de los sectores estudiados, de acuerdo al criterio de Ary y otros (1989), quienes recomiendan para investigaciones descriptivas “seleccionar entre 10 y 20 % de la población accesible” obteniéndose así un tamaño n' de 3210 habitantes. Por medio de la aplicación de la ecuación expresada anteriormente se obtuvo el resultado de n con un valor igual a 50, resultando el número de habitantes que se consideraron para la aplicación del instrumento.

### **3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

En relación a las técnicas de recolección de datos, Palella y Martins (2010), las definen como “las distintas formas de obtener la información” para la investigación se aplicaron como técnicas la observación directa, análisis documental, encuestas y entrevista.

Tamayo (2003), define la observación directa como “aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación” en la investigación se aplicó la observación directa para determinar y extraer datos de las condiciones actuales de los sectores en estudio.

Adicionalmente, se realizó un análisis documental, Gálvez A (2002), define esta técnica como “Un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea esta clínica, docente,

investigadora o de gestión.” En la investigación se realizó una revisión y selección de documentos que aportan información especializada para el desarrollo de la misma y dan validez y soporte a información obtenida por otras técnicas de recolección de datos.

También, se hizo uso de la encuesta para la recolección de datos, la cual está definida por Arias (2006) como “Una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular”.

En cuanto al instrumento, Arias (2006), señala que los instrumentos “son las herramientas que se utilizan para la recolección, almacenamiento y procesamiento de la información recogida”. Entre estos se encuentra se encuentra el cuestionario , en el cual es posible utilizar una serie de preguntas de diferentes tipos, en este caso se desarrolló un cuestionario con once preguntas de selección simple, las cuales son definidas por Arias (2006) de la forma siguiente:

“Son aquellas que establecen previamente las opciones de respuesta que puede elegir el encuestado. Éstas se clasifican en: dicotómicas: cuando se ofrecen sólo dos opciones de respuesta; y de selección simple, cuando se ofrecen varias opciones, pero se escoge sólo una”.

Finalmente, se hizo uso de la entrevista no estructurada, definida por Arias (2006) como “una técnica basada en un diálogo o conversación cara a cara, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”.

### **3.6 Validez de los instrumentos**

Parella y Martins (2006) indica que “representa la relación de lo que se mide y de aquello que realmente se quiere medir”. La validez de los instrumentos en este estudio se determinó por medio del juicio de expertos, en este caso la validación del instrumento se realizó por medio de dos metodólogos quienes realizaron las observaciones pertinentes y dieron su aprobación al mismo.

### **3.7 Fases Metodológicas**

El estudio de factibilidad propuesto se llevará a cabo mediante las siguientes fases:

#### **Fase I: Diagnóstico de las condiciones actuales de la zona.**

En esta fase se recopila por medio de distintas fuentes documentales, observación directa y aplicación de instrumento las condiciones actuales en cuanto a situaciones o eventos de inundación de los sectores Malagón y Vivienda Rural, así como también se obtiene información respecto al abastecimiento de agua potable suministrado a través de la red de acueductos.

#### **Fase II: Identificación de las obras hidráulicas para el control y almacenamiento de agua que pueden implementarse en el área.**

Se identifican las alternativas a evaluar que mejor se adapten a las condiciones actuales de la zona, tanto a su problemática como sus condiciones espaciales, geología e hidrología.

#### **Fase III: Evaluación de las opciones para el control de inundaciones a nivel ambiental y técnico en los sectores de estudio.**

En esta fase se desarrolla un estudio de la factibilidad ambiental y técnica de cada una de las alternativas identificadas previamente en la fase II.

#### **Fase IV: Selección de la obra a implementar para el control de excedentes y aprovechamiento de agua de lluvia en los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula.**

Presenta la propuesta con mayor grado de factibilidad que permita cumplir con el objetivo general de la investigación, a través de un análisis comparativo de cada una de las alternativas estudiadas identificado las fortalezas, debilidades de cada sistema y la dificultad de manejo o posibles medidas a establecer ante tales debilidades, así como su contribución y nivel de eficiencia ante la problemática estudiada

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En el presente capítulo, se desarrollan detalladamente los objetivos específicos planteados iniciando con el diagnóstico de las condiciones actuales de la zona de investigación, el mismo contiene los resultados obtenidos a través de las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los estudios desde el punto de vista técnico y ambiental y finalmente expone la propuesta a implementar en los sectores afectados de acuerdo al análisis realizado.

#### **4.1 Diagnóstico de las condiciones actuales de la zona**

- **Descripción de la zona**

**Características geográficas y demográficas:** las mismas fueron obtenidas haciendo uso de cartografías de la zona, vistas satelitales a través de Google maps y utilización de la aplicación de software Google Earth Pro.

#### **Características geográficas y demográficas de los sectores Vivienda R. de Bárbula y Malagón.**

<b>Vivienda Rural de Bárbula.</b>
Ubicación: Estado Carabobo, Municipio Naguanagua.
Área: 94.8 ha.
Habitantes: 13.651 aproximadamente.
<b>Malagón</b>
Ubicación: Estado Carabobo, Municipio Naguanagua.
Área: 20.9 ha.
Habitantes: 2.400 aproximadamente.

Flores. A (2020)

Cada sector está distribuido de la siguiente manera:

Sector Vivienda Rural de Bárbula: avenida Valmore Rodríguez, Avenidas 1, 2, 3, 4,5 y Los Próceres. (Ver figura 11).

Sector Malagón: se distribuye en calle barrio Malagón 1, 2, 3, 4, calle Los Andes y Boulevard Malagón. . (Ver figura 12).



### Distribución sector Vivienda R. de Bárbula.

Google maps (2020).



### Distribución sector Malagón.

Google maps (2020).

**Características geológicas:** los sectores estudiados presentan una elevación entre los 510 y 547 msnm para el sector Vivienda Rural de Bárbula, en el sector Malagón posee una elevación entre los 547 y 620 msnm, es importante señalar que el estudio realizado involucra áreas pertenecientes al parque Nacional San Esteban, específicamente se hace referencia al cerro Agua linda donde se encuentran pendientes pronunciadas cuya elevación varía alrededor de los 600 y 1250 msnm.

**Características hidrológicas:** dentro del área de estudio se encuentra el río Agua Linda, el cual se encuentra ubicado en el cerro Agua Linda, en su recorrido este se une con el río retobo y desemboca en el río Cabriales.

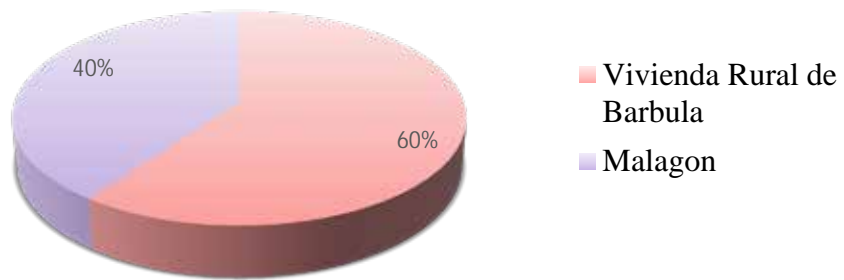
**Fauna y flora:** el área de estudio que se extiende al cerro Agua linda cuenta con una vegetación variada, a partir de los 200 y hasta los 400 m es caracterizada por un bosque seco bajo, alrededor de los 400 m se presenta una vegetación de sabana, entre las especies que se encuentran dentro del cerro Agua Linda están el jabillo, camoruco, mango, el matapalo también se observaba la presencia de plantas rastreras, como bejuco, trepadora y diversas plantas conocidas como parásitas.

En cuanto a la fauna se conforma por variadas especies, en sus aguas se pueden encontrar guabinas, corronchos, y bagres, también se identifican variedad de reptiles como la serpiente mapanare, iguanas y otras. En cuanto a las aves se observa gran diversidad de especies entre estas el paujíl, guacharaca, el loro guaro, el arrendajo etc.

Con la finalidad de identificar las zonas que presentan mayor vulnerabilidad durante la época de invierno y las zonas que presentan mayor deficiencia en cuanto a disponibilidad y calidad del servicio de agua potable suministrado por la red de acueductos del estado, se realizó la aplicación del instrumento, en este caso cuestionario obteniéndose los siguientes resultados:

El 46% de la población encuestada reside en el sector desde hace más de 15 años lo cual aporta información a la investigación con base histórica sobre el comportamiento de las precipitaciones y el abastecimiento de los sectores. (Ver gráfico 1,2).

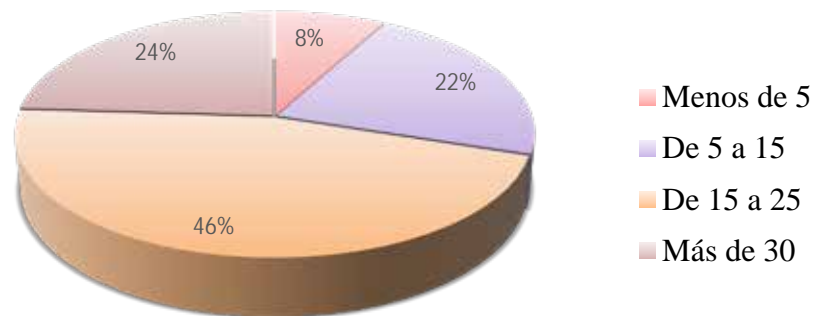
**Item 1**  
**Indique ¿en cuál sector reside ?**



**1**

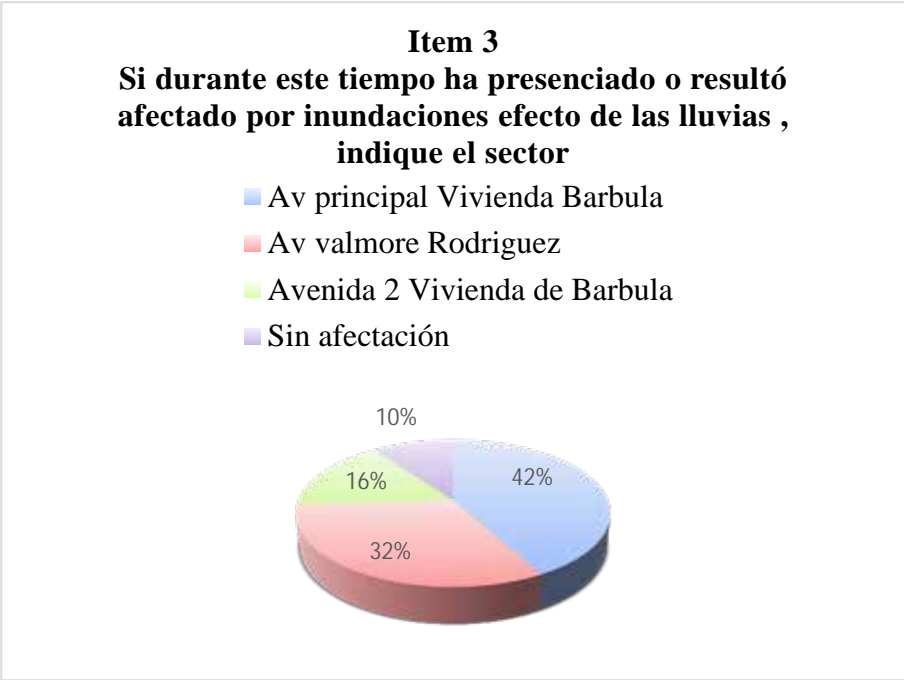
Flores. A (2020).

**Item 2**  
**Indique desde¿ hace cuantos años reside en el sector ?**



**2**

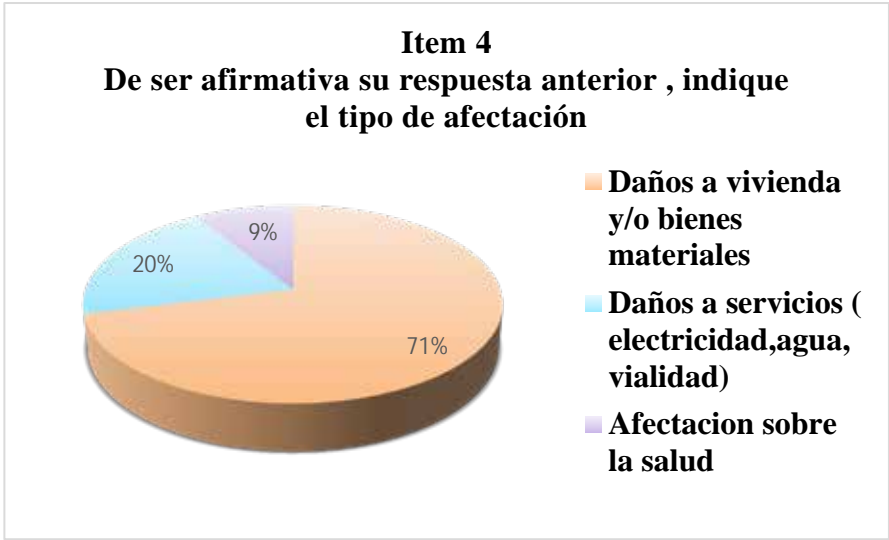
Flores. A (2020).



**3**

Flores. A (2020).

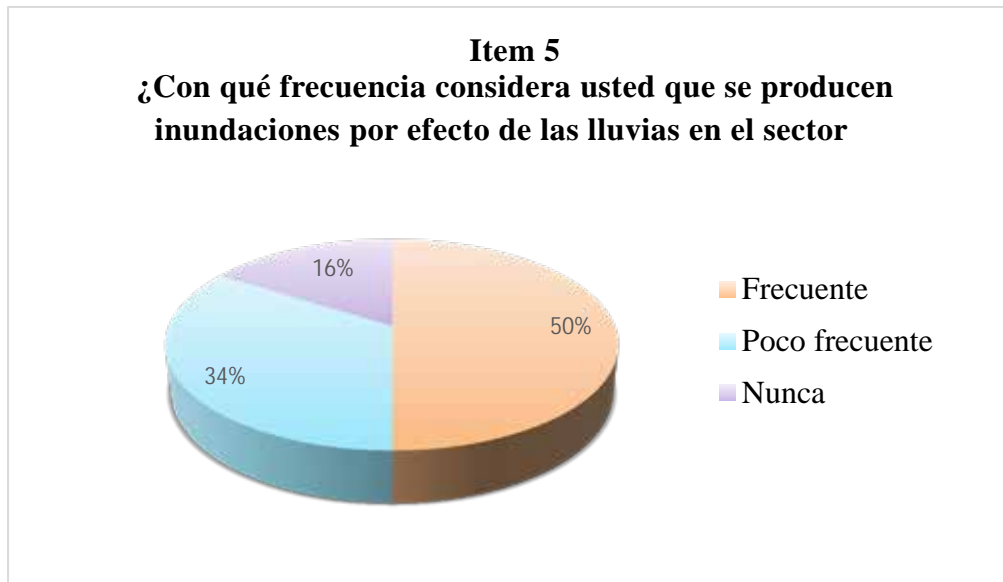
El 90% de los encuestados han presenciado o resultado afectado por inundaciones durante las precipitaciones, siendo señaladas la Av. Principal de la Vivienda R. de Bárbula y la Av. Valmore Rodríguez como las zonas más afectadas.



**4**

Flores. A (2020).

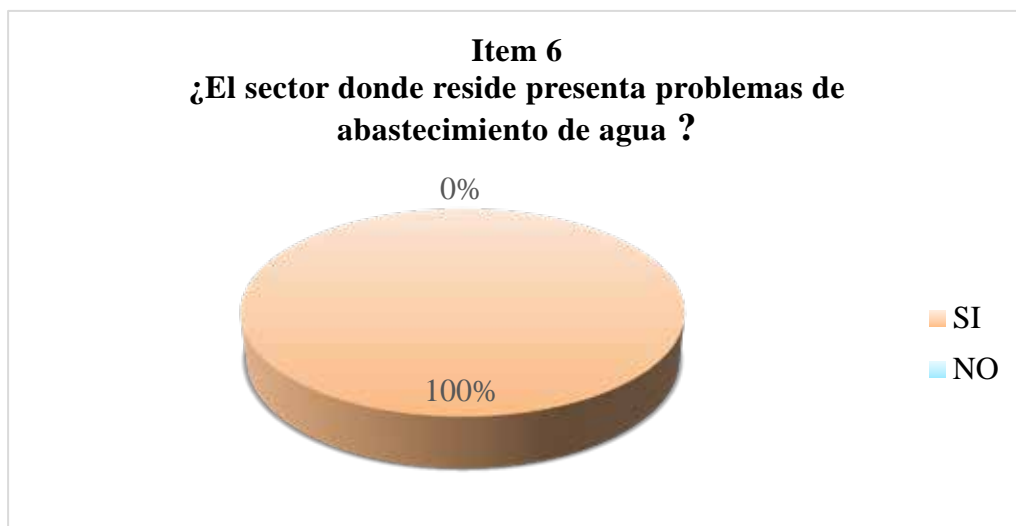
La afectación más frecuente producida en los sectores por efecto de las lluvias es sobre bienes materiales y viviendas representando un 71% de la población encuestada. (Ver gráfico 4).



**5**

Flores. A (2020).

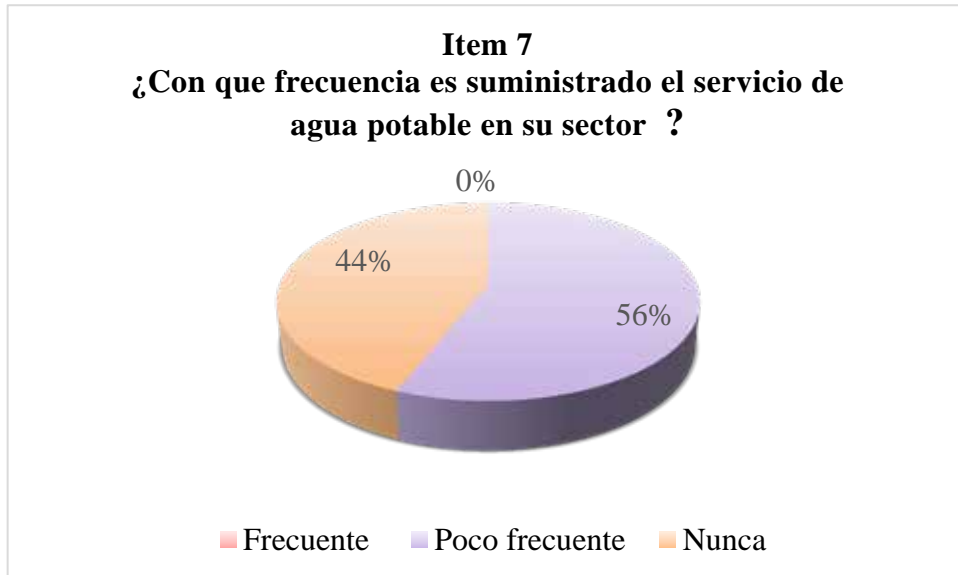
El 50% de la población encuestada considera que las inundaciones son un evento frecuente y 34% lo considera poco frecuente. ( Ver grafico 5)



**6**

Flores. A (2020).

La totalidad de los encuestados presenta problemas de abastecimiento de agua. ( Ver gráfico 6 ).



**7**

Flores. A (2020).

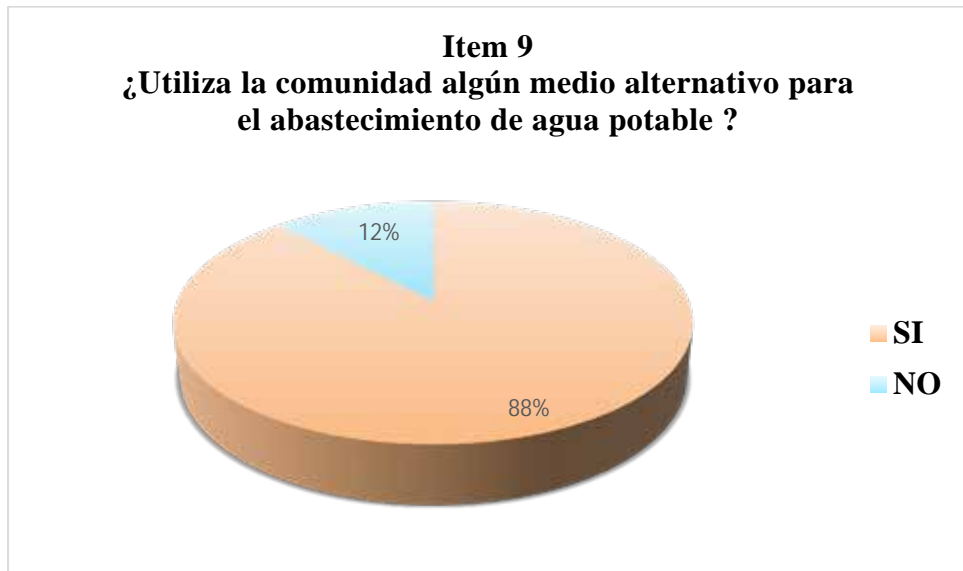
De acuerdo al ítem 7 se observa que 44% de la población encuestada indicó que el servicio nunca es suministrado en su sector y para el resto el mismo es poco frecuente.



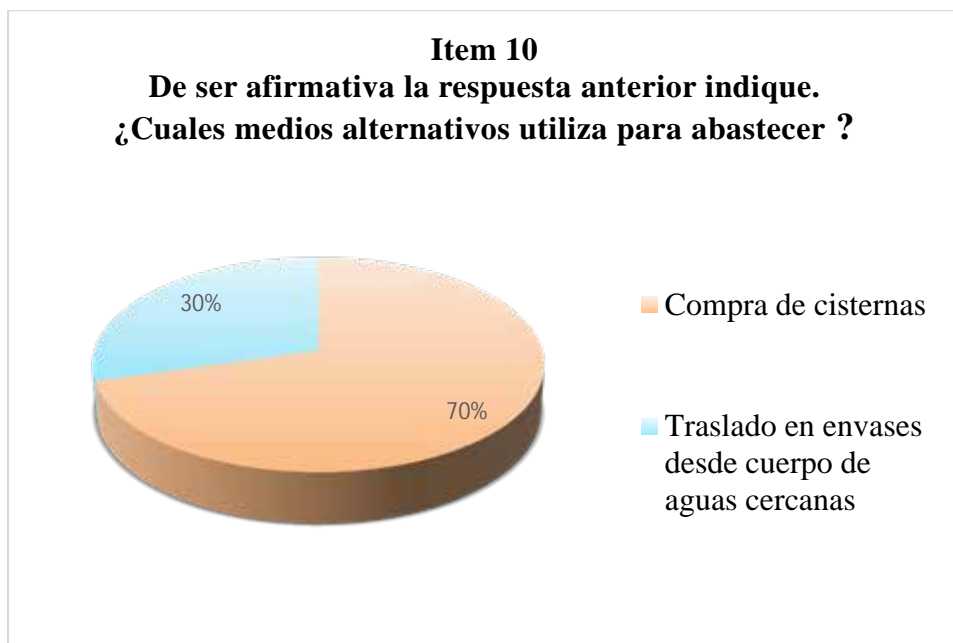
**8**

Flores. A (2020).

La calidad del agua es regular y un 43% de la población considera que la calidad de la misma es mala. (Ver gráfico 8).



**9**  
Flores. A (2020).



**10**  
Flores. A (2020).

El 88% de la comunidad utilizan medios alternativos para abastecimiento de acuerdo al ítem 10 estos medios consisten en compra de cisternas y traslado en envases de cuerpos de agua cercanos.



## 11

Flores. A (2020).

El 100% de la población se encuentra de acuerdo con una alternativa de abastecimiento de agua donde se utilicen los excedentes de agua de lluvia de acuerdo al análisis del ítem número 11.

De acuerdo a los resultados obtenidos por la aplicación del instrumento las zonas que presentan mayor afectación por las lluvias se ubican en la parte baja del sector vivienda de Bárbula, principalmente las avenidas 1, avenida 2, y avenida Valmore Rodríguez. En cuanto el sector Malagón no presenta afectaciones representativas por efecto de las lluvias.

Por otra parte, los resultados muestran que 100% de los habitantes presenta problemas de abastecimiento de agua potable proveniente de la red de acueductos, donde 56% considera poco frecuente el suministro de agua en sector y para un 44% el suministro se ubica en un nivel crítico ya que no cuenta con el mismo en la actualidad. 70% de los encuestados indicaron que como medios alternativos para el abastecimiento utilizan la contratación de cisternas y un 30% se abastece utilizando

cuerpos de agua cercanos a la comunidad, adicionalmente, se indica que la calidad del agua en los sectores donde es suministrado el servicio se ubica entre regular y mala con un 57% y 43% respectivamente. Por otra parte el 100% de los encuestados se muestran de acuerdo con una alternativa que permita el aprovechamiento de los excedentes de agua de lluvia para abastecer los sectores involucrados en esta investigación.

Además de la aplicación del cuestionario, se realizó una entrevista al Ingeniero Rubén Narváez Jefe de distribución y recolección de la Compañía Anónima Hidrológica del Centro (Hidrocentro) ente del Estado responsable de la prestación integral del servicio de agua potable, saneamiento y adecuación de la infraestructura de los estados Aragua, Carabobo y Cojedes donde se indicó que los sectores estudiados son abastecidos a través de la estación de bombeo Bárbula I, la cual se ubica en la inmediaciones de la Universidad de Carabobo, tal estación cuenta con cinco equipos de bombeo sin embargo, actualmente se encuentran operativos sólo dos de estos equipos los cuales se encargan de suministrar agua a la parte baja de la Vivienda Rural de Bárbula de una a dos veces por semana durante 5 u 8 horas aproximadamente, los otros tres equipos a través de los cuales se distribuye el agua a las partes altas de la Vivienda de Bárbula y el sector Malagón se encuentran fuera de servicio debido a falta de mantenimiento de los mismos ya que no se dispone de los recursos económicos necesarios para tal fin, adicionalmente por medio de esta entrevista se pudo conocer que esta zona no cuenta con pozos para abastecimiento, lo cual podría representar una alternativa para aminorar los efectos de desabastecimiento de agua sin embargo actualmente no se encuentra previsto ningún proyecto para abastecimiento alternativo de estas zonas.

Una vez determinadas las zonas críticas en cuanto a inundaciones y abastecimiento de agua de los sectores se procedió a realizar un recorrido de las mismas a fin de poder complementar por medio de la observación directa la información que se obtuvo de la aplicación del cuestionario e identificar posibles causas de las inundaciones que se producen en este sector.

Durante el recorrido se observó que las zonas cuentan con sistemas de drenajes sin embargo, los mismos presentan una nula capacidad de respuesta durante las precipitaciones. (Ver figura 12)



### **Vivienda Rural de Bárbula.**

Flores. A (2020).

Tal situación obedece a dos causas principalmente las cuales son:

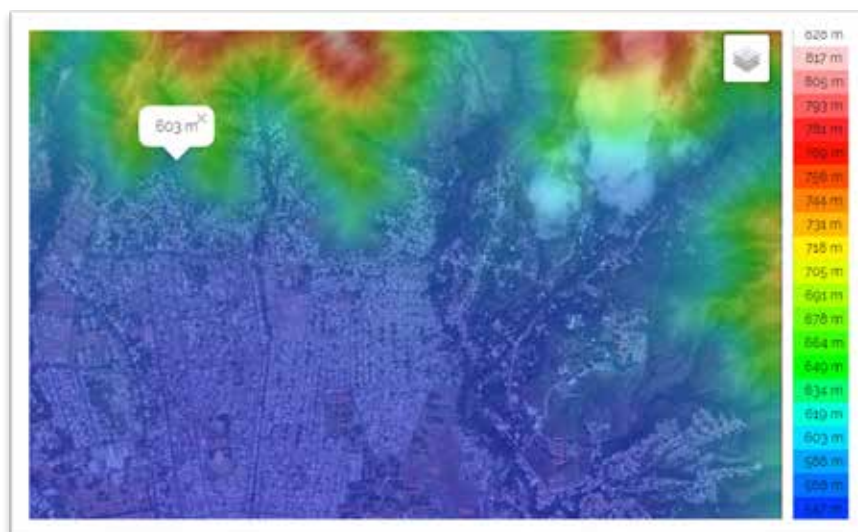
- **Crecimiento no organizado de la población:** realizando una comparativa del desarrollo poblacional en estos sectores se puede observar que de acuerdo al plano Aerofotogramétrico del año 1983 la ocupación del sector Malagón alcanzaba la cota 575 msnm (ver figura 14), en la actualidad se encuentra entre los 600 y 620 msnm, con una densidad aproximada de 150hab/ha. (Ver figura 15). Según el Plan de Desarrollo Urbano Local de Naguanagua (PDUL) en su capítulo VI, sección 1 se establece estas áreas como áreas con restricción de uso “son áreas de pendientes ubicadas por encima de la cota 550 msnm” y se indica que “se admitirán nuevos desarrollos residenciales de baja densidad (hasta 60 hab/ha) para ello se

exigirán estudios geotécnicos y de impacto ambiental a los efectos de salvaguardar el ambiente del Municipio Naguanagua conservar y proteger las unidades ambientales con valores paisajísticos, conservar y proteger los drenajes naturales, evitando su intervención”. Por lo tanto, se puede afirmar que el sector Malagón no cumple con tales disposiciones lo cual se traduce en una alteración de las pendientes naturales y una variación en el coeficiente de escorrentía, de modo que el caudal y velocidad de agua sea mayor haciendo insuficiente los sistemas de drenajes existentes.



**Distribución sector Malagón Año 1983.**

Ministerio de planeamiento Urbano (1983).



**Distribución sector Malagón Año 2020.**

topographic-map.com

- **Falta de mantenimiento:** la segunda causa de la insuficiencia de los sistemas de drenaje es que los mismos se encuentran en la mayoría de los casos parcial o totalmente obstruidos por basura y presencia de vegetación en la mayoría de las zonas afectadas durante las Precipitaciones. (Ver figura 16).



### **Obstrucción en sistema de drenajes Vivienda R. de Bárbula**

Flores. A

Por otra parte, por medio del recorrido de las zonas afectadas se identificó que en las zonas altas del sector los habitantes que no cuentan con la posibilidad de contratación de cisternas para abastecerse, hacen uso del agua proveniente del río Agua Linda para aseo personal y uso doméstico para lo cual transportan agua a sus casas en envases directamente desde el río. (Ver fig. 17).



### **Uso de Rio Agua Linda como abastecimiento.**

Flores. A

De acuerdo a consultas bibliográficas realizadas en distintas fuentes se identificó que las soluciones que se presentan a estas comunidades en cuanto al suministro de agua han sido temporales, tales como distribución de recipientes de agua en la comunidad Malagón, y suministro de agua mediante camiones cisternas como lo reseña el diario Notitarde (8 abril 2019). “Plan “Murciélago Azul” suministra agua a ciudadanos de Naguanagua”.

De la misma manera, las zonas con riesgo de inundación han sido tratadas con medidas preventivas, para el año 2014 noticias 24 Carabobo reseña “Labores de limpieza y saneamiento en quebradas en partes altas de la vivienda de Bárbula”, del mismo modo diario El Notitarde (junio de 2019) “Ejecutan plan de mantenimiento en caños y drenajes de Naguanagua, para evitar inundaciones en zonas vulnerables”.

### **Diagnóstico.**

Por medio de cada una de las técnicas e instrumentos de recolección de datos aplicados en la investigación se puede diagnosticar que las condiciones presentadas por los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula son las siguientes:

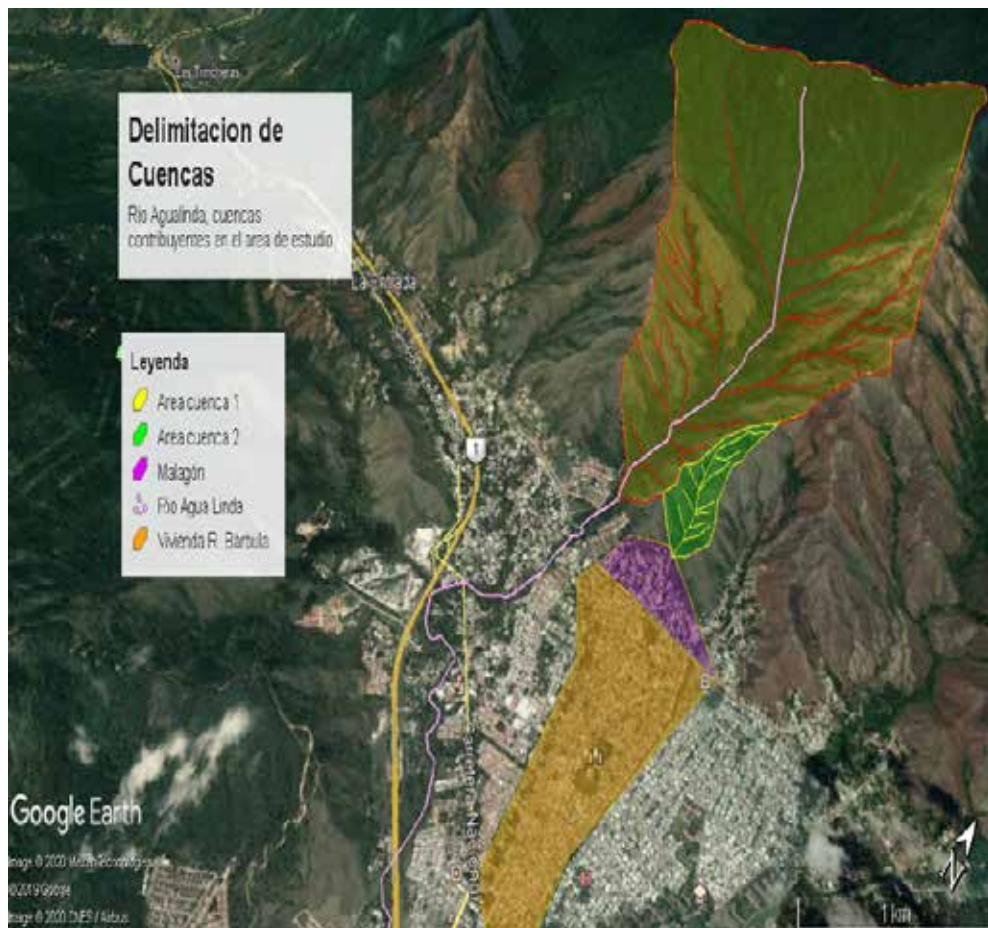
Las zonas vulnerables a inundaciones se ubican en la parte baja del sector Vivienda Rural de Bárbula, específicamente las avenidas Valmore Rodríguez y la avenida principal de la Vivienda de Bárbula, las causas observables de que estas zonas sean afectadas en mayor medida se debe a que los sistemas de drenajes diseñados se han vuelto insuficientes para el volumen de escorrentía generado durante las precipitaciones lo cual obedece a un crecimiento poblacional no planificado que ha variado el coeficiente de escorrentía y las pendientes naturales de las zonas estudiadas, aunado a la falta de planes de mantenimiento programados de los sistemas de drenaje.

En cuanto al servicio de agua suministrado por la red de acueductos en su totalidad para ambos sectores de estudio el mismo es deficiente y escaso, el sector Bárbula es abastecido de manera intermitente en las partes bajas del mismo, la calidad del agua suministrada se califica como mala, en las partes altas y el sector Malagón no cuentan con suministro de agua. Esta situación se debe a fallas en las estaciones de bombeo que distribuyen el agua a estos sectores, así como también el crecimiento de la población ha generado una mayor demanda del servicio. Los habitantes de estos sectores han tomado medidas alternativas para poder abastecerse como contratación de cisternas o extracción directa del río Agua Linda, actualmente no se encuentran previstos proyectos que permitan abastecer a estos sectores, solo se presentan medidas paliativas y esporádicas por parte de los entes gubernamentales como suministro en cisternas o botellones en algunas áreas de los sectores afectados. Tales medidas son aplicadas con el fin de disminuir la presión social sin embargo, las mismas no presentan una solución concreta a la problemática que afecta estos sectores, del mismo modo las medidas tomadas para el control de inundaciones son aplicadas de manera ocasional por lo cual su impacto positivo es bajo durante las precipitaciones.

#### **4.2 Identificación de las obras hidráulicas para el control y almacenamiento de agua que pueden implementarse en el área.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico, la presente fase expone las alternativas que se adaptan a las condiciones y necesidades de las zonas de estudio. Tomando en cuenta que los sectores son afectados por una

problemática de abastecimiento de agua e inundaciones en determinadas áreas, se identificaron obras que permiten el control de excedentes de aguas así como su aprovechamiento, se presentan medidas estructurales convencionales así como también medidas enfocadas en la sostenibilidad.

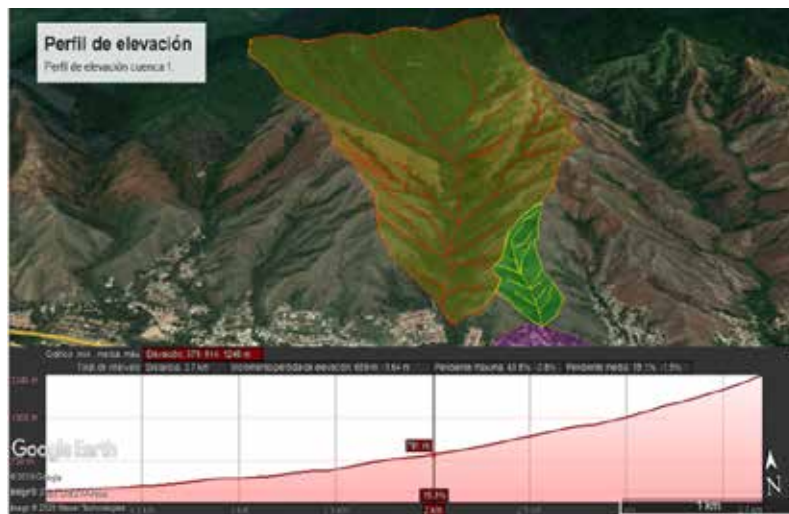


### **Delimitación de cuencas y patrón de drenaje.**

Flores. A

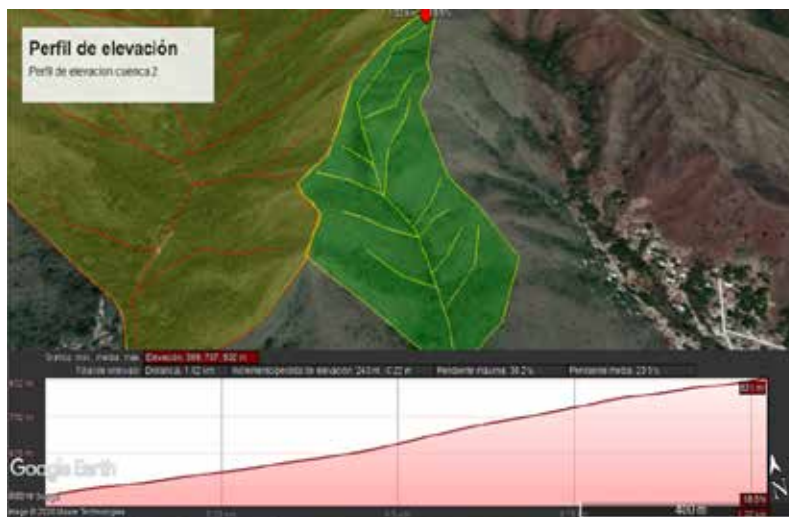
Por medio de la aplicación software Google Earth se realizó un estudio de la situación hidrográfica de las zonas afectadas y delimitación de las cuencas contribuyentes así como también el trazado del patrón de drenaje. Las cuencas delimitadas se identificaron como cuenca 1 y 2, de tal manera se hará referencia a ellas para posteriores menciones. (Ver figura 18). Con la delimitación de las cuencas se identificó la presencia del río Agua Linda, cuyo recorrido nace en la fila de la serranía de la costa, en el Parque Nacional San Esteban, en el Pico Hilaria

(a 1.650 metros de altura) y entre los cerros Agua Linda y El Novillo, así mismo se observa que la escorrentía de la cuenca 2 influye directamente en los sectores de estudio. Con esta información y el perfil de elevación de cada uno de los cauces principales (ver figura19 y 20) se realizó una pre selección de las obras hidráulicas que contribuyan al manejo control y aprovechamiento de los excedentes de agua de lluvia.



**Perfil de elevación cuenca 1**

Flores. A



**Perfil de elevación cuenca 2**

Flores. A

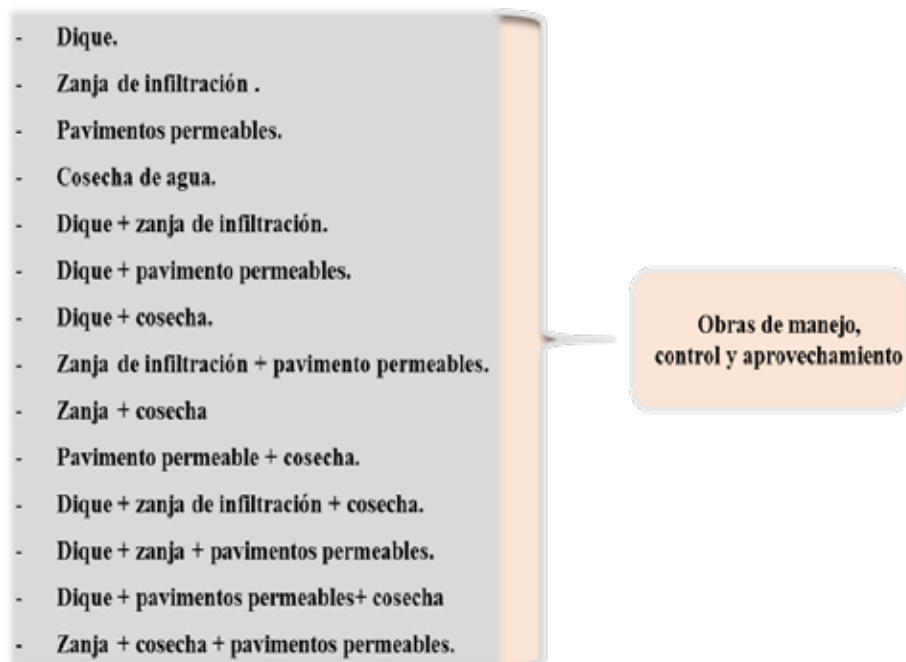
La selección de las posibles obras a implementar se realizó de acuerdo a los siguientes factores:

- Permiten el control de excedentes.
- Permiten el almacenamiento con fines de aprovechamiento.
- Se adaptan a la geomorfología de la zona.
- Se tiene disponibilidad de espacio para la implementación de la obra.

De acuerdo a tales consideraciones las obras seleccionadas para su posterior evaluación técnica y ambiental son:

1. Dique
2. Zanjas de infiltración.
3. Pavimentos Permeables.
4. Cosecha de agua.

Estas obras hidráulicas pueden ser implementadas haciendo una combinación de ellas lo cual podría generar una mayor eficiencia, pudiendo disponerse de la siguiente forma:



La evaluación realizada determinará si es necesaria la combinación de las obras, así como también la selección de la alternativa a implementar que mejor se adapte de acuerdo a las condiciones de la zona en estudio.

### **4.3 Evaluación de las opciones para el control de inundaciones a nivel ambiental y técnico en los sectores de estudio.**

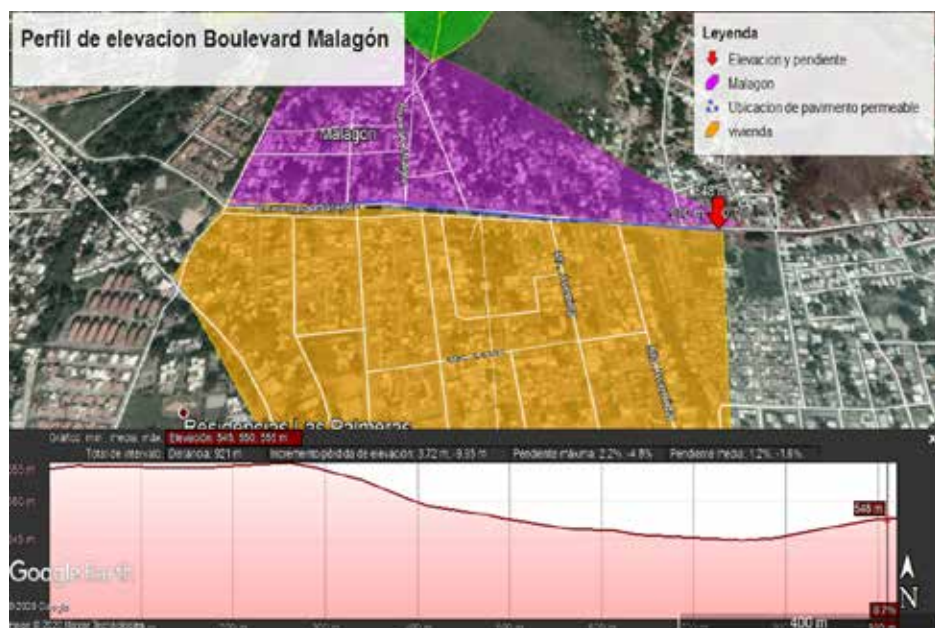
#### **4.3.1 Ubicación de las obras a evaluar.**

La ubicación dentro del área estudiada de cada una de las obras es determinante para la evaluación ambiental y técnica de cada una de ellas, la misma se estableció tomando en cuenta el espacio disponible, la adaptación al terreno, la utilidad y funcionamiento del sistema, el actual ordenamiento de la población y la disponibilidad de los recursos hídricos.

- **Ubicación dique:** se establece la ubicación del dique como sistema de control y aprovechamiento en la cuenca 1, ya que en la misma, se localiza en la quebrada Agua Linda que posee una corriente de agua permanente durante todo el año lo cual, permite un mayor volumen de agua para su posible aprovechamiento además, se determinó que el mismo se disponga en la parte media/ alta de la cuenca con la finalidad de evitar la contaminación de las aguas debido a la cercanía de la población.
- **Ubicación zanjas de infiltración:** se determinó situar las zanjas de infiltración en la cuenca 2, con la finalidad de controlar la escorrentía generada por la misma y disminuir la cantidad de agua que llega a la parte baja del sector Vivienda Rural de Bárbula, uno de los requerimientos de las zanjas de infiltración es evitar su ubicación cerca de edificios o vialidades, con esta ubicación se garantizara que el agua infiltrada no afecte las estructuras y la vialidad de la zona. Para la evaluación de esta alternativa se seleccionó el tipo de zanjas de infiltración completa debido a que estas son un sistema menos complejo que las zanjas de infiltración parcial pudiéndose involucrar la participación de los habitantes de la comunidad en su proceso constructivo, no requieren de un sistema de tuberías para la disposición del agua infiltrada lo que las hace más accesible a nivel económico comparadas a las zanjas de infiltración parcial. Por otro lado, la implementación de este tipo de zanjas puede contribuir a la conservación del parque nacional, estas mitigan los efectos de erosión y requieren de la plantación de especies vegetales en la parte superior de las misma además una mayor infiltración en

el terreno del agua de lluvia proporcionara humedad a las plantas cercanas por lo cual esta tipo de obra puede tener medidas compensatorias al entorno pese a la intervención del área.

- **Ubicación de pavimentos permeables:** Para esta propuesta de control y aprovechamiento se situó el sistema en la parte alta de los sectores estudiados, en este caso en el sector Malagón, específicamente en la calle Boulevard Malagón dicha ubicación se realizó tomando en cuenta el perfil de elevación del área seleccionada, donde las pendientes tienen un valor promedio de 1.2 % y un valor máximo del 2.2% (ver figura 21) ya que si el pavimento permeable es aplicado a pendientes mayores al 5% las aguas de lluvias absorbidas por el concreto poroso escurrirán a la sub-base, generando sub – presiones que pueden causar daños al sistema. Adicionalmente se consideró la ubicación en esta zona con la finalidad de controlar la escorrentía proveniente de la cuenca 2 haciendo de este modo una contribución a los sistemas de drenajes existentes, mejorando las condiciones de incapacidad de respuesta de los mismos ante las precipitaciones lo cual conlleva a disminuir el riesgo de inundación de las partes bajas de los sectores estudiados.



**Perfil de elevación Boulevard Malagón**

Flores. A

- **Ubicación de cosecha de agua. Aprovechamiento de pendientes:** debido a que la localización de esta obra determinará su captación así como el control de los excedentes, se determinó que la mejor ubicación para la aplicación de esta técnica es la cuenca 2, ya que se contribuye a controlar los excedentes de agua que afectan a los sectores y se dispone de espacio suficiente, y pendientes aprovechables para la instalación del sistema.

#### 4.3.2 Factibilidad ambiental.

Esta evaluación se llevó a cabo haciendo uso de una matriz de impactos ambientales la cual plantea indicadores cuya medición se realiza de manera cualitativa ya que no se dispone de un instrumento que permita obtener un resultado exacto y bajo tres criterios ambientales, expuestos a continuación.

- **Magnitud:** corresponde al grado o nivel de alteración que sufre el ambiente a causa de una acción del proyecto.
- **Importancia:** evalúa el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto.
- **Dificultad de Manejo:** se define como la dificultad de solución para el factor ambiental analizado, es decir, la incapacidad de remediar los daños causados por efectos de los impactos y retornos de la obra civil en estudio.

Tales criterios serán evaluados de acuerdo a la siguiente escala:

Valores de 1-4 representa una magnitud, importancia y/o dificultad de manejo baja del factor evaluado.

Valores de 5-7 representa una magnitud, importancia y/o dificultad de manejo media del factor evaluado.

Valores de 8-10 representa una magnitud, importancia y/o dificultad de manejo alta del factor evaluado.

Por medio de los indicadores evaluados se determinan los resultados finales, los mismos son expresados de forma porcentual medidos del 0 al 100 %. Arrojando una factibilidad ambiental alta, media o baja de acuerdo a los siguientes rangos:

Factibilidad baja: menor a 49%.

Factibilidad media: entre 50% y 70%.

Factibilidad alta: mayor a 70%.

En la determinación de la factibilidad ambiental se consideró que las cuencas relacionadas con el estudio se encuentran ubicadas dentro del Parque Nacional San Esteban y que el mismo, fue creado con la finalidad de proteger y conservar muestras relevantes y representativas de los ecosistemas y paisajes de la porción central de la Cordillera de la Costa.

A continuación se presentan los resultados de factibilidad obtenidos con la aplicación de la matriz a cada una de las obras.

- **Factibilidad ambiental dique.**

A través de la aplicación de la matriz se obtuvo una factibilidad ambiental de 62.62%, lo cual se ubica en un rango de factibilidad ambiental media. (Ver tabla 2).

- **Factibilidad ambiental zanja de infiltración.**

La factibilidad ambiental para esta técnica de control de agua de lluvia obtenida con la aplicación de la matriz es alta, con un valor de 70.73%. (Ver tabla 3).

- **Factibilidad ambiental pavimentos permeables.**

La factibilidad ambiental obtenida con la evaluación de la matriz ambiental es de 81.28%, con lo cual se determina que los mismo poseen una factibilidad ambiental alta. (Ver tabla 4).

- **Factibilidad ambiental cosecha de agua. (Aprovechamiento de pendientes).**

Por medio de la aplicación de la matriz ambiental a esta técnica de aprovechamiento manejo y control de agua de lluvias se le asignó una factibilidad de 79.95%, lo cual se ubica en una factibilidad ambiental alta. (Ver tabla 5).

De acuerdo a la aplicación de la matriz ambiental se determinó que la implementación del dique ejerce una mayor influencia en su entorno, teniendo así una factibilidad ambiental media. Las restantes obras evaluadas dada su naturaleza de sistemas sostenibles presentan una factibilidad ambiental alta, se determinó según los resultados que el uso de los pavimentos permeables como alternativa de control y aprovechamiento representa la mejor opción desde el punto de vista ambiental ya que se obtuvo un valor mayor al 80% en cuanto a su factibilidad ambiental.

**: Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: dique**

	Matriz de Impactos y Retornos Ambientales								
	Componente ambiental	Elemento Ambiental	Efecto ambiental	Criterios			Promedio	Resultado	
				Magnitud	Importancia	Dificultad de Manejo			
Impactos ( efectos generado al entorno por el proceso constructivo / post construcción )	Atmosférico	Aire	Afectación de la calidad del aire por emisión de gases	2	2	2	2.00	66%	
			Generación de ruido y vibraciones	4	2	3	3.00		
			Generación de material particulado	4	3	5	4.00		
			Olores molestos	3	2	2	2.33		
	Físico	Suelo	Afectación por procesos erosivos por remoción de la capa orgánica	7	4	4	5.00		
			Incentivar movimiento de masas	4	4	4	4.00		
			Acumulación de residuos	5	3	3	3.67		
		Agua	Variación de la dinámica fluvial	5	3	2	3.33		
			Variación de las caract. físico químicas	4	4	3	3.67		
			Alteración de los Patrones de Drenajes	5	5	3	4.33		
		Paisaje	Variación de las geoformas iniciales	6	4	3	4.33		
			Cambio en la percepción paisajísticas	5	3	4	4.00		
		Clima		Incremento de la evaporación y Variación de los niveles de humedad	6	4	4		4.67
				Incremento de la temperatura media ambiental	6	4	4		4.67
	Bióticos	Flora	Presencia de especies invasoras	1	1	1	1.00		
			Disminución o muerte de especies	3	3	3	3.00		
			Degradación de la cobertura	5	3	3	3.67		
		Fauna	Migración de especies	5	2	3	3.33		
			Afectación de especies autóctonas protegidas	4	5	4	4.33		
			Afectación de espacios de nidificación	4	5	4	4.33		
	Social	Humano	Disminución o muerte	4	3	3	3.33		
			Efectos sobre la salud humana	4	4	3	3.67		
			Afectación de la calidad de vida	3	3	3	3.00		
Afectación de la actividad económica			4	3	3	3.33			
Acumulación de residuos			5	3	3	3.67			
Afectación de las vías públicas e infraestructura de servicios			3	2	3	2.67			
Retornos ( Afectaciones generadas a la obra por el entorno )	Físico	Naturales	Actividad sísmica	6	4	5	5.00	59%	
			Nivel de precipitaciones e incidencia sobre la planificación y actividades constructivas	6	4	4	4.67		
			Deterioro por Socavación	5	5	5	5.00		
			Riesgo de movimientos de masa (derrumbes, deslizamientos, deslaves)	5	5	5	5.00		
			Presencia de fauna silvestre (mordeduras y picaduras)	6	2	3	3.67		
			Deterioro por alteración de nivel freático	5	3	5	4.33		
	Social	Humano	Deterioro por contaminación	6	3	4	4.33		
			Deterioro por falta de mantenimiento	7	4	4	5.00		
			Nivel de inseguridad( personal, de equipos, maquinarias e instalaciones)	5	5	4	4.67		
			Factor político	5	5	4	4.67		
		Conflictividad social	4	5	5	4.67			
<b>FACTOR DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL</b>							<b>62.62%</b>		

Flores. A (2020).

**: Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: zanjas filtrantes**

Matriz de Impactos y Retornos Ambientales									
Componente ambiental	Elemento Ambiental	Efecto ambiental	Criterios			Promedio	Resultado		
			Magnitud	Importancia	Dificultad de Manejo				
Impactos ( efectos generado al entorno por el proceso constructivo / post construcción )	Atmosférico	Aire	Afectación de la calidad del aire por emisión de gases	1	1	1	1.00	70%	
			Generación de ruido y vibraciones	1	1	1	1.00		
			Generación de material particulado	3	1	3	2.33		
			Olores molestos	2	1	2	1.67		
	Físico	Suelo	Afectación por procesos erosivos por remoción de la capa orgánica	6	3	2	3.67		
			Generación de movimiento de masas	2	2	2	2.00		
			Acumulación de residuos	4	2	2	2.67		
		Agua	Variación de la dinámica fluvial	5	2	3	3.33		
			Variación de las caract. físico químicas	3	3	3	3.00		
			Alteración de los Patrones de Drenajes	5	3	3	3.67		
			Variación de las geoformas iniciales	7	3	3	4.33		
		Paisaje	Clima	Cambio en la percepción paisajísticas	6	3	4		4.33
				Incremento de la evaporación y Variación de los niveles de humedad	4	3	3		3.33
				Incremento de la temperatura media ambiental	4	3	3		3.33
	Bióticos	Flora	Presencia de especies invasoras	1	1	1	1.00		
			Disminución o muerte de especies	4	2	2	2.67		
			Degradación de la cobertura	7	3	3	4.33		
		Fauna	Migración de especies	5	2	3	3.33		
			Afectación de especies autóctonas protegidas	3	3	3	3.00		
			Afectación de espacios de nidificación	3	3	3	3.00		
	Social	Humano	Disminución o muerte	2	3	3	2.67		
			Efectos sobre la salud humana	4	3	3	3.33		
			Afectación de la calidad de vida	4	3	3	3.33		
			Afectación de la actividad económica	3	3	3	3.00		
			Acumulación de residuos	5	2	3	3.33		
			Afectación de las vías públicas e infraestructura de servicios	2	2	2	2.00		
	Retornos ( Afectaciones generadas a la obra por el entorno )	Físico	Naturales	Actividad sísmica	3	2	3		2.67
Nivel de precipitaciones e incidencia sobre la planificación y actividades constructivas				5	3	3	3.67		
Deterioro por Socavacion							0.00		
Riesgo de movimientos de masa (derrumbes, deslizamientos, deslaves)				2	1	2	1.67		
Presencia de fauna silvestre (mordeduras y picaduras)				5	2	2	3.00		
Social		Humano	Deterioro por alteración de nivel freático	4	2	3	3.00		
			Deterioro por contaminación	5	2	3	3.33		
			Deterioro por falta de mantenimiento	6	3	3	4.00		
			Nivel de inseguridad( personal, de equipos, maquinarias e instalaciones)	5	3	3	3.67		
			Factor político	4	3	3	3.33		
<b>FACTOR DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL</b>							<b>70.73%</b>		

Flores. A (2020).

**: Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: pavimentos permeables**

	Matriz de Impactos y Retornos Ambientales							Resultado
	Componente ambiental	Elemento Ambiental	Efecto ambiental	Criterios			Promedio	
				Magnitud	Importancia	Dificultad de Manejo		
Impactos ( efectos generado al entorno por el proceso constructivo / post construccion )	Atmosférico	Aire	Afectación de la calidad del aire por emisión de gases	1	1	1	1.00	83%
			Generación de ruido y vibraciones	2	1	1	1.33	
			Generación de material particulado	3	2	2	2.33	
			Olores molestos	3	1	2	2.00	
	Físico	Suelo	Afectación por procesos erosivos por remoción de la capa orgánica	1	1	1	1.00	
			Generación de movimiento de masas	2	1	1	1.33	
			Acumulación de residuos	2	1	2	1.67	
		Agua	Variación de la dinámica fluvial	3	1	2	2.00	
			Variación de las caract. físico químicas	1	1	1	1.00	
			Alteración de los Patrones de Drenajes	4	2	2	2.67	
		Paisaje	Variación de las geoformas iniciales	4	1	2	2.33	
			Cambio en la percepción paisajísticas	4	1	2	2.33	
	Clima	Incremento de la evaporación y Variación de los niveles de humedad	2	1	2	1.67		
		Incremento de la temperatura media ambiental	2	1	2	1.67		
	Bióticos	Flora	Presencia de especies invasoras				0.00	
			Disminución o muerte de especies				0.00	
			Degradación de la cobertura				0.00	
		Fauna	Migración de especies	1	1	1	1.00	
			Afectación de especies autóctonas protegidas				0.00	
			Afectación de espacios de nidificación				0.00	
	Social	Humano	Disminución o muerte				0.00	
			Efectos sobre la salud humana	4	2	2	2.67	
			Afectación de la calidad de vida	4	2	3	3.00	
Afectación de la actividad económica			4	2	3	3.00		
Acumulación de residuos			5	2	3	3.33		
Afectación de las vías públicas e infraestructura de servicios			4	2	3	3.00		
Actividad sísmica			4	2	3	3.00		
Retornos ( Afectaciones generadas a la obra por el entorno )	Físico	Naturales	Nivel de precipitaciones e incidencia sobre la planificación y actividades constructivas	5	2	2	3.00	80%
			Deterioro por Socavacion				0.00	
			Riesgo de movimientos de masa (derrumbes, deslizamientos, deslaves)				0.00	
			Presencia de fauna silvestre (mordeduras y picaduras)				0.00	
			Deterioro por alteración de nivel freático	1	1	1	1.00	
			Deterioro por contaminación	5	2	3	3.33	
	Social	Humano	Deterioro por falta de mantenimiento	6	2	3	3.67	
			Nivel de inseguridad( personal, de equipos, maquinarias e instalaciones)	3	2	2	2.33	
			Factor político	5	4	4	4.33	
			Conflictividad social	5	4	4	4.33	
<b>FACTOR DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL</b>							<b>81.28%</b>	

Flores. A (2020).

**: Matriz de impactos y retornos ambientales. Obra: Cosecha de agua**

	Matriz de Impactos y Retornos Ambientales								
	Componente ambiental	Elemento Ambiental	Efecto ambiental	Criterios			Promedio	Resultado	
				Magnitud	Importancia	Dificultad de Manejo			
Impactos ( efectos generado al entorno por el proceso constructivo / post construccion )	Atmosférico	Aire	Afectación de la calidad del aire por emisión de gases	2	1	2	1.67	78%	
			Generación de ruido y vibraciones	2	1	2	1.67		
			Generación de material particulado	3	1	2	2.00		
			Olores molestos	2	1	2	1.67		
	Físico	Suelo	Afectación por procesos erosivos por remoción de la capa orgánica	3	2	3	2.67		
			Generación de movimiento de masas	3	2	2	2.33		
			Acumulación de residuos	3	1	2	2.00		
		Agua	Variación de la dinámica fluvial	3	1	2	2.00		
			Variación de las caract. físico químicas	3	2	2	2.33		
			Alteración de los Patrones de Drenajes	5	2	3	3.33		
		Paisaje	Variación de las geoformas iniciales	3	2	3	2.67		
			Cambio en la percepción paisajísticas	6	2	3	3.67		
			Clima	Incremento de la evaporación y Variación de los niveles de humedad	2	1	2		1.67
				Incremento de la temperatura media ambiental	2	1	2		1.67
	Bióticos	Flora	Presencia de especies invasoras	1	1	1	1.00		
			Disminución o muerte de especies	1	1	1	1.00		
			Degradación de la cobertura	3	1	2	2.00		
		Fauna	Migración de especies	3	1	2	2.00		
			Afectación de especies autóctonas protegidas	1	1	1	1.00		
			Afectación de espacios de nidificación	1	1	1	1.00		
	Social	Humano	Disminución o muerte	1	1	1	1.00		
			Efectos sobre la salud humana	4	2	3	3.00		
			Afectación de la calidad de vida	3	1	3	2.33		
Afectación de la actividad económica			3	1	3	2.33			
Acumulación de residuos			4	1	2	2.33			
Afectación de las vías públicas e infraestructura de servicios			2	1	1	1.33			
Retornos ( Afectaciones generadas a la obra por el entorno )	Físico	Naturales	Actividad sísmica	5	3	3	3.67	82%	
			Nivel de precipitaciones e incidencia sobre la planificación y actividades constructivas	6	3	3	4.00		
			Deterioro por Socavacion				0.00		
			Riesgo de movimientos de masa (derrumbes, deslizamientos, deslaves)	3	2	2	2.33		
			Presencia de fauna silvestre (mordeduras y picaduras)	4	1	2	2.33		
			Deterioro por alteración de nivel freático	1	1	1	1.00		
	Social	Humano	Deterioro por contaminación	4	2	2	2.67		
			Deterioro por falta de mantenimiento	4	2	2	2.67		
			Nivel de inseguridad( personal, de equipos, maquinarias e instalaciones)	4	2	2	2.67		
			Factor político	4	3	3	3.33		
			Conflictividad aocial	4	3	3	3.33		
<b>FACTOR DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL</b>							<b>79.95%</b>		

Flores. A (2020).

### 4.3.3. Factibilidad técnica.

La determinación de la factibilidad técnica se realizó a través de la creación y aplicación de una matriz donde se consideraron los siguientes aspectos a evaluar.

- **Localización de la Obra:** considera la adaptación de la obra estudiada a la geología del terreno, el espacio disponible para el desarrollo de la obra, dificultad de acceso, riesgos y amenazas presentadas de acuerdo a la ubicación.
- **Equipos:** evalúa la disponibilidad de los equipos requeridos y lugar de almacenamiento.
- **Materiales:** evalúa la disponibilidad de los materiales requeridos y lugar de almacenamiento.
- **Equipo humano:** considera la disponibilidad de equipo profesional y obrero calificado para el desarrollo de la obra.
- **Técnica de construcción:** considera la tecnología disponible para el proceso constructivo.
- **Mantenimiento:** considera los requerimientos de mantenimiento preventivo o correctivo que pueda requerir la obra evaluada.

Cada uno de los factores medidos se le asigna un valor del 1 al 10, donde:

Valores de 1-4 representan factibilidad baja del factor evaluado.

Valores 5-7 representan factibilidad media del factor evaluado.

Valores 8-10 representan factibilidad alta del factor evaluado.

Los resultados finales son expresados de forma porcentual medidos del 0 al 100%, asignando valores que determinaran una factibilidad técnica baja, media o alta.

El rango establecido es el siguiente:

Factibilidad baja: valores menores a 49%.

Factibilidad media: valores entre 50% y 70%.

Factibilidad alta: valores mayores a 70%.

• **Factibilidad técnica dique.**

**Factibilidad técnica dique**

Obra :		DIQUE	
FACTIBILIDAD TÉCNICA			
		Factor de estudio	
LOCALIZACION DE LA OBRA	Adaptacion a la Geología del terreno	8	65%
	Adaptacion al espacio requerido	9	
	Dificultad de acceso	4	
	Amenzas y riesgos	5	
EQUIPOS	Disponibilidad	5	50%
	Disponibilidad de Lugar de almacenamiento	5	
MATERIALES	Disponibilidad en el mercado.	7	60%
	Disponibilidad de Lugar de almacenamiento	5	
EQUIPOS HUMANOS	Disponibilidad de Equipos profesionales	7	75%
	Disponibilidad de personal obrero	8	
TECNICA COSTRUTIVA	Tecnología disponible	7	70%
MANTENIMIENTO	Mantenimiento preventivos	7	60%
	Mantenimiento correctivos	5	
RESULTADO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA			<b>65.0%</b>

Flores. A (2020).

De acuerdo a la aplicación de la matriz técnica se observa que los factores más desfavorables técnicamente para la aplicación de la obra son:

- Dificultad de acceso dada la localización de la obra.
- Materiales y equipos, se requieren de maquinarias pesadas y cantidad de materiales considerables para la ejecución de la obra, lo cual aumenta la necesidad de un lugar amplio y adecuado para el almacenamiento de los mismos, así como la disposición de vías de acceso y transporte para la recepción de tales materiales.
- Mantenimiento, la implementación de esta obra requiere mantenimientos preventivos a fin de garantizar su buen funcionamiento.

El valor promedio de factibilidad para dique obtenido es de 65 %. (Ver tabla 6) con una factibilidad técnica media.

- **Factibilidad técnica zanja de infiltración.**

La aplicación de la matriz técnica a las zanjas de infiltración determino que las mismas tienen una factibilidad técnica alta, con un valor de 71.6% (ver tabla 7), siendo la localización del sistema el factor más desfavorable debido a la dificultad de acceso para el proceso constructivo así como también para su posterior mantenimiento.

**Factibilidad técnica zanja de infiltración**

Obra :	ZANJA FILTRANTE		
FACTIBILIDAD TÉCNICA			
Factor de estudio			
LOCALIZACION DE LA OBRA	Adaptacion a la Geología del terreno	7	65%
	Adaptacion al espacio requerido	8	
	Dificultad de acceso	5	
	Amenzas y riesgos	6	
EQUIPOS	Disponibilidad	8	70%
	Disponibilidad de Lugar de almacenamiento	6	
MATERIALES	Disponibilidad en el mercado.	8	70%
	Disponibilidad de Lugar de almacenamiento	6	
EQUIPOS HUMANOS	Disponibida de Equipos profesionales	8	85%
	Disponibilidad de personal obrero	9	
TECNICA CONSTRUTIVA	Tecnología disponible	7	70%
MANTENIMIENTO	Mantenimieto preventivos	7	70%
	Mantenimieto correctivos	7	
<b>RESULTADO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA</b>			<b>71.67%</b>

Flores. A (2020).

- **Factibilidad técnica pavimentos permeables.**

El factor más desfavorable determinado con la aplicación de la matriz técnica es la disponibilidad de equipos profesionales y obreros calificados para la implementación de este sistema, ya que se requiere de un personal especializado y capacitado, así mismo se consideró que pese a ser un sistema resistente los mantenimientos correctivos del mismo podrían ser elevados en caso de requerirlos. Esta alternativa representa una factibilidad alta con un valor de 72.92%. (Ver tabla 8).

· **Factibilidad técnica cosecha de agua. (Aprovechamiento de pendientes)**

La ejecución de esta alternativa no presenta mayores requerimientos a nivel técnico, reflejándose en la aplicación de la matriz que su factibilidad técnica es de 76.25% (ver tabla 9) siendo una factibilidad técnica alta.

De acuerdo a los factores evaluados en la matriz técnica se puede observar que las obras de carácter sostenible presentan un mayor índice de factibilidad ante las obras estructurales convencionales, obteniéndose una factibilidad técnica media para la implementación del dique y una factibilidad técnica alta para las demás alternativas evaluadas.

**Factibilidad pavimento permeable**

Obra :	PAVIMETO PERMEABLE		
FACTIBILIDAD TÉCNICA			
	Factor de estudio		
LOCALIZACION DE LA OBRA	Adaptacion a la Geologia del terreno	7	78%
	Adaptacion al espacio requerido	7	
	Dificultad de acceso	9	
	Amenzas y riesgos	8	
EQUIPOS	Disponibilidad	6	70%
	Disponibilidad de Lugar de almacenamiento	8	
MATERIALES	Disponibilidad en el mercado.	7	75%
	Disponibilidad de Lugar de almacenamiento	8	
EQUIPOS HUMANOS	Disponibilidad de Equipos profesionales	6	60%
	Disponibilidad de personal obrero	6	
TECNICA CONSTRUTIVA	Tecnologia disponible	9	90%
MANTENIMIENTO	Mantenimiento preventivos	8	65%
	Mantenimiento correctivos	5	
RESULTADO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA			72.92%

Flores. A (2020).

### Factibilidad cosecha de agua

Obra :		COSECHA.APROVECHAMIENTO DE PENDIENTES		
FACTIBILIDAD TÉCNICA				
		Factor de estudio		
LOCALIZACION DE LA OBRA	Adaptacion a la Geología del terreno	7	68%	
	Adaptacion al espacio requerido	8		
	Dificultad de acceso	6		
	Amenzas y riesgos	6		
EQUIPOS	Disponibilidad	8	80%	
	Disponibilidad de Lugar de almacenamien	8		
MATERIALES	Disponibilidad en el mercado.	8	80%	
	Disponibilidad de Lugar de almacenamien	8		
EQUIPOS HUMANOS	Disponibilida de Equipos profesionales	9	90%	
	Disponibilidad de personal obrero	9		
TECNICA CONSTRUCTIVA	Tecnología disponible	6	60%	
MANTENIMIENTO	Mantenimieto preventivos	8	80%	
	Mantenimieto correctivos	8		
<b>RESULTADO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA</b>			<b>76.25%</b>	

Flores. A (2020).

#### **4.4 Selección de la obra a implementar para el manejo control de excedentes y aprovechamiento de agua de lluvia en los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula.**

La evaluación técnica y ambiental de cada obra determinó que las mismas presentan una factibilidad media-alta (ver tabla 10) , demostrando que todas las alternativas evaluadas son viables, sin embargo tales resultados no son determinantes para la selección final de la alternativa a implementar por lo cual, a fin de seleccionar la opción más apropiada se realizó un análisis final de cada una de las obras donde se tomó en cuenta los factores más desfavorables a nivel técnico y ambiental, la vida útil del proyecto, la utilidad del sistema ante la problemática planteada, así como también las ventajas y desventajas que implican la aplicación del mismo.

### Factibilidad técnica y ambiental de alternativas.

Obra:	Dique	Zanjas de infiltración	Pavimentos Permeables	Cosecha de agua
Factibilidad ambiental	62.62 %	70.73 %	81.28 %	79.95 %
Factibilidad técnica	65 %	71.6 %	72.92 %	76.25 %
Factibilidad	Media	Alta	Alta	Alta

Flores. A (2020).

- **Análisis de selección de alternativa: Dique. (Ver tabla 11).**

La aplicación de esta obra hidráulica genera impactos ambientales en el suelo, agua y clima sin embargo tales impactos pueden ser manejables utilizando medidas compensatorias. A nivel técnico de acuerdo a la localización y naturaleza de la obra se requieren de maquinarias pesadas, mayor cantidad de materiales y la disposición de un lugar de almacenamiento más amplio lo cual se traduce en un mayor costo de ejecución, debe considerarse que tal costo puede ser compensado por la utilidad de la misma ya que esta contribuye al control manejo y aprovechamiento. Dada su localización en la cuenca 1 la obra contribuye al aprovechamiento de los volúmenes de agua provenientes del río agua linda, sin embargo su área de influencia como sistema de control de inundaciones no se encuentra dentro de los sectores estudiados por lo cual la aplicación de esta alternativa se encuentra limitada.

- **Análisis de selección de alternativa: zanjas de infiltración. (Ver tabla 12).**

Las zanjas de infiltración son una alternativa que desde el punto de vista ambiental no generan grandes impactos y aquellos efectos que pueda tener sobre el ambiente se consideran manejables. Técnicamente su proceso constructivo no requiere de maquinarias equipos o mano de obra compleja, sin embargo para garantizar el buen funcionamiento de estas es necesario un mantenimiento periódico de las mismas para evitar que ocurra colmatación y se hagan inefectivas, dada la ubicación planteada para este sistema el acceso a futuros mantenimientos será complejo, siendo posible y muy probable la pérdida del sistema con el tiempo, debido a esto la factibilidad de aplicación

de este sistema a la zona estudiada se considera baja, descartando la selección de esta alternativa como solución.

### Análisis de selección obra: dique.

OBRA : DIQUE					
Factor ambiental más desfavorable	Factor técnico más desfavorable	Vida útil	Uso	Ventajas	Desventajas
SUELO: Afectación por procesos erosivos. Por remoción de la capa orgánica	Equipos y materiales	50 años aprox.	Obra de manejo control y aprovechamiento	Representan una defensa contra inundaciones, permite el aprovechamiento.	Costo de ejecución y mantenimiento representativo
AGUA: alteración de los patrones de drenaje y variación de la dinámica fluvial	Dificultad de acceso				
CLIMA: Variación de niveles de humedad. Incremento de la temperatura media ambiental	Mantenimiento				

Flores. A (2020).

### Análisis de selección obra: Zanjas de infiltración.

OBRA : ZANJA DE INFILTRACIÓN					
Factor ambiental más desfavorable	Factor técnico más desfavorable	Vida Útil	Uso	Ventajas	Debilidades
PAISAJE: variación de las geoformas iniciales, cambio de la percepción paisajística	Mantenimiento preventivos	Dependerá de un correcto diseño y mantenimiento	Manejo Y control de aguas pluviales	Disminuyen caudal y escorrentía	Presentan problemas de colmatación
				Recargan el manto de agua subterránea	
				Mitigan erosión y degradación del suelo	

Flores. A (2020).

- **Análisis de selección de alternativa: pavimentos permeables.**

**Análisis de selección obra: pavimentos permeables.**

OBRA : PAVIMENTO PERMEABLE					
Factor ambiental más desfavorable	Factor técnico más desfavorable	Vida útil	Uso	Desventajas	Ventajas
No presenta impactos ambientales determinates	Equipo humano.	20 a 40 años	Manejo, control y aprovechamiento	En ausencia o inexistente mantenimiento se reduce la confiabilidad del sistema. No se han registrado desventajas representativas	Disminuyen los picos de caudales Posibilidad de reutilización de las aguas pluviales para usos no potables Flexibilidad en diseños y tipos . Permiten la recarga del manto acuífero Resistentes a falta de mantenimiento

Flores. A (2020).

De acuerdo al análisis realizado (ver tabla 13), los pavimentos permeables favorecen el ambiente, técnicamente su mayor implicación viene dada en la necesidad de equipo humano calificado, este sistema permite el manejo control y aprovechamiento de las aguas de lluvias por lo cual su alcance está dentro del objetivo general del trabajo de grado. Esto lo hace una alternativa viable para su selección, sin embargo se debe considera que la eficiencia de este sistema para el aprovechamiento está limitada ya que su captación depende de las precipitaciones que se generen en la zona.

- **Análisis de selección de alternativa: cosecha de agua, método aprovechamiento de pendientes. (Ver tabla 14).**

La cosecha de agua a través del aprovechamiento de pendientes no genera un impacto ambiental relevante, su aplicación y ejecución técnicamente no representa inconvenientes significativos, sin embargo, se descarta la aplicación de esta alternativa

como solución ya que aunque es una medida que contribuye al manejo control y aprovechamiento de las aguas de lluvia su función de aprovechamiento se limita a la captación en determinadas épocas del año, específicamente entre los meses julio a octubre según estudios realizados a registros de precipitaciones de distintas estaciones del estado Carabobo. (Ver anexo c) De tal modo que su eficiencia ante la problemática de abastecimiento que enfrenta la población se considera baja considerando los costos que generara la implementación del sistema y la utilidad del mismo, por lo cual se determina que no es viable el uso de esta propuesta para la aplicación del caso estudiado.

**Análisis de selección obra: cosecha de agua.**

OBRA : COSECHA DE AGUA					
Factor ambiental más desfavorable	Factor tecnico más desfavorable	Vida útil	Uso	Ventajas	Debilidades
SUELO: Afectación por procesos erosivos. Por remoción de la capa organica	Localización	Depende del diseño y mantenimiento del sistema.	Manejo, control y aprovechamiento	Beneficia a zonas que no cuentan con suministro de agua. Disminuye el uso de agua potable en tareas domesticas.	Requiere de grandes areas para su implementacion y tanque s de almacenamiento
PAISAJE: Cambio de la percepcion paisajistica				Disminuye la escorrentia, contribuyendo a los sistemas de drenajes existentes	La captación solo es posible en determinadas temporadas del año.

Flores. A (2020).

Una vez realizado el análisis de cada una de las obras seleccionadas se determinó que el uso de zanjas filtrantes y cosecha de agua por el método de aprovechamiento de pendientes no resultan factibles para el caso estudiado, siendo los pavimentos permeables la opción más viable para el manejo, control y aprovechamiento, sin embargo dado que el aprovechamiento con esta obra se limitara a la captación de agua de lluvia se plantea la combinación de esta obra con la implementación de un dique.

- **Propuesta: combinación de dique y pavimentos permeables.**

El uso de pavimentos permeables genera grandes ventajas, ya que no acarrear impactos ambientales determinantes, existe una amplia gama de diseños, y posee una vida útil que puede alcanzar los 40 años con adecuado mantenimiento, ya que el objetivo de la investigación es controlar y aprovechar los excedentes de agua de lluvia el uso de esta alternativa permite controlar y manejar tales excedentes de manera que los mismos no lleguen a las zonas bajas del sector Vivienda Rural de Bárbula lo cual disminuye la posibilidad de inundaciones, adicionalmente a través de este sistema no sólo se puede hacer una descarga controlada de estos excedentes también presentan la posibilidad de aprovechar tales excedentes con fines no potables si se desea. Combinar esta alternativa con la implementación de un dique en la cuenca estudiada genera la posibilidad de aprovechar el agua proveniente de una corriente permanente que pueda abastecer a los habitantes del sector Malagón quienes presentan un grado mayor de afectación en el suministro de agua, de manera tal que la combinación de estas dos obras hidráulicas representa la mejor opción a implementar ya que los impactos ambientales y las implicaciones a nivel técnico pueden ser manejadas a través de una correcta planificación de obra, pese a generar un mayor costo por los materiales y equipos requeridos la eficiencia del sistema ante el problema estudiado es mayor que las demás alternativas estudiadas permitiendo así cubrir el objetivo general de la investigación y aportando un beneficio a ambos sectores de acuerdo al grado de afectación que enfrenta cada uno.

Finalmente se determinó que la combinación de estas dos obras hidráulicas representa la mejor alternativa de acuerdo a la eficiencia del sistema ya que el mismo contribuye controlar los picos de caudales, a su vez favorecerá los sistemas de drenajes existentes en la zona teniendo una respuesta efectiva frente a las precipitaciones, los pavimentos permeables permiten el manejo de las aguas de lluvia llevando la mismas a una zona de descarga favorecedora para los sectores, este sistema permitirá el aprovechamiento de las aguas provenientes del río Agua Linda por medio de la

implementación del dique, favoreciendo ampliamente a los habitantes de las zonas altas, de este modo se mejora la calidad y condiciones de vida de los habitantes de los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula.

## CONCLUSIONES

Las inundaciones y el desabastecimiento de agua potable es una problemática a la cual se enfrentan la mayoría de los sectores del país, tal problemática obedece a fallas de diseño en los sistemas de drenaje, falta de mantenimiento en los sistemas tanto de drenaje como de las redes de distribución de agua potable, esta situación suele ser más grave en los sectores donde ha ocurrido un mayor asentamiento poblacional de forma no planificada, tal como se evidencia en los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula, de manera tal que se hace necesario la implementación de nuevos proyectos de obras civiles para ofrecer una mejor calidad de vida a los habitantes de los sectores afectados, sin embargo la selección de estas soluciones no pueden ser elegidas al azar ya que una decisión desacertada puede agravar la problemática existente, con lo cual se hace necesario la aplicación de un estudio de factibilidad que permita determinar la mejor alternativa ante el problema.

La evaluación ambiental y técnica constituye la base para un estudio de factibilidad, ya que a través de estas evaluaciones se determinara la potencialidad de aplicación de las alternativas estudiadas, sin embargo en algunos casos se deben tomar en cuenta otros factores que permitan seleccionar la opción más viable como se evidenció en la investigación, ya que a través de la evaluación técnica y ambiental los resultados obtenidos mostraron que todas las alternativas consideradas resultaban viables por lo cual, se hizo necesario la consideración de otros factores para la selección de la propuesta planteada, en este caso se tomaron en cuenta varios aspectos relevantes. En primer lugar, la contribución de la obra al alcance del objetivo general de la investigación, la obra a implementar debe contribuir al control, manejo y aprovechamiento de los excedentes de agua de lluvia en los sectores estudiados, por esta razón se estableció la combinación de las obras hidráulicas para la propuesta final ya que a través del análisis realizado a cada una de las obras se observó que la implementación de solo una de ellas tendría limitantes en cuanto al objetivo a alcanzar.

La utilización del dique contribuirá al aprovechamiento por parte de los habitantes del sector sin embargo el área de influencia para el manejo y control de inundaciones se encuentra fuera de las áreas determinadas como críticas durante el estudio, del mismo modo la utilización de zanjas de infiltración completa permitirá el control en las áreas afectadas pero no permiten realizar un aprovechamiento de las aguas infiltradas por los habitantes de los sectores estudiados, en cuanto a la propuesta de pavimentos permeables y cosecha de agua ambas opciones contribuyen al manejo control y aprovechamiento pero este último se ve limitado a la existencia y nivel de precipitaciones por lo tanto la cantidad almacenada de agua no resultara influyente en la problemática grave de abastecimiento que presentan los sectores en estudio.

Ahora bien, la configuración de la propuesta final tomo en cuenta el análisis realizado a cada una de las obras donde se consideró la vida útil, ventajas y desventajas proporcionadas por la obra y los factores técnicos y ambientales más desfavorables. De acuerdo a este análisis se demostró que la aplicación de zanjas filtrantes y cosecha de agua de lluvia no resultan las obras más idóneas para la solución de la problemática, la primera de estas requiere de mantenimientos preventivos constantes para garantizar su funcionamiento y debido a su ubicación el acceso a esta es difícil lo que puede conllevar una pérdida de la obra con el tiempo. La cosecha de agua de lluvias requiere de la intervención de grandes áreas para su aplicación y su aprovechamiento solo será posible durante las épocas de lluvia por lo tanto el costo de inversión en el sistema no se consideró rentable para la contribución del mismo a la problemática. Concluyendo así que la combinación más acertada de acuerdo al objetivo de la investigación, la duración del sistema, los estudios ambientales y técnicos realizados es la implementación de una obra estructural convencional en este caso un dique con un sistema de drenaje sostenible como los pavimentos permeables. El dique almacenara volúmenes de aguas provenientes de una corriente de agua permanente, aportando así la posibilidad de aprovechamiento a los habitantes de los sectores estudiados, mientras que los pavimentos permeables contribuyen al control de inundaciones en las áreas bajas las cuales presentan mayor afectación y a su vez el agua captada por este sistema

puede ser dispuesta y almacenada con fines de aprovechamiento. Aunque el planteamiento propuesto requiere de una mayor inversión económica para su implementación se tomó en cuenta la vida útil de ambas obras la cual es bastante amplia, para su operación y funcionamiento se requieren mantenimientos preventivos sin embargo la aplicación de estos será menos frecuente que las demás obras evaluadas, el impacto ambiental de los pavimentos permeables es bajo y los generados por el dique pueden ser manejados a través de medidas mitigantes y/o compensatorias. Este sistema aportara una mejora en la calidad de vida, siendo así una solución viable para las afectaciones que presentan los habitantes de ambos sectores.

## RECOMENDACIONES

Para la implementación de la propuesta planteada además del estudio técnico y ambiental realizado por medio de este trabajo de grado se recomienda:

Realizar estudios financieros correspondientes a la propuesta plasmada con la finalidad de seleccionar los materiales, equipos y técnicas de construcción más adecuadas , que permitan la realización del proyecto con la menor inversión posible sin interferir con la durabilidad, funcionamiento y diseño óptimo del mismo.

En el diseño de los pavimentos permeables tomar en cuenta la realización de estudios de suelos, el nivel freático y permeabilidad del suelo para la selección del tipo de sistema de infiltración que se utilizara. Así como también la realización de conteos vehiculares en el área para garantizar que la resistencia del concreto permeable seleccionado sea la adecuada. Si se utilizan geotextiles en el diseño tomar en cuenta que estos aumentan la fricción producida en cada una de las capas del pavimento por lo que el proceso de diseño debe ser cuidadoso con el fin de evitar la pérdida de resistencia a esfuerzos.

Contratar personal calificado y especializado para el diseño de la propuesta y la elaboración del proyecto de manera tal que se eviten errores en el diseño y ejecución que puedan comprometer el funcionamiento del sistema.

Realizar la contratación de estudios para evaluar el sistema de drenaje urbano de toda la zona incluido el estudio hidráulico de las quebradas, ya que los mismos presentan colapsos frecuentes.

A las autoridades competentes, especialmente a las del municipio Naguanagua:

Velar por el cumplimiento de las Leyes de ordenamiento urbanístico establecidas para el municipio.

Divulgación de información para concientizar a las personas sobre los riesgos que conlleva los asentamientos humanos en zonas no permitidas de acuerdo al Plan de Desarrollo Urbano de cada región.

Elaborar planes de emergencia para las comunidades en caso de presentarse una situación de riesgo por efecto de las lluvias.

Elaborar y aplicar planes de mantenimientos periódicos a los sistemas de drenaje urbano existentes, a fin de mejorar su funcionamiento.

Desarrollar programas de educación ambiental y ciudadana para incentivar a la población a la correcta disposición de los desechos de manera tal que se disminuya la obstrucción de los sistemas de drenaje urbano.

Incentivar a la población a la aplicación de alternativas de sostenibilidad como la cosecha de lluvia en techos, una alternativa cuya aplicación puede disminuir el uso de agua potable en tareas domésticas, su instalación no requiere diseños complejos y contribuiría a disminuir la escorrentía directa al sistema de drenaje urbano.

A las autoridades universitarias:

Fomentar la realización de los estudios de factibilidad en los estudiantes de ingeniería civil antes de la ejecución de una obra.

Continuar con el desarrollo de esta investigación para analizar la factibilidad del sistema de distribución de agua potable en los sectores Malagón y Vivienda Rural de Bárbula.

## REFERENCIAS

- Aparicio, F (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. Segunda edición. México. Limusa.
- Andjelkovic, I (2001). Guidelines on non- structural measures in urban flood management. Paris, UNESCO.
- Bateman, A (2010). Hidrología básica y aplicada. Grupo de investigación en transporte y sedimentos.
- Brant, J. Nieto, J (2005). Diseño de lagunas de detención para control de inundación en el municipio San Cristóbal sector Las Lomas Estado Táchira. Tesis de pregrado. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo.
- Campos, F (2010). Introducción a la hidrología urbana. Primera edición. México. San Luis Potosí.
- Castrillón, Y. (2014). Estrategias para el control de inundaciones en la zona urbana de la cuenca del río Meléndez. Universidad del Valle, Cali Colombia.
- Fidias, A (2006). Mitos y errores de la elaboración de tesis y proyectos de investigación. Tercera edición. Episteme.
- García, E. Giovannucci, D. (2016). Diseño de un sistema de almacenaje de agua, utilizando las quebradas del Ávila a fines de uso de riego. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas.
- Hernández, Fernández y Baptista (2004). Metodología de la investigación. Tercera edición. Mc Graw Hill.
- Lizardo, (2002). Metodología de la investigación. FAID.
- Mijares, H. García, L. (2007). Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado. Universidad José Antonio Páez.
- Palella y Martins (2006). Metodología de la investigación cualitativa. Segunda edición. Caracas, FEDUPEL.
- Sánchez Carlessi H. y Reyes Meza C. (2006). Metodología y diseños en la investigación científica. Quinta edición. Business support.

Selltiz, Jahoda (1965). Métodos de investigación en las relaciones sociales. Tercera edición. Madrid. Ediciones Rialp.

Tamayo y Tamayo (2003). El proceso de la investigación científica. Cuarta edición. México. Limusa.

Universidad Pedagógica experimental Libertador (2010). Manual de trabajos de grado de especialización, maestría y tesis doctorales. Caracas. FEDUPEL.

Villarino, (2010). Tratado básico de presas. Madrid. Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.

**Consultas electrónicas:**

Causas y consecuencias de las inundaciones. [Página Web en línea] disponible en:  
<https://www.ecologiaverde.com/causas-y-consecuencias-de-las-inundaciones-1282.html>

Hidrografía. [Página Web en línea]. Disponible en:  
<http://hidrografianurr.blogspot.com/p/ciclo-hidrologico.html>

Los desastres naturales en el mundo- datos estadísticos. . [Página Web en línea]. Consultado en septiembre, 2019. Disponible en:  
<https://es.statista.com/temas/3597/desastres-naturales/>

SUD Sostenible. [Página Web en línea]. Disponible en:  
<http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/depositos-superficiales-de-detencion/>

## **ANEXOS**

**ANEXO A:  
CUESTIONARIO**



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**PRESENTACIÓN DEL CUESTIONARIO**

**Estimado ciudadano(a):**

El siguiente instrumento tiene como finalidad solicitar información la cual será utilizada para el desarrollo de una investigación que tiene como objetivo realizar un **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS SECTORES MALAGON Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO NAGUANAGUA.**” Elaborado por la bachiller Flores M. Abigail B.

**Instrucciones:**

1. Por favor lea el instrumento antes de responder.
2. Marque con una (X) la respuesta seleccionada por usted.
3. En los ítems que se le indique, suministre la información solicitada.
4. Por favor responda todas las preguntas.

<b>CUESTIONARIO</b>	
1. Indique ¿en cuál sector reside y desde hace cuantos años?	
Sector:	
a. Malagón ( )	
b. Vivienda de Bárbula ( )	
2. Indique ¿hace cuantos años reside en el sector?	
a. Menos de 5 ( )	
b. De 5 a 15 ( )	
c. De 15 a 25 ( )	
d. Más de 30 ( )	
3. Si durante este tiempo ha presenciado o resultado afectado por inundaciones efecto de las lluvias , indique el sector	
Zona afectada: _____	
4. De ser afirmativa su respuesta anterior , indique el tipo de afectación	
a. Daños a viviendas y/o bienes materiales ( )	
b. Daños a servicios (electricidad, agua, otros.) ( )	
c. Efectos sobre la salud ( )	
5. ¿Con que frecuencia considera usted que se producen inundaciones por efectos de las lluvias en el sector?	
a. Muy frecuente ( )	
b. Poco frecuente( )	
c. Nunca ( )	
6. ¿El sector donde reside presenta problemas de abastecimiento de agua?	
a. Si ( )	
b. No ( )	
7. ¿Con qué frecuencia es suministrado el servicio de agua potable en su sector?	

a. Frecuente ( )
b. Poco frecuente( )
c. Nunca ( )
8. ¿Cómo considera la calidad del agua suministrada en su sector?
a. Buena ( )
b. Regular ( )
c. Mala ( )
9. ¿Utiliza la comunidad algún medio alternativo para el abastecimiento de agua potable?
a. Si ( )
b. No ( )
10. De ser afirmativa la respuesta anterior indique. ¿Cuáles medios alternativos utiliza para abastecer?
Indique alternativa: _____
11. ¿Estaría usted de acuerdo con una alternativa de abastecimiento de agua para el sector donde se aproveche los excedentes de agua producto de las lluvias?
a. Si ( )
b. No ( )

**ANEXO B:**  
**VALIDEZ DEL CUESTIONARIO**



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS  
JUCIO DE EXPERTOS**

A continuación, se presenta una serie de aspectos a considerar para validar las distintas interrogantes que conforman el instrumento de recolección de datos, el cual será aplicado en la investigación de campo del bachiller Abigail B. Flores M. Titular del número de cédula V-22.410.821 en su trabajo de grado titulado: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS SECTORES MALAGON Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO NAGUANAGUA.”**

**Instrucciones:**

Lea el instrumento y marque con una equis (X) su criterio en cuanto a los aspectos que a continuación se señalan:

1. Pertinencia: relación estrecha entre la pregunta, los objetivos a lograr y el instrumento que se encuentra desarrollando.
2. Redacción: claridad y precisión en el uso del vocabulario técnico.
3. Adecuación: correspondencia entre el contenido de cada pregunta y el nivel de preparación o desempeño del entrevistado.

**Calificación**

<b>Código</b>	<b>Apreciación cualitativa</b>
<b>B</b>	<b>BUENO: el indicador se presenta en grado igual o ligeramente superior al mínimo aceptable</b>
<b>R</b>	<b>REGULAR: el indicador no llega al mínimo aceptable pero se acerca a él.</b>
<b>D</b>	<b>DEFICIENTE: el indicador está lejos del mínimo aceptable.</b>

## INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN

Interrogantes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
1. Indique ¿en cuál sector reside y desde hace cuantos años?									
2. ¿Durante este tiempo ha presenciado o resultado afectado por inundaciones producidas por las lluvias? De ser afirmativa su respuesta indique la zona y el tipo de afectación.									
3. ¿Con que frecuencia considera usted que se producen inundaciones por efectos de las lluvias en el sector?									
4. ¿El sector donde reside presenta problemas de abastecimiento de agua?									
5. ¿Con qué frecuencia es suministrado el servicio de agua potable en su sector?									
6. ¿Cómo considera la calidad del agua suministrada en su sector?									
7. ¿Cuenta la comunidad con alguna alternativa para el suministro de agua potable? De ser afirmativa la respuesta indique cual.									
8. ¿Estaría usted de acuerdo con una alternativa de abastecimiento de agua para el sector donde se aproveche los excedentes de agua producto de las lluvias?									

Observaciones y Sugerencias:

---



---



---

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

---



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

### CARTA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO PARA ELABORACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO.

Estimado Ing. Jesús Rodríguez.

Por medio de la presente, de acuerdo a su amplia experiencia educativa y profesional yo, **Flores Abigail** titular de la cedula numero **V-22.410.821**, solicito, la validación del presente instrumento para la recolección de datos e información del trabajo de grado titulado: **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS SECTORES MALAGON Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO NAGUANAGUA."**

Este instrumento de medición cualitativo-cuantitativo, está estructurado como una planilla de evaluación del tipo "Encuesta" que tiene como objetivo, **DIAGNOSTICAR LAS CONDICIONES ACTUALES DE LOS SECTORES MALAGÓN Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA RESPECTO A LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LAS LLUVIAS Y LA FRECUENCIA DE ABASTECIMIENTO, CALIDAD DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS SECTORES.**

Se agradece evaluar, analizar y validar el presente instrumento.



### INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN

Interrogantes	Pertinencia			Redacción			Adecuación		
	B	R	D	B	R	D	B	R	D
1. Indique ¿en cuál sector reside y desde hace cuantos años?	X								
2. ¿Durante este tiempo ha presenciado o resultado afectado por inundaciones producidas por las lluvias? De ser afirmativa su respuesta indique la zona y el tipo de afectación.	X								
3. ¿Con que frecuencia considera usted que se producen inundaciones por efectos de las lluvias en el sector?	X								
4. ¿El sector donde reside presenta problemas de abastecimiento de agua?		X							
5. ¿Con qué frecuencia es suministrado el servicio de agua potable en su sector?		X							
6. ¿Cómo considera la calidad del agua suministrada en su sector?	X								
7. ¿Cuenta la comunidad con alguna alternativa para el suministro de agua potable? De ser afirmativa la respuesta indique cual.	X								
8. ¿Estaría usted de acuerdo con una alternativa de abastecimiento de agua para el sector donde se aproveche los excedentes de agua producto de las lluvias?	X								

Observaciones y Sugerencias:

*mejorar la interrogante nro 5*

Fecha: 20-01-20 Firma: \_\_\_\_\_





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**CARTA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO PARA ELABORACIÓN  
DEL TRABAJO DE GRADO.**

Estimado Ing. Alejandro Pocaterra.

Por medio de la presente, de acuerdo a su amplia experiencia educativa y profesional yo, **Flores Abigail** titular de la cedula numero **V-22.410.821**, solicito, la validación del presente instrumento para la recolección de datos e información del trabajo de grado titulado: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MANEJO, CONTROL Y APROVECHAMIENTO DE EXCEDENTES DE AGUA DE LLUVIA EN LOS SECTORES MALAGON Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA, MUNICIPIO NAGUANAGUA.”**

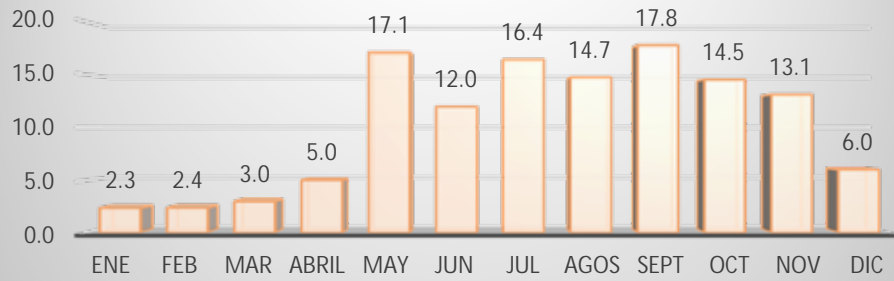
Este instrumento de medición cualitativo-cuantitativo, está estructurado como una planilla de evaluación del tipo “Encuesta” que tiene como objetivo, **DIAGNOSTICAR LAS CONDICIONES ACTUALES DE LOS SECTORES MALAGÓN Y VIVIENDA RURAL DE BARBULA RESPECTO A LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LAS LLUVIAS Y LA FRECUENCIA DE ABASTECIMIENTO, CALIDAD DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN LOS SECTORES.**

Se agradece evaluar, analizar y validar el presente instrumento.

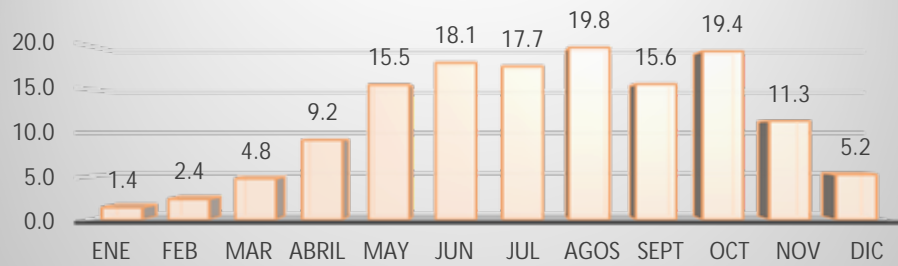


**ANEXO C**  
**HIETOGRAMAS DE LLUVIA MAXIMA PARA DISTINTAS**  
**ESTACIONES DEL ESTADO CARABOBO**

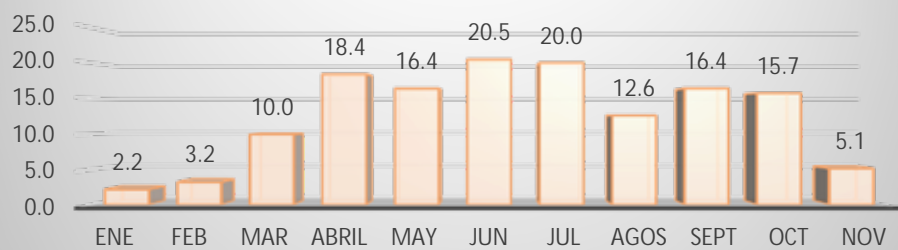
### LLUVIA MAX PARA 15 MIN .VIGIRIMA



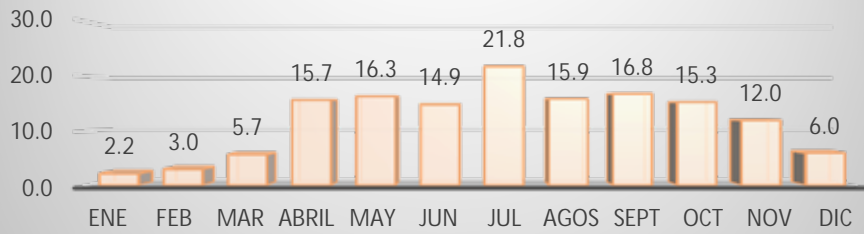
### HIETOGRAMA 15 MIN. SAN DIEGO



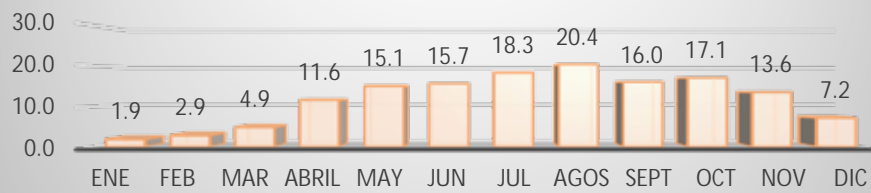
### HIETOGRAMA 15 Min. BARBULA



**HIETOGRAMA 15 Min. GUATAPARO EL CAFE**



**HIETOGRAMA 15 Min . GUATAPARO COMPAÑIA INGLESA**



**HIETOGRAMA 15 Min . GUATAPARO EL DIQUE**

