

	GESTIÓN de SERVICIOS ACADÉMICOS y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA de RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

### RESUMEN TRABAJO de GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): WILSON GERARDO APELLIDOS: PARADA RIVERA

FACULTAD: DE INGENIERÍAS

PLAN de ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JUAN CARLOS APELLIDOS: SAYAGO ORTEGA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LOS BARRIOS JUANA PAULA, DOCE de OCTUBRE y CHAPARRAL DEL MUNICIPIO de LOS PATIOS y SU RELACIÓN ENTRE LA EXPANSIÓN URBANÍSTICA y LOS CAUDALES de ESCORRENTÍA DESDE SU FUNDACIÓN HASTA LA FECHA

#### RESUMEN

El desarrollo urbano altera de manera importante la hidrología de las cuencas donde se origina. en particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia escorrentía. Esta investigación se desarrolla en los barrios 12 octubre, chaparral y Juana paula del municipio de los patios ubicado en la región oriental del departamento de Norte de Santander, en el Área metropolitana de Cúcuta. El municipio necesita que se realice un estudio que tenga como principal prioridad resolver los problemas causados por las aguas lluvias. los inviernos son largos, caliente, opresivos y mayormente nublados afectando a la población. Con esta se pretende realizar un estudio hidrológico en los barrios 12 octubre, chaparral y Juana paula del municipio de los patios y su relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía en los últimos 37 años y en base a este proponer un sistema de evacuación de aguas lluvias. en este proyecto utiliza metodología tipo cuantitativa, ya que se busca indagar hasta conocer a fondo los detalles y establecer una relación entre los dos objetos de estudio y se usaran como instrumentos de recolección de información encuestas para conocer la percepción de los habitantes respecto a la evacuación de las aguas lluvias en los barrios del municipio ya mencionados.

PALABRAS CLAVES: Aguas lluvias, barrios, caudales, sistema de evacuación, cuencas, cunetas, rejillas, canales.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 210 PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_ CD ROOM: \_\_\_.

ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LOS BARRIOS JUANA PAULA, DOCE DE OCTUBRE Y  
CHAPARRAL DEL MUNICIPIO DE LOS PATIOS Y SU RELACIÓN ENTRE LA  
EXPANSIÓN URBANÍSTICA Y LOS CAUDALES DE ESCORRENTÍA DESDE SU  
FUNDACIÓN HASTA LA FECHA

WILSON GERARDO PARADA RIVERA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LOS BARRIOS JUANA PAULA, DOCE DE OCTUBRE Y  
CHAPARRAL DEL MUNICIPIO DE LOS PATIOS Y SU RELACIÓN ENTRE LA  
EXPANSIÓN URBANÍSTICA Y LOS CAUDALES DE ESCORRENTÍA DESDE SU  
FUNDACIÓN HASTA LA FECHA

WILSON GERARDO PARADA RIVERA

Proyecto de grado para optar al Título de Ingeniero Civil

Director

JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

INGENIERO CIVIL

Esp. GEPUR

MSc. en GERENCIA de EMPRESAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

## **ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO**

*FECHA:* 22 DE OCTUBRE DE 2021 *HORA:* 8:00 a. m.

*LUGAR:* VIDEO CONFERENCIA GOOGLE MEET

*PLAN DE ESTUDIOS:* INGENIERIA CIVIL

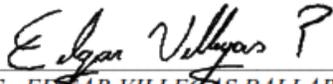
*TITULO DE LA TESIS:* "ESTUDIO HIDROLOGICO EN LOS BARRIOS JUANA PAULA, DOCE DE OCTUBRE Y CHAPARRAL DEL MUNICIPIO DE LOS PATIOS Y SU RELACION ENTRE LA EXPANSION URBANISTICA Y LOS CAUDALES DE ESCORRENTIA DESDE SU FUNDACION HASTA LA FECHA".

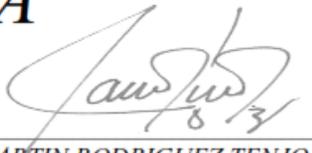
*JURADOS:* ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES  
ING. JAIRO MARTIN RODRIGUEZ TENJO

*DIRECTOR:* INGENIERO JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA.

<i>NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:</i>	<i>CODIGO</i>	<i>CALIFICACION</i>	
		<i>NUMERO</i>	<i>LETRA</i>
<i>WILSON GERARDO PARADA RIVERA</i>	<i>1112937</i>	<i>4,1</i>	<i>CUATRO, UNO</i>

# **A P R O B A D A**

  
\_\_\_\_\_  
*ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES*

  
\_\_\_\_\_  
*ING. JAIRO MARTIN RODRIGUEZ TENJO*

*Vo. Bo.*   
\_\_\_\_\_  
*JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ*  
*Coordinador Comité Curricular*

*Betty M.*

## **Agradecimientos**

Mi mayor agradecimiento es a Dios y a mi familia por estar siempre en mi camino. Gracias por darme su apoyo en cada proyecto que emprendo, gracias por brindarme los mejores consejos, gracias por sus enseñanzas porque sin ellas hoy no sería quien soy, gracias por insistirme diariamente en ser el mejor

Otra persona a quien hoy doy mis agradecimientos es al ingeniero Juan Carlos Sayago, un gran director que con esfuerzo y dedicación encamino mis pasos en la elaboración de este proyecto de investigación ya que un trabajo en equipo es más productivo cuando se realiza en compañía de personas con experiencia y conocimientos.

## Tabla de Contenido

	pág.
Introducción	19
1. Problema	22
1.1 Titulo	22
1.2 Planteamiento del Problema	22
1.3 Formulación del Problema	23
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo General	23
1.4.2 Objetivos Específicos	23
1.5 Justificación	24
1.6 Alcances y Limitaciones	25
1.6.1 Alcances	25
1.6.2 Limitaciones	25
1.7 Delimitaciones	26
1.7.1 Delimitación Espacial	26
1.7.1 Delimitación Temporal	27
1.7.1 Delimitación Conceptual	27
2. Marco Referencial	28
2.1 Antecedentes	28
2.2 Marco Teórico	32
2.2.1 Hidrologia	32

2.2.2 Ciclo Hidrológico	33
2.2.3 Escorrentía	34
2.3 Marco Conceptual	42
2.4 Marco Contextual	44
2.5 Marco Legal	47
3. Diseño Metodológico	48
3.1 Tipo de Investigación	49
3.2 Población y Muestra	49
3.2.1 Población	49
3.2.2 Muestra	49
4. Particularidades del Crecimiento Urbanístico del Municipio de los Patios	50
5. Determinación de los Caudales de Aguas Lluvias que Escurren en los Barrios 12 Octubre, Chaparral y Juana Paula en El Año 1953, 1991 y 2021	68
6. Condiciones Actuales del Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias en Los Barrios 12 Octubre, Chaparral y Juana Paula	103
7. Percepción del Efecto de Aguas Lluvias en Los Barrios 12 Octubre, Chaparral, Juana Paula y Nuevas Urbanizaciones en El Municipio de Los Patios	127
8. Propuesta: Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias en Los Barrios Juana Paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de Los Patios	137
9. Conclusiones	144
10. Recomendaciones	146
Referencias Bibliográficas	148



## Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Evolución de la población del municipio de los patios 1993-2005	63
Tabla 2. Areas en el año 1953	66
Tabla 3. Areas en el año 1991	67
Tabla 4. Areas en el año 2021	67
Tabla 5. Numero de Curva de escorrentía para áreas urbanas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e $I_a=0.2S$ .	70
Tabla 6. Numero de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e $I_a=0.2S$	71
Tabla 7. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas	73
Tabla 8. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación VILLA DEL ROSARIO [16010010].	75
Tabla 9. Cálculos periodos de retorno para la estación: VILLA DEL ROSARIO (16010010)	76
Tabla 10. Clasificación general de las corrientes de agua (Adaptado de Veri-tech, 1998).	79
Tabla 11. Referencias del índice de compacidad de Gravelius	81
Tabla 12. Condiciones antecedentes de humedad para el método de número de curva	85
Tabla 13. Obtención del número de curva CN en 1953	89
Tabla 14. Obtención del número de curva CN en 1991	89
Tabla 15. Obtención del número de curva CN en 2021	90
Tabla 16. Cálculo del hietograma de diseño para $Tr=2$ años por el método de bloque alterno	92
Tabla 17. Cálculo del hietograma de diseño para $Tr=5$ años por el método de bloque alterno	92
Tabla 18. Cálculo del hietograma de diseño para $Tr=10$ años por el método de bloque alterno	93

Tabla 19. Cálculo del hietograma de diseño para $Tr=25$ años por el método de bloque alterno	93
Tabla 20. Cálculo del hietograma de diseño para $Tr=50$ años por el método de bloque alterno	94
Tabla 21. Cálculo del hietograma de diseño para $Tr=100$ años por el método de bloque alterno	94
Tabla 22. Caudales obtenidos en el area de estudio en el año 1953	99
Tabla 23. Caudales obtenidos en el area de estudio en el año 1991	100
Tabla 24. Caudales obtenidos en el area de estudio en el año 2021	100
Tabla 25. Cuadro comparativo de caudales/Areas urbanizadas en los años 1953, 1991 y 2021	101
Tabla 26. Asignación del nivel de complejidad del sistema	111
Tabla 27. Distancias horizontales mínimas entre redes	114
Tabla 28. Especificaciones y normas técnicas para tuberías de alcantarillado	116
Tabla 29. Especificaciones y normas técnicas para tuberías de alcantarillado	117
Tabla 30. Normas de acero de refuerzo	117
Tabla 31. Especificaciones y normas técnicas de materiales y mezclas para concreto	118

## Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Mapa político del Municipio de los Patios	26
Figura 2. Diagrama del ciclo del agua.	34
Figura 3. Tipos de escorrentía	36
Figura 4. Primera fase	38
Figura 5. Segunda fase	39
Figura 6. Tercera fase	40
Figura 7. Cuarta fase	41
Figura 8. Ubicación del municipio de los Patios y de los barrios en mención.	45
Figura 9. Mapa hidrológico del municipio de los Patios	46
Figura 10. Ubicación del municipio de los patios, en el departamento y en el país.	54
Figura 11. Zonas de Riesgo urbano. plan Básico de ordenamiento territorial 2002.	59
Figura 12. Imagen satelital de la ubicación del área en estudio.	68
Figura 13. Localización del proyecto respecto a la estación meteorológica VILLA DEL ROSARIO [16010010].	74
Figura 14. Curvas Idf Estación: Villa del Rosario [16010010]	77
Figura 15. Delimitación de la cuenca y parámetros morfométricos. (ArcGIS 10.8)	80
Figura 16. Mapa de pendientes. (ArcGIS 10.8)	83
Figura 17. Uso del suelo en 1953. (ArcGIS 10.8)	86
Figura 18. Uso del suelo en 1991. (ArcGIS 10.8)	87
Figura 19. Uso del suelo en 2021. (ArcGIS 10.8)	88
Figura 20. Hietograma de diseño para Tr=2 años por el método de bloque	95

Figura 21. Hietograma de diseño para $Tr=5$ años por el método de bloque	95
Figura 22. Hietograma de diseño para $Tr=10$ años por el método de bloque	96
Figura 23. Hietograma de diseño para $Tr=25$ años por el método de bloque	96
Figura 24. Hietograma de diseño para $Tr=50$ años por el método de bloque	97
Figura 25. Hietograma de diseño para $Tr=100$ años por el método de bloque	97
Figura 26. Modelo hidrológico en HEC-HMS 4.6.1	98
Figura 27. Sistema de drenaje pluvial	138
Figura 28. Tipos de boca de tormenta	140
Figura 29. Geometría de lavadero	140
Figura 30. Ejemplo de Trazo de una red de drenaje	141

## Lista de Fotos

	pág.
Foto 1. Rejilla de evacuación ubicada en la calle 25 con avenida 5E	120
Foto 2. Canal de evacuación ubicada en la calle 28 entre avenidas 4E y 5E	120
Foto 3. Canal y rejilla de evacuación ubicada en la avenida 3 con calle 27	121
Foto 4. Cuneta de evacuación ubicada en la calle 34 con avenida 3	121
Foto 5. Rejilla de evacuación ubicada en la avenida 1 calle 28	122
Foto 6. Canal de evacuación ubicada en la avenida 1 con calle 30	122
Foto 7. Rejilla de evacuación ubicada en la avenida 4E con calle 29	123
Foto 8. Canal y tubería de evacuación ubicada en la calle 34 con avenida 3E	123
Foto 9. Canal de evacuación ubicada en la calle 29 con avenida 4E	124
Foto 10. Canal de evacuación ubicada en la avenida 5E con calle 29	125
Foto 11. Canal de evacuación ubicada en la avenida 4E con calle 28	125
Foto 12. Canal de evacuación ubicada en la calle 35 con avenida 4E	126
Foto 13. Registro fotográfico de las encuestas aplicadas en el barrio chaparral	135
Foto 14. Registro fotográfico de las encuestas aplicadas en el barrio 12 de octubre.	136

## Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Formato encuesta	156
Anexo 2. Análisis de Fiabilidad Barrio 12 octubre	157
Anexo 3. Resultados análisis estadísticos de las encuestas barrio 12 octubre	159
Anexo 4. Análisis de Fiabilidad Barrio chaparral	170
Anexo 5. Resultados análisis estadísticos de las encuestas barrio chaparral	171
Anexo 6. Análisis de Fiabilidad barrio Juana paula	182
Anexo 7. Resultados análisis estadísticos de las encuestas barrio Juana paula	183
Anexo 8. Análisis de fiabilidad de las nuevas urbanizaciones	194
Anexo 9. Resultados análisis estadísticos de las encuestas nuevas urbanizaciones	195
Anexo 10. Hacienda los patios y los colorados 1953	206
Anexo 11. Mapa base perimetro urbano 2011	207
Anexo 12. Mapa división política 2018	208
Anexo 13. Mapa de cuencas 2007	209
Anexo 14. Mapa de microcuencas 2007	210

## Resumen

El desarrollo urbano altera de manera importante la hidrología de las cuencas donde se origina. En particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia escorrentía. Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conforman la red hidrográfica original deben ser conservados y adecuados a las nuevas condiciones, esto para que no afecte de forma directa a su capacidad de evacuación y por tanto no se propicie la existencia de inundaciones. Ya no es aceptable que la transformación lluvia-escorrentía sea alterada como consecuencia del tradicional criterio que se tenía en muchos procesos de urbanización.

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades. Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona a la que sirven. de este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y deterioros materiales y humanos.

Esta investigación se desarrollará en los barrios 12 octubre, chaparral y Juana paula del municipio de los patios ubicado en la región oriental del **departamento de Norte de Santander**, en el **Área metropolitana de Cúcuta**. El municipio necesita que se realice un estudio que tenga como principal prioridad resolver los problemas causados por las aguas lluvias. los inviernos son largos, caliente, opresivos y mayormente nublados afectando a la población. Con esta se pretende

realizar un estudio hidrológico en los barrios 12 octubre, chaparral y Juana paula del municipio de los patios y su relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía en los últimos 37 años y en base a este proponer un sistema de evacuación de aguas lluvias.

En este proyecto nos apoyaremos en una investigación tipo cuantitativa, ya que se busca indagar hasta conocer a fondo los detalles y establecer una relación entre los dos objetos de estudio y se usaran como instrumentos de recolección de información encuestas para conocer la percepción de los habitantes respecto a la evacuación de las aguas lluvias en los barrios del municipio ya mencionados.

**PALABRAS CLAVES:** Aguas lluvias, barrios, caudales, sistema de evacuación, cuencas, cunetas, rejillas, canales.

## **Abstract**

Urban development significantly alters the hydrology of the basins where it originates. In particular, the drainage network and the rain runoff transformation process are modified. As a consequence of the urban development activity, the natural channels that make up the original hydrographic network must be conserved and adapted to the new conditions, this so that it does not directly affect their evacuation capacity and therefore the existence of floods is not propitiated. It is no longer acceptable for the rain-runoff transformation to be altered as a consequence of the traditional criteria used in many urbanization processes.

The storm sewer system has as its main function the proper management, control and conduction of the runoff of rainwater separately from wastewater. And take it or leave it in places where they do not cause damage and inconvenience to the inhabitants of the cities. A storm sewer system is made up of a network of conduits, catchment structures, and complementary structures. Its objective is the management, control and conduction of rainwater that falls on the roofs of buildings, on streets and avenues, sidewalks, gardens, thereby avoiding its accumulation or concentration and draining the area they serve. In this way, the generation of annoyances due to flooding and material and human damage is mitigated with a certain level of security.

This research will be carried out in the neighborhoods 12 octubre, Chaparral and Juana Paula of the municipality of los Patios located in the eastern region of the department of Norte de Santander, in the metropolitan area of Cúcuta. The municipality needs a study to be carried out that has as its main priority solving the problems caused by rainwater. winters are long, hot, oppressive and mostly cloudy affecting the population. This is intended to carry out a hydrological study in the neighborhoods 12 octubre, Chaparral and Juana Paula of the municipality of los Patios

and their relationship between urban expansion and runoff flows in the last 37 years and based on this propose an evacuation system rainwater.

In this project we will rely on a quantitative type of research, since it seeks to investigate until we fully know the details and establish a relationship between the two objects of study and surveys will be used as information collection instruments to know the perception of the inhabitants regarding to the evacuation of rainwater in the neighborhoods of the municipality already mentioned.

**KEY WORDS:** Rainwater, neighborhoods, flows, evacuation system, basins, gutters, grids, channels.

## Introducción

El desarrollo urbano se ha acelerado en la segunda mitad del siglo XX con gran concentración de población en pequeños espacios, impactando en el ecosistema terrestre, acuático y en la propia población a través de inundaciones, enfermedades y pérdida de calidad de vida. Este proceso ocurre debido a la falta de control del espacio urbano que produce efectos directos sobre la infraestructura del agua abastecimiento, sistemas sanitarios, drenaje urbano, inundaciones y residuos sólidos. La urbanización representa una de las manifestaciones más significativas de la actividad humana.

Los principales problemas relacionados con la infraestructura y la urbanización en los países en desarrollo son: gran concentración de población en pequeñas áreas; aumento de la periferia de las ciudades de manera descontrolada; además que la urbanización es espontánea. Como consecuencia del incremento de la población se presenta la modificación en ciertas características hidrológicas, climatológicas y ecológicas de las cuencas, que modifican también su respuesta ante diferentes fenómenos. Las áreas que antes contaban con vegetación o suelo natural sobre las cuales se han construido casas, calles, banquetas y estacionamientos que impermeabilizan el área, ha traído como consecuencia un decremento en el índice de infiltración y un incremento en los coeficientes de escurrimiento, impactando, por una parte, en una disminución en la recarga de los acuíferos y la disponibilidad de agua para épocas de sequía, así como el aumento en el volumen de escurrimiento superficial.

La urbanización tiene efectos indirectos como son la invasión de cauces naturales, planicies de inundación y deforestación de cuencas, lo cual intensifica y acelera el proceso lluvia-escurrimiento. los problemas de urbanización ocurren por causa de uno o más de estos factores a

lo largo del tiempo y éstos se han incrementado en las últimas décadas. Algunos factores que influyen, son debido a las poblaciones que migran hacia las ciudades que generalmente son de bajo perfil económico, no poseen capacidad de inversión y tienden a invadir áreas públicas o comprar áreas precarias sin infraestructura, así como las zonas de urbanización informal.

Actualmente se puede notar que el crecimiento de las ciudades es permanente, y cada vez se construyen más fraccionamientos que convierten amplias zonas de terrenos en estado natural en nuevas zonas pavimentadas, lo cual provoca un cambio en el comportamiento en el ciclo hidrológico, debido a que incrementa el volumen y la velocidad de escurrimiento superficial en el área afectada, tal crecimiento provoca una mayor intensidad del escurrimiento en el área urbana, en corrientes receptoras y en zonas aguas abajo de la cuenca en estudio como ya se ha mencionado.

Es en este momento en donde se debe aclarar el termino escurrimiento debido a su relevancia para este proyecto, la escorrentía es una corriente de agua de lluvia que circula sobre la superficie de la tierra cuando rebasa un depósito natural o superficial, también se puede conocer como escurrimiento o aliviadero. La escorrentía es una corriente de agua que se origina de las precipitaciones que, circula y se extiende sobre el suelo una vez que se ha superado la capacidad de evaporización y de infiltración de la misma.

Por tanto, la escorrentía que recorre el suelo y se expande libremente, es de suma importancia para el ser humano porque permite, principalmente, la recolección de agua. de allí, que en las civilizaciones antiguas se construyeron drenajes de agua que fueron destinados para regar los cultivos, para el uso y consumo de las personas, generar energía o realizar diversos trabajos. Además, la escorrentía es la que alimenta a los ríos, mares, océanos, embalses o cuencas. Asimismo, es la causante de la erosión de diversos terrenos.

La escorrentía aparece cuando el suelo no tiene suficiente capacidad de infiltración ante el caudal de agua. Así el agua empieza a acumularse y se produce una especie de lámina que va circulando sobre el **terreno**. Puede decirse a nivel general que una parte de las precipitaciones se infiltra en el suelo y otra parte se pierde por la evo-transpiración. El resto forma la escorrentía, que es un agente de **erosión**. A la relación que existe entre el agua que se precipita en una cierta zona y el agua que corre se la denomina coeficiente de escorrentía. Este coeficiente depende sobre todo de la capacidad de infiltración del **suelo** y de la intensidad de la lluvia. La escorrentía, en definitiva, es un flujo de agua sobre una **superficie**. Muchas veces esta corriente arrastra sustancias contaminantes

A partir de esto es que el presente documento expone una investigación en donde se busca realizar un estudio hidrológico en los barrios Juana Paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de los Patios que determine la relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía desde su fundación hasta la fecha. Este anteproyecto se presenta como elemento esencial para obtener el título de Ingeniera Civil, teniendo en cuenta la reglamentación contemplada en el artículo 140 del estatuto estudiantil de la universidad Francisco de Paula Santander.

## 1. Problema

### 1.1 Título

Estudio hidrológico en los barrios Juana Paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de los Patios y su relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía desde su fundación hasta la fecha.

### 1.2 Planteamiento del Problema

Se conoce como proceso de urbanización al fenómeno de desarrollo de las **ciudades**. Este proceso se lleva a cabo a partir de la migración de las personas que residen en áreas rurales hacia la **zona urbana** en busca de una mejor calidad de vida oportunidades de trabajo, o bien ofertas de ocio no disponibles fuera de la ciudad.

La tasa de urbanización, por otra parte, es un **índice** que refleja la relación porcentual entre los habitantes de las ciudades y la cantidad total de habitantes de un país. Una elevada tasa de urbanización indica un alto nivel de desarrollo. los expertos afirman que recién en los últimos años la tasa de urbanización mundial superó el 50%, lo que quiere decir que más de la mitad de la población global vive en ciudades.

Debido a este crecimiento urbanístico ocasionando disminución en la permeabilidad del suelo siendo esto la principal causa de las inundaciones producidas por el agua de escorrentía que no logra penetrar el suelo y de esta manera se modifica el ciclo del agua.

El municipio de los Patios ha tenido una disminución notable en su probabilidad de inundación debido se a que se ha presentado un crecimiento urbanístico elevado en los últimos años ya que sabemos que al no estar permeabilizado el suelo las aguas de escorrentía se infiltran un 60% a

70%, mientras que cuando se permeabiliza el suelo las aguas de escorrentía solo se infiltraran un 5%, siendo el causante de las inundaciones.

### **1.3 Formulación del Problema**

Teniendo en cuenta lo expresado en el planteamiento del problema, se deriva que es importante definir ¿Qué factores determinan la relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía en los barrios Juana Paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de los Patios desde su fundación hasta la fecha?

### ***1.4 Objetivos***

#### ***1.4.1 Objetivo General***

Plantear un sistema de evacuación de aguas lluvias en los barrios Juana Paula, Doce de octubre y Chaparral del Municipio de los Patios teniendo en cuenta la relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía desde su fundación hasta la fecha.

#### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

Analizar la evolución del urbanismo y su relación en los sistemas de evacuación de aguas lluvias en los barrios Juana Paula, Doce de octubre y Chaparral del Municipio de los Patios desde su fundación hasta la fecha.

Determinar los caudales de aguas lluvias que se generan en los barrios Juana Paula, Doce de octubre y Chaparral del Municipio de los Patios desde su fundación hasta la fecha.

Evaluar las condiciones actuales con las que cuenta el sistema de evacuación de aguas lluvias en los barrios Juana Paula, Doce de octubre y Chaparral del Municipio de los Patios

Aplicar encuestas a la comunidad de los barrios Juana Paula, Doce de octubre y Chaparral del Municipio de los Patios para determinar la percepción que tienen los habitantes de este sector acerca del efecto producido por las aguas lluvias

### **1.5 Justificación**

La Ingeniería Civil, como disciplina académica, tiene la finalidad de proporcionar los conocimientos y las habilidades requeridas por los profesionales cuyas responsabilidades comprenden las de asesoría, análisis, planificación, diseño, cálculo, proyecto, dirección, construcción, gestión, mantenimiento, conservación y explotación de las infraestructuras que demanda la sociedad moderna, teniendo presentes los requisitos necesarios para que no interfieran en el deseable desarrollo sostenible. Con todo ello, se busca una mejor calidad de vida de la sociedad ya que los ingenieros civiles lideran el desarrollo de construcciones sostenibles y las grandes obras de ingeniería del futuro para las ciudades, los países y el mundo. Por ello es que cada vez las construcciones avanzan más y dan mayor comodidad y seguridad, mejorando la calidad de vida de las personas y con esto aumentado la extensión urbanista

El área metropolitana de Cúcuta y la zona de frontera han venido en un proceso de degradación del desarrollo, consistente en un bajo crecimiento económico con alto impacto ambiental y estancamiento social, producto de la falla del modelo político que lo ha llevado a condición de estado fallido y de la que el área metropolitana de Cúcuta ha venido dependiendo desde los años 60 del siglo XX. Esta situación de bajo desarrollo no sostenible se ha reflejado en un desarrollo urbano no planificado y en sistemas de transporte ineficientes, impulsado en un crecimiento

explosivo de población por migraciones y emigraciones. La ciudad de Cúcuta se expande en el sistema fluvial de los ríos Pamplonita y Táchira, éste último actúa como línea fronteriza. El río Pamplonita divide la ciudad en dos zonas, oriental y occidental y es su eje urbano. Ambientalmente ha descuidado el manejo del río en sus bordes y en su uso como receptor de desechos del alcantarillado y actividades industriales, así como a desaparecido la mayoría de quebradas.

Por todo lo anterior es que se ve la necesidad de realizar un estudio hidrológico en los barrios Juana paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de los Patios

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

### ***1.6.1 Alcances***

ContenidoCon la presente investigación se busca *establecer la relación entre* la expansión urbanística y los caudales de escorrentía desde la fundación de los barrios Juana paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de los Patios hasta la fecha, y así plantear un sistema de evacuación de aguas lluvias adecuado a las necesidades existentes.

### ***1.6.2 Limitaciones***

Las limitaciones que podrían ocurrir y por las cuales sería arduo el desarrollo de la investigación son el acceso a información precisa y concreta por parte de las entidades ya que debido a la situación actual la modalidad virtual atrasa un poco cada uno de los procesos.

## 1.7 Delimitaciones

### 1.7.1 Delimitación Espacial

La presente investigación se llevará a cabo en la cuenca del río pamplonita en los barrios Juana paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de los Patios.

#### *Figura 1.*

Mapa político del Municipio de los Patios



**Fuente:** Galería de mapas página web del municipio de los patios.

### ***1.7.1 Delimitación Temporal***

El periodo de estudio y ejecución que abarca el presente proyecto será a partir de la aprobación del anteproyecto.

### ***1.7.1 Delimitación Conceptual***

El presente proyecto se delimita dentro de los siguientes conceptos: existencia de una necesidad, proyecto, soluciones, análisis, cálculos y conclusiones.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

Gamboa J. Terrones E, (2019) Diseño hidráulico y estructural para el sistema de alcantarillado pluvial urbano de la urbanización popular La Unión, Distrito de Soritor, Provincia de Moyobamba. Perú. Universidad Nacional de San Martín.

El presente trabajo de tesis se desarrolló en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con fines de titulación como Ingeniero Civil, como una contribución a la sociedad, para resolver la problemática no considerada en la evacuación de las aguas pluviales (alcantarillado pluvial) en el sector la Unión, Distrito de Soritor-Provincia de Moyobamba-Región San Martín.

El aporte consiste en elaborar una Propuesta de un Sistema de alcantarillado Pluvial, cuyo propósito es evacuar las aguas de las precipitaciones pluviales y así mejorar la calidad de vida de los moradores del sector la Unión, y al mismo tiempo poner a disposición de la Universidad Nacional de San Martín una investigación que servirá como base para futuros proyectos. Se realizaron estudios básicos para la realización de dicho proyecto (estudio de mecánica de suelos, estudio topográfico, estudio hidrológico), además de memorias de cálculo, planilla de metrados, de acuerdo al nuevo Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Como resultado del estudio, se elaboraron los planos (topográfico, sentido de flujo, secciones transversales, obras de arte y drenaje). en conclusión, se han establecido los medios y condiciones que mejoren la calidad de vida de las personas del sector la Unión (menos enfermedades debido a la evacuación de las aguas pluviales)

Barrero A, Beltrán Danilo. (2018) Diseño del sistema de recolección de aguas lluvias más eficiente para el plan parcial de la vereda San Bartolomé en el Municipio de Gachancipá departamento de Cundinamarca. Bogotá D.C. Universidad Católica de Colombia.

Este trabajo contiene una propuesta metodológica para seleccionar el sistema recolección de aguas lluvia más eficiente para el Plan parcial de la vereda San Bartolomé. Por tanto, se presenta información relacionada con temas hidrológicos, condiciones morfométricas de la cuenca de influencia del proyecto, diseño de tres sistemas de recolección de aguas lluvias de escorrentía y la implementación de la metodología de selección de alternativas. Esta propuesta se presenta por la ampliación de la zona urbana mediante un plan parcial ubicado en la vereda de San Bartolomé, donde se va adecuar la zona con condiciones de acceso, servicios públicos y de vivienda. Uno de los servicios es el sistema de alcantarillado pluvial, en esta zona existe un canal natural, pero se han desbordamientos en los eventos de precipitación intensa debido a las condiciones actuales. Ante esta situación, se plantea construir un sistema de recolección aguas lluvias, sin embargo, con el presente trabajo se plantea una metodología para evaluar diferentes alternativas de diseño para tomar la mejor decisión para la implementación de la obra.

Estrada Sánchez, Deisy. Jaimes quintero, Astrid Silene (2017) evaluar y optimizar el manejo de las aguas lluvias de la avenida 11e entre la calle 4 norte y el canal Bogotá, en la ciudad de San José de Cúcuta. Universidad Francisco de Paula Santander

Las inundaciones de la Avenida 11E entre la Calle 4 Norte y el Canal Bogotá de la ciudad de San José de Cúcuta se han convertido en una molestia con la que sus habitantes se han visto obligados a convivir, afectando gravemente su nivel de vida, y desmejorando la salud de quienes

habitan en este sector. El rebosamiento de los caudales de los sistemas de drenaje y desagüe genera el desbordamiento de las aguas pluviales y negras en las vías públicas.

Una de las principales causas de estos problemas radica en el deficiente estado del sistema de alcantarillado de la Avenida 11E entre la Calle 4 Norte y el Canal Bogotá de la ciudad de San José de Cúcuta. Lo anterior debido a que el crecimiento poblacional de San José de Cúcuta no ha estado acompañado de la debida planeación urbanística, que tenga en cuenta aspectos tales como el manejo, y tratamiento de las aguas pluviales y residuales.

La problemática de la infraestructura de este tipo de obras es debido al crecimiento de la población, como consecuencia de esto, se altera la capacidad de desagüe, hecho este que posibilita la existencia de inundaciones; este proceso de urbanización nos lleva a evitar la retención e infiltración a incrementar la velocidad de agua a las cotas más bajas.

Parada A, Roper Y. (2019) Estudio hidrológico en las comunas 2 y 5 de la ciudad de San José de Cúcuta y su relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía en los últimos 50 años. Universidad Francisco de Paula Santander

En la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de evacuar las aguas de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas de interés. Es por ello que la construcción de edificios, casas, calles estacionamientos y otros modifican el entorno natural en que habita el hombre y tiene como algunas de sus tantas consecuencias, la creación de superficies poco permeables que favorece a la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno y la eliminación de los cauces naturales que reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales. Así, el crecimiento urbanístico incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento.

Esta investigación se desarrolla en las comunas 2 y 5 de la ciudad de San José de Cúcuta siendo la capital del departamento de Norte de Santander, una ciudad ubicada al nororiente colombiano. La ciudad, necesita que se realice un estudio que tenga como principal prioridad resolver los problemas causados por las aguas lluvias. La precipitación en Cúcuta es muy intensa y las aguas que escurren sobre el terreno afectan la población. Con esta pretendemos realizar un estudio hidrológico en las comunas 2 y 5 de la ciudad de San José de Cúcuta y su relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía en los últimos 50 años y en base a este proponer un sistema de evacuación de aguas lluvias (Vega A, 2019)

La escorrentía es la lámina de agua que circula sobre la superficie de un terreno por acción de la gravedad, la cual es generada principalmente por la precipitación y alimenta las corrientes superficiales, continuas o intermitentes de una cuenca. Las diferentes superficies impermeables ya sea edificadas o pavimentadas como calzadas, aceras y calles impiden que las aguas penetren el suelo de forma natural, interrumpiéndose así el ciclo del agua. Las aguas pluviales de escorrentía están en un constante contacto con diferentes contaminantes los cuales son llevados ya sea a un sistema de alcantarillado pluvial o directamente a un lago, arroyo, río, humedal o a las aguas costeras; debido a que las aguas pluviales no tienen ningún tipo de tratamiento para impedir que los contaminantes lleguen a las diferentes cuencas de depósito de agua, se puede decir que el agua de escorrentía constituye un gran problema en las áreas urbanas siendo la principal fuente de contaminación del agua así como la principal causa de las inundaciones.

Debido a esto, en este documento se muestra una investigación donde se quiere realizar un estudio hidrológico en las comunas 1, 6 y 10 de la ciudad San José de Cúcuta/Norte de Santander que establezca la relación entre la expansión urbanística y los caudales de escorrentía en los últimos 50 años.

## **2.2 Marco Teórico**

### ***2.2.1 Hidrología***

El agua es la sustancia más abundante en la tierra y es el principal constituyente de todos los seres vivos. Cumple una función clave en la climatización de nuestro planeta y en el progreso de la civilización. Existe en un espacio llamado hidrósfera, que se extiende desde unos quince kilómetros arriba en la atmósfera hasta un kilómetro por debajo de la corteza terrestre. Los caminos por donde circula el agua constituyen el “ciclo hidrológico”, que no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. La hidrología estudia el ciclo hidrológico, es decir la circulación ininterrumpida del agua entre la tierra y la atmósfera y cubre todas las fases del agua en la tierra. Si bien, el concepto de ciclo hidrológico es simple, el fenómeno es enormemente complejo y, aunque el volumen total de agua en el ciclo es constante, la distribución de ésta cambia continuamente en continentes, regiones y cuencas locales de drenaje. La hidrología de una región está determinada por su clima, topografía, geología y vegetación. Asimismo, las actividades humanas invaden gradualmente el medioambiente natural, alterando el equilibrio dinámico del ciclo hidrológico. Los seres humanos aran el suelo, irrigan cultivos, fertilizan tierras, bombean aguas subterráneas, arrojan desechos en ríos y lagos, etc., afectando la circulación y calidad del agua en la naturaleza.

La hidrología estudia los procesos hidrológicos influenciados por el clima, superficie y sub-superficie del suelo. La comprensión de las interacciones entre la hidrología y el ecosistema, permite transferir predicciones hidrológicas de una zona a otra, aunque la escala espacial juega un rol muy importante en la comparación de los procesos hidrológicos. La hidrología es aplicada en la resolución de los problemas hidrológicos de cada región, proveyendo una guía para el planeamiento y el manejo de los recursos hidráulicos. Se la aplica en el análisis de problemas

relacionados con el diseño y operación de estructuras hidráulicas, abastecimiento de aguas, tratamiento y disposición de aguas residuales, irrigación, drenaje, generación hidroeléctrica, control de inundaciones, disminución de contaminación, uso recreativo del agua y protección de la vida terrestre.

Europa y América del Norte desarrollaron un concepto clásico de la hidrología. La estrategia actual para resolver problemas hidrológicos debe utilizar los conocimientos existentes sobre hidrología y los sistemas de recursos hídricos, y especialmente de las teorías generalizables.

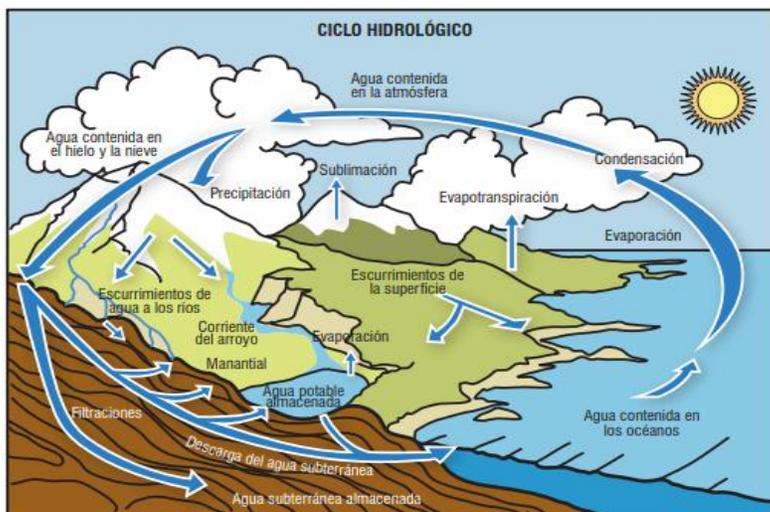
### ***2.2.2 Ciclo Hidrológico***

El ciclo hidrológico y su balance de agua global constituyen el modelo básico para entender el funcionamiento del sistema hídrico y las interacciones entre el océano y el continente (Ideam, 1998). El ciclo hidrológico representa el proceso continuo de la circulación y transformación del agua en sus diversos estados en la esfera terrestre. Su dinámica es determinada por las condiciones de la radiación solar, la acción de la gravedad y las interacciones de las capas superiores de la Tierra: atmósfera, litosfera y biosfera.

Por otro lado, el método para el cálculo de los componentes requiere datos de precipitación y caudales que son básicos los cuales aportan entidades como el IDEAM ya mencionada con anterioridad. Hoy en día, se tienen herramientas computacionales de sistemas de información geográfica como QGIS y ArcGIS que permiten a partir de un mapa de isolíneas elaborado con valores de climatológicos reales; hallar valores medios de precipitación, escorrentía y evaporación, para un área específica y esto junto con la morfometría de la cuenca, ayudan a encontrar el resultado final el balance hídrico.

**Figura 2.**

Diagrama del ciclo del agua.



**Fuente:** recuperado en [ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html](http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html).

### 2.2.3 Escorrentía

La escorrentía es el agua generada por una cuenca en la forma de flujo superficial y por tanto constituye la forma más disponible del recurso. El estudio de la escorrentía reviste gran importancia en la planificación de recursos hídricos y en diseño de obras. en manejo de cuencas es muy importante puesto que ella es un reflejo del comportamiento y estado de una cuenca. en este capítulo se enfocarán los temas más relevantes de la escorrentía, para el análisis y manejo de cuencas.

Cuando ocurren fuertes lluvias por lo general parte del agua precipitada sobre el continente se infiltra en el suelo, donde puede volver a evapotranspirar o, por el contrario, percolar en el subsuelo. Se conoce como escorrentía o escurrimiento, a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje bajo la acción de la gravedad, la cual es generada principalmente por la precipitación de aguas meteóricas y alimenta las corrientes superficiales, continuas o intermitentes, de una cuenca.

El escurrimiento es el agua que fluye por sobre la superficie del terreno hasta el cauce más cercano y sólo se produce en los eventos de lluvia. en un evento de lluvia, cuando la intensidad de la misma es superior a la tasa de infiltración, se produce un almacenamiento superficial que primero llena las depresiones del terreno, conformando el almacenamiento de retención.

### **Tipos de Escorrentía**

#### Escorrentía Superficial o Directa

El producto de la precipitación de aguas lluvia, nieve u otras fuentes que no se infiltran en el terreno y se dirigen hacia la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno mediante la acción de la gravedad se conoce como escorrentía superficial, y corresponde a aguas meteóricas que no quedan detenidas en las depresiones del suelo generadas por la geomorfología de la zona, y que escapan a los fenómenos de evapotranspiración.

El proceso que inicia la precipitación, depende fuertemente de las características del terreno ya que la primera lluvia que cae, se emplea en cubrir la capacidad de retención de la parte aérea de las plantas y en saturar el suelo y cuando la capacidad de infiltración del terreno es inferior que la intensidad de la lluvia, el agua comienza a desplazarse por la superficie de la zona, creando una capa delgada de agua la cual se transporta mediante la gravedad y dependiendo de factores como la pendiente del terreno, las irregularidades del suelo y la presencia de vegetación finalmente se incorpora a la red de drenaje para constituir la escorrentía total.

Este tipo de escurrimiento es una de las principales causas que generan la erosión a nivel mundial, debido a que suele ser particularmente nociva en suelos poco permeables, como los suelos de tipo arcillosos, y en zonas con cubierta vegetal escaso.

### Escorrentía Hipodérmica o Subsuperficial

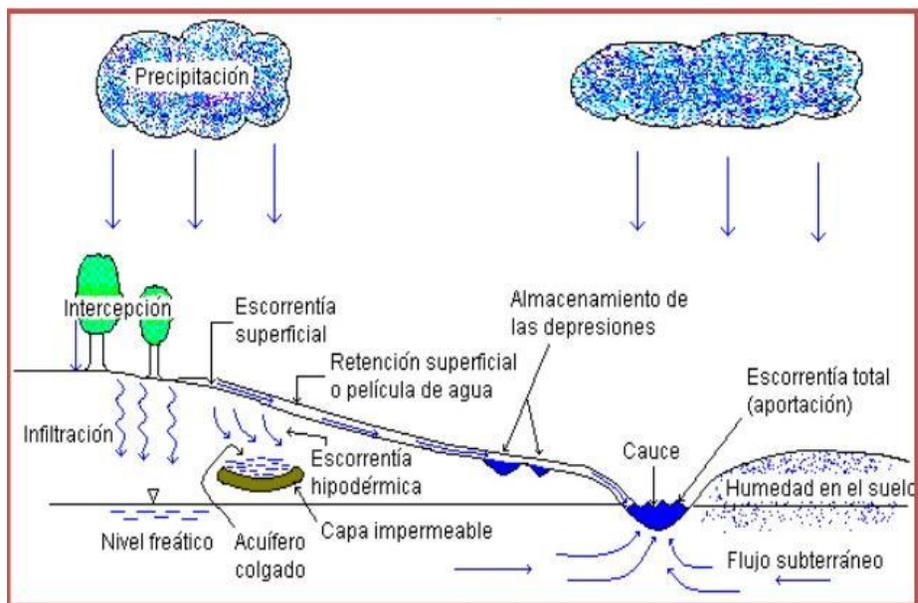
Se conoce como escorrentía subsuperficial o hipodérmica, al agua que se filtra en el suelo generada durante la precipitación y que se mueve de manera sub-horizontal por los horizontes superiores del terreno, para reaparecer en superficie en forma de manantial e incorporarse posteriormente a microsurcos superficiales que la conducirán hacia la red de drenaje principal.

### Escorrentía Subterránea

Este tipo de escorrentía se infiltra en el suelo hasta alcanzar el nivel freático, donde circula hasta alcanzar la red de drenaje principal; La escorrentía superficial fluye de manera más rápida, mientras que la escorrentía subterránea fluye más lentamente teniendo velocidades de flujo del orden de m/h.

### Figura 3.

*Tipos de escorrentía*



Fuente: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hidrologia/Capitulo\\_6/modulo6/cap6.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_6/modulo6/cap6.pdf)

### **Estimacion de la Escorrentia.**

El objetivo principal de la Hidrología es la estimación de la escorrentía. Aun cuando se cuente con información, es necesario realizar estimaciones para diferentes usos. Cuando no se cuenta con mediciones de escorrentía, ésta puede ser estimada por diferentes metodologías dependiendo del uso que se le pretenda dar a la información. Se puede estimar la escorrentía media anual, mensual, diaria y de eventos.

La determinación de la escorrentía para un evento, se puede realizar utilizando diferentes metodologías para determinar la infiltración o “sustracciones”. La experiencia ha demostrado que el mejor método, para cuencas sin datos, es el del Número de Curva del Soil Conservation Service (1972), el cual se detalla en el anexo B. Para el caso de eventos, la escorrentía directa total se puede estimar por el método según el cual:

$$Q = \frac{(P - 0,2S)}{(P + 0,8 S)}$$

En donde Q es la escorrentía total en milímetros, P es precipitación total del evento y S es la infiltración potencial calculada en función del CN

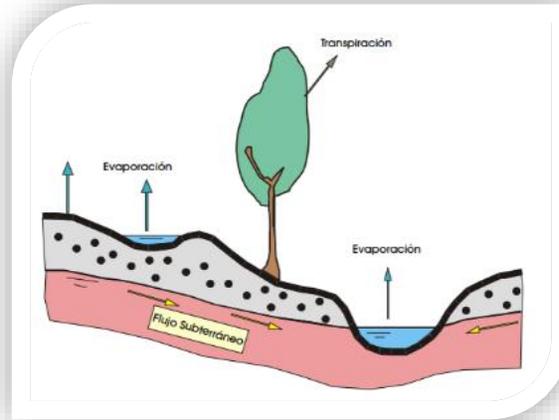
### **El Ciclo de La Escorrentía**

Los componentes de la Escorrentía evolucionan según un ciclo que distingue cuatro fases en relación con el ritmo de las precipitaciones.

**Primera fase:** Período sin precipitaciones. Después de un período sin precipitaciones la Evapotranspiración tiende a agotar la humedad existente en las capas superficiales y a extraer agua de la franja capilar. Las aguas subterráneas alimentan a las corrientes superficiales descendiendo progresivamente su nivel piezométrico.

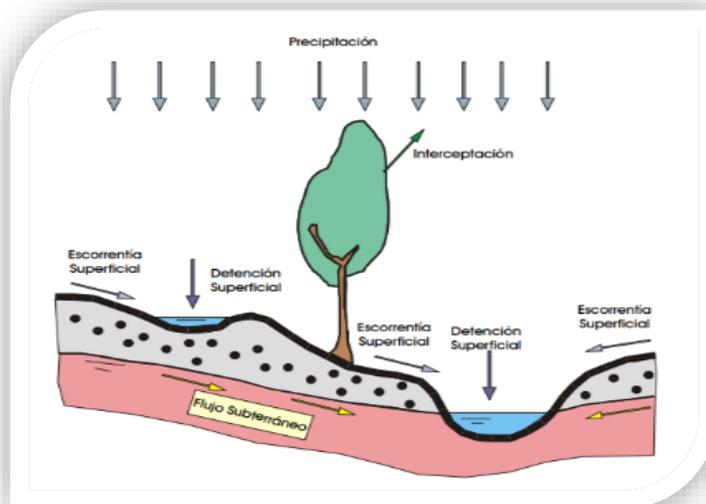
**Figura 4.**

*Primera fase*



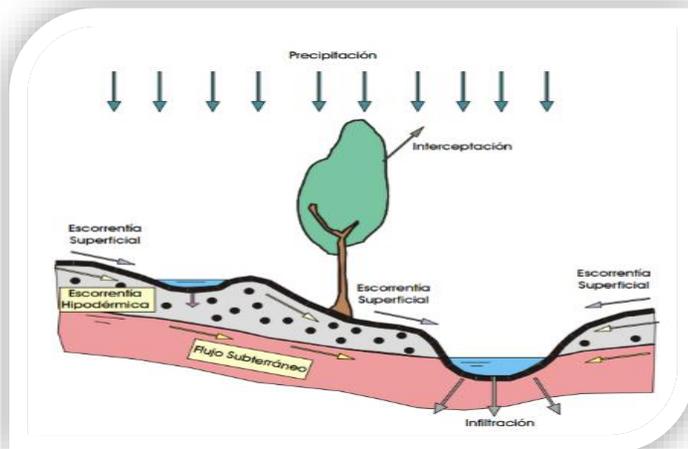
**Fuente:** [http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf)

**Segunda fase:** Iniciación de la Precipitación La Evapotranspiración cesa. Las aguas meteóricas son interceptadas por la vegetación, las superficies de agua libre, los cursos de agua y el suelo. en éste se infiltra una cantidad importante de agua que abastece su capacidad de almacenamiento; el excedente se mueve superficialmente en forma de Escorrentía Directa que alimenta débilmente los cursos de agua

**Figura 5.***Segunda fase*

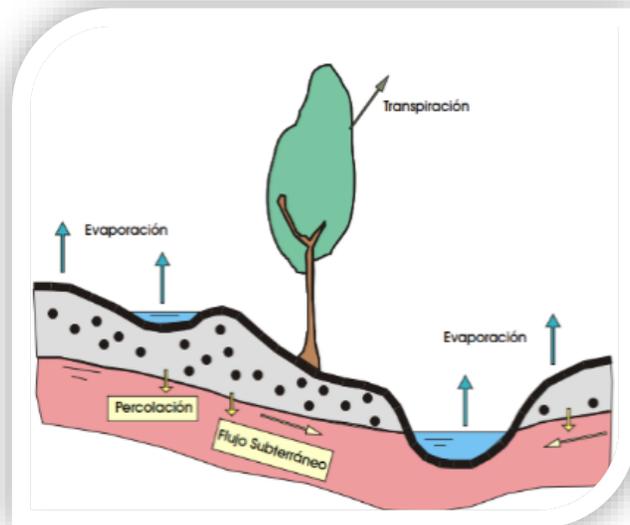
**Fuente:** [http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf)

**Tercera fase:** Precipitación máxima. Después de una cierta duración de la Precipitación, la cubierta vegetal apenas intercepta agua y prácticamente la totalidad de la Precipitación alcanza el suelo. Las capas superficiales del suelo están saturadas. Parte de las precipitaciones se infiltran, alimentando a la Escorrentía Hipodérmica, y a los acuíferos, originándose en éstos una elevación del nivel piezométrico. La Precipitación que no se infiltra origina Escorrentía Superficial que en esta fase alcanza su valor máximo.

**Figura 6.***Tercera fase*

**Fuente:** [http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf)

**Cuarta fase:** Posterior a la Precipitación. La lluvia cesa. La Escorrentía Superficial desaparece rápidamente. El suelo y subsuelo están saturados. Continúa la Infiltración de agua que está estancada en depresiones superficiales alimentando a la humedad del suelo, a la Escorrentía Hipodérmica y a las aguas subterráneas. El ciclo se cierra con la aparición de nuevo de la primera fase.

**Figura 7.***Cuarta fase*

**Fuente:** [http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf)

### **Factores que Afectan la Escorrentía**

Cabe mencionar que la escorrentía está afectada directamente por cuatro factores naturales que son:

- Factor meteorológico: varía según la intensidad de las precipitaciones y los cambios de temperatura.
- Factor geográfico: se refiere a la zona geográfica y la morfología de esta.
- Factor hidrogeológico: se refiere a la permeabilidad de los suelos, sus capas y profundidad.
- Factor biológico: tiene que ver con la superficie de la vegetación y las acciones del ser humano.

## 2.3 Marco Conceptual

**Aguas de infiltración** Agua proveniente del subsuelo, que puede ingresar al sistema de alcantarillado.

**Aguas lluvias** Aguas provenientes de la precipitación pluvial.

**Aguas Pluviales:** Son agua de lluvia que no es absorbida por el suelo, sino que escurre de edificios, calles, estacionamientos y otras superficies.

**Alcantarillado de aguas lluvias** Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias.

**Aguas residuales** Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

**ArcGIS:** es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG)

**Canal** Cauce artificial, revestido o no, que se construye para conducir las aguas lluvias hasta su entrega final en un cauce natural.

**Capacidad hidráulica** Caudal máximo de agua que puede manejar un sistema de alcantarillado.

**Coefficiente de escorrentía** Relación que existe entre la escorrentía y la cantidad de agua lluvia que cae en una determinada área.

**Crecimiento Poblacional:** El crecimiento poblacional se refiere al aumento en el número de personas establecidas en una zona por unidad de tiempo para su cálculo.

**Cuenca hidrográfica:** Zona delimitada topográficamente que drena mediante una red hidrográfica, es decir, la superficie total de tierras que drenan en un cierto punto de un río o curso

de agua. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada **divisoria de aguas**.

**Escorrentía** Porción de las aguas lluvias que no es retenida por el terreno y corre sobre la superficie.

**Hidrograma:** Gráfica que muestra las variaciones de caudal de un río o del nivel del agua subterránea en una perforación respecto a un nivel de referencia frente al tiempo. El Hidrograma unitario es el nombre con el que se conoce un método de cálculo que permite transformar la precipitación en escorrentía superficial; sirve para facilitar la predicción de cómo responderán cuencas fluviales concretas ante diferentes supuestos de precipitación. en el Hidrograma de caudales se representan las variaciones de caudal respecto al tiempo.

**Infiltración:** Es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo.

**Intensidad de La Lluvia:** Es la razón de incremento de la altura que alcanza la lluvia respecto al tiempo. Se clasifica en ligera, moderada y fuerte

**POMCA:** El Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca es el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos.

**Periodo de retorno:** Indica el tiempo en el que se espera un caudal igual o superior al caudal de crecida ( $Q_{max}$ ) con un riesgo asociado. Las estructuras de contención como la presa deben ser diseñadas para soportar este caudal por lo cual el estudio de las variables extremas es clave para la seguridad de un embalse.

**Superficies Impermeables:** Las superficies impermeables son principalmente las estructuras artificiales - como los pavimentos (carreteras, aceras, calzadas y plazas de aparcamiento) que están cubiertos por materiales impenetrables como asfalto, hormigón, ladrillo y piedra - y los tejados.

## **2.4 Marco Contextual**

Esta investigación se desarrollará en los barrios Juana paula, Doce de octubre y Chaparral en el municipio de los patios, este se ubica fisiográficamente en una zona montañosa que hace parte del Macizo de Santander, ubicado en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos. Su red hídrica pertenece a la cuenca del río Pamplonita, que a su vez hace parte de la cuenca del Catatumbo. La mayor parte de su territorio es de relieve quebrado, con pendientes pronunciadas y escarpadas. Existen zonas planas y levemente inclinadas como la Meseta de Corozal y el área donde está edificada la ciudad de los Patios. Distancia a San José de Cúcuta, capital de Norte de Santander es de 7 Km, su temperatura es de 27° centígrados.

**Figura 8.**

*Ubicación del municipio de los Patios y de los barrios en mención.*



Fuente: capture obtenido de la panorámica de Google.



## 2.5 Marco Legal

**Artículo 140:** El estudiante podrá optar por una de las siguientes modalidades del trabajo de grado:

**Proyecto de Investigación:** Monografía-Trabajo de Investigación: Generación o aplicación de conocimientos-Sistematización del conocimiento.

**Proyecto de Extensión:** Trabajo social-Labor de consultoría en aquellos proyectos en los cuales participe la Universidad-Pasantía-Trabajo dirigido. (Del Trabajo de Grado)

**Artículo 141:** El proyecto de grado incluye las siguientes etapas:

Presentación del anteproyecto o plan de trabajo según corresponda a la modalidad del proyecto seleccionado.

Desarrollo de la investigación o ejecución física del proyecto

Sustentación de la investigación y/o verificación o aval de la realización del proyecto. (Del Trabajo de Grado)

**Artículo 142:** Las condiciones y procedimientos para la presentación, desarrollo y evaluación de cada una de las modalidades de trabajo de grado, o sus componentes alternas, harán parte de la reglamentación específica de cada facultad, para cada plan de estudios. (Del Trabajo de Grado)

**Artículo 145:** Todo trabajo de grado debe tener un director, el cual debe ser un profesional del área de conocimiento que trata el proyecto, y podrá estar o no vinculado a la Universidad. (Del Trabajo de Grado)

Resolución 330 de 2017.

Resolución 0024 de 2011, Manual Invias

### **3. Diseño Metodológico**

En este proyecto nos apoyaremos en una investigación tipo cuantitativa, ya que se busca indagar hasta conocer a fondo los detalles y establecer una relación entre los dos objetos de estudio y se usaran como instrumentos de recolección de información encuestas para conocer la percepción de los habitantes respecto a la evacuación de las aguas lluvias en dichas comunas.

Se debe iniciar con la obtención de datos otorgados por cada una de las entidades correspondientes como la alcaldía o centros de historia, se necesitan los datos de precipitación del Municipio de los Patios registrados en las estaciones más cercanas a cargo del IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Posteriormente se procede a identificar en los planos la expansión urbanística de este Municipio desde su fundación hasta la fecha los cuales se pueden encontrar en Planeación y Desarrollo – Alcaldía Municipal, en la secretaria de vivienda y desarrollo territorial y también fuentes tecnológicas como Google Earth Pro, estas herramientas aportan gran material en la elaboración de proyectos, después de reconocida el área y los cambios presentes se establecerán los caudales de esorrentía y por ultimo seguido de esto se realizaran encuestas diseñada para la comunidad de los barrios Juana Paula, Doce de Octubre y Chaparral. Teniendo en cuenta toda la información recopilada se procede al análisis de los datos aplicando diferentes modelos o ecuaciones para poder conocer la relación existente entre las características inicialmente mencionadas finalizando este análisis se planteará un sistema de evacuación de aguas lluvias teniendo en cuenta todos los parámetros anteriormente estudiados

### **3.1 Tipo de Investigación**

En este proyecto nos apoyaremos en una investigación tipo cuantitativa, ya que se busca indagar hasta conocer a fondo los detalles y establecer una relación entre los dos objetos de estudio. Este tipo de investigación se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis.

### **3.2 Población y Muestra**

#### **3.2.1 Población**

El municipio de los patios cuenta con una población aproximada de 81.411 habitantes y tiene un área urbana de 1.7 km<sup>2</sup> y un área rural de 129.4 km<sup>2</sup> para un área total de 131 km<sup>2</sup> de dicha población se tendrá en cuenta los habitantes que se encuentren ubicados en los barrios Juana Paula, Doce de Octubre y Chaparral ya que estos son los que se encuentran en la cuenca de nuestro estudio hidrológico.

#### **3.2.2 Muestra**

Se tomará una muestra representativa de cada barrio dependiendo de su población total, las personas serán seleccionadas aleatoriamente para aplicar las encuestas que tendrán como finalidad conocer e identificar el punto de vista que tienen los habitantes en lo que respecta al manejo de la escorrentía de aguas pluviales en las diferentes zonas del municipio, aproximadamente 300 personas serán las encuestadas.

#### **4. Particularidades del Crecimiento Urbanístico del Municipio de los Patios**

El crecimiento urbano es el aumento de población e infraestructura de los centros urbanos que se va expandiendo cada vez más. El ritmo de crecimiento de la población urbana depende del aumento natural de la población urbana ya sea por la migración de personas desde las áreas rurales a la ciudad o por la reclasificación de áreas rurales en áreas urbanas.

El crecimiento urbano es un tema de estudio en numerosos gobiernos por ser un fenómeno que requiere de políticas públicas claras para asegurar la calidad de vida de las personas. El crecimiento urbano involucra el desarrollo de las ciudades, tanto económico, social político y cultural. en cuanto al impacto negativo, el crecimiento urbano se traduce en la pérdida de tierras de cultivo altamente productivas, afecta a la demanda de energía y reduce la biodiversidad. Gracias a la migración de los pobladores de áreas rurales hacia la ciudad promovida por el desarrollo tecnológico, las ciudades han crecido exponencialmente en las últimas décadas.

Dado que más del 80 % del producto interno bruto (PIB) mundial se genera en las ciudades, si la urbanización se gestiona adecuadamente puede contribuir al crecimiento sostenible, aumentando la productividad y facilitando la innovación y el surgimiento de nuevas ideas. Sin embargo, el ritmo y la magnitud de la urbanización plantea desafíos, como satisfacer la creciente demanda de viviendas asequibles, de sistemas de transporte bien conectados y de otros tipos de infraestructuras y servicios básicos,

Debido a lo anterior es que actualmente conocemos el municipio de los patios, El Municipio de los Patios está localizado al Oriente del Departamento Norte de Santander, haciendo parte de la subregión Oriental del Departamento, junto con los municipios de Cúcuta, El Zulia, San Cayetano,

Villa del Rosario y Puerto Santander, de los cuales excepto del último, conforman el Área Metropolitana de Cúcuta.

Sus coordenadas de localización<sup>1.5</sup>, son entre:

$$X = 833.000 \text{ a } 845.000 \quad y = 1'336.500 \text{ a } 1'364.000$$

Se ubica fisiográficamente en zona montañosa, haciendo parte del Macizo de Santander en la Cordillera Oriental (Andes Colombianos). Su red hídrica pertenece a la Cuenca del Río Pamplonita (K6.4), Gran Cuenca del Catatumbo. La mayor parte de su territorio es de relieve quebrado, con pendientes pronunciadas a escarpadas; existiendo zonas planas a levemente inclinadas como la Meseta de Corozal y el área donde está edificada la ciudad de los Patios.

De acuerdo a la Oficina de Planeación Departamental el área del Territorio Municipal es estimada entre 119 1.6 y 1271.7 Km<sup>2</sup>, y de acuerdo a la cartografía base del PBOT, la extensión del territorio municipal es de 130,25 Km<sup>2</sup>, coincidiendo en forma aproximada al área definida por el IGAC estimada en 131 Km<sup>2</sup>

El municipio de los patios está conformado en la zona rural por un corregimiento llamado la garita y 10 veredas (colchones, 20 de Julio, Helechal Alto, Helechal Bajo, Trapiches, la mutis, california, corozal, los vados y agua linda). la zona urbana está ocupada por 33 barrios y 32 urbanizaciones. en el 2005 la población del municipio de los patios ascendía a 67 441 habitantes, de los cuales 32 453 son hombres (48% del total) y 34 988 son mujeres (51%); del total poblacional, 97% se localiza en la cabecera municipal y 03% se asienta en el resto de la jurisdicción. la densidad total de población en el municipio alcanza los 515 habitantes por km<sup>2</sup> , pero como la población se concentra fundamentalmente en la zona urbana, con un área de 8,84 km<sup>2</sup> , la densidad poblacional urbana es de 7 386 personas<sup>3</sup> por km<sup>2</sup> .

La economía de los patios se sustenta en la explotación de arcilla y caliza que soporta el 90% de producción del departamento norte de Santander, destinada principalmente para la industria del cemento. Se encuentran, asimismo, industrias mecanizadas de arcilla, industrias de cemento y chircales de subsistencia<sup>4</sup> (CORPONOR, 2005:60-64). La estratificación socioeconómica<sup>5</sup> del municipio muestra que 54% de la población se ubica en el estrato bajo, 42% en el estrato medio, y un 4% en el estrato alto.

Los patios se encuentra localizado en relieves planos y casi planos en depósitos aluviales en la cuenca del río pamplonita, donde “se observa erosión intensiva y activa sin cobertura vegetal, erosión incipiente con cobertura vegetal arbustiva y herbácea, vertientes susceptibles a la erosión laminar y deslizamiento sobre vías y socavamiento lateral de cauces”, configurando con ello factores de amenaza geodinámica. en adición a tales factores de amenaza, se reconoce un acelerado crecimiento informal en el municipio, asociado con el asentamiento de población inmigrante y en situación de desplazamiento, y con ello la ocupación ilegal de suelos, que acumulativamente van incrementando una situación de riesgo socioambiental.

En los Patios se identificaron 306 hectáreas en zona de riesgo, de las cuales 155 están en zona urbana, y parte de estas específicamente en los sectores de las cumbres, llanitos y San Fernando. Estas áreas fueron clasificadas como zonas de riesgo por erosión (malas condiciones de suelo y asentamientos del terreno, debilitamiento y falla en las estructuras de viviendas y posibilidades de remoción en masa) como consecuencia del cauce del río, dado que las viviendas se encuentran ubicadas sobre la cota de inundación, sin respetar las áreas de aislamiento obligatorias de los drenajes naturales del municipio (quebrada agua linda, quebrada Juana paula, caño El Recreo) y configurando zonas de riesgo por un posible desbordamiento en época de invierno.

El contexto socioeconómico del municipio de los patios se caracteriza por ser asentamiento dormitorio de un alto porcentaje de la población que trabaja en empleos básicos en la frontera con Venezuela, incluida la población que ocupa las zonas urbano-marginales, la que además carece de los servicios esenciales. de hecho, la noción de riesgo que tienen las personas que ocupan estos sectores se relaciona con la posibilidad o imposibilidad de conseguir el sustento diario y resolver las necesidades básicas insatisfechas. además de la marginalidad y evidente exclusión social existente en algunas zonas críticas como el mismo barrio las cumbres, existe un sector de la población en condición de indigencia, mucha de la cual es desplazada por efectos de la violencia.

En materia de infraestructura y líneas vitales los niveles de vulnerabilidad también son notorios. veamos las siguientes pautas. la captación de agua del acueducto principal se localiza en una zona susceptible a las avenidas torrenciales quebrada la Honda, lo que conlleva el riesgo de suspensión del suministro de agua potable a la población.

(ii) las seis empresas prestadoras del servicio de acueducto no cuentan con estudios de vulnerabilidad de sus redes. (iii) Hay una baja o nula aplicación de las normas de sismo resistencia en las construcciones. (iv) Hay debilidad o ausencia en los planes de evacuación en los escenarios utilizados para eventos y espectáculos públicos. (v) Se dan concentraciones de flujo vehicular con alta frecuencia de accidentes sobre la vía principal, la carretera central Cúcuta-pamplona, además de no contar con infraestructura peatonal suficiente.

**Figura 10.**

*Ubicación del municipio de los patios, en el departamento y en el país.*



Fuente: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00670.pdf>

Los hechos más revolantes del crecimiento urbanístico se describen a continuación

Su origen se remonta al **siglo XVII**. Iniciando su historia en la hacienda " los Patios" con una extensión de tierra de tunas y cujies, de donde tomó su nombre el entonces caserío, a partir de los años 30 del siglo XX se evidenció un paulatino ascenso poblacional en la zona relacionado con el funcionamiento de la carretera (Cúcuta-pamplona-Bucaramanga) Luego, con la expedición de la ordenanza n°13 de diciembre 10 de 1985 se creó el municipio de los patios como el municipio número 37 del departamento Norte de Santander

Este hecho trajo como consecuencia un nuevo y significativo aumento de la población a través de invasiones tales como el del hoy urbanización videlso, se sucede esta invasión en razón a un fuerte invierno que azoto la sabana de los Patios, donde estaban ubicadas considerables cantidades de familias que habitaban ranchos provisionales, y quienes ante las amenazas de las inundaciones optaron por reubicarse. Posteriormente se realiza la invasión del hoy barrio la sabana y sabanita, terrenos estos ejidos del municipio de Villa del Rosario.

Para ese entonces y ante el incontrolable crecimiento de la población y la total falta de agua, alcantarillado, carreteras, transporte, escuelas y puestos de salud se organizó la primera Junta Pro desarrollo de los Patios, continuo la invasión de los terrenos del hoy barrio 11 de noviembre, organizada y promovida el 11 de noviembre de **1965**,

Luego de estas invasiones que anteriormente relacionamos se presentaron cantidad de fraccionamiento de los barrios ya conformados, tales como el barrio 12 de octubre, que es subdivisión de la Sabana y Patio Centro. El barrió Tasajero subdivisión del 11 de noviembre, surgen sectores como son: San Carlos, los Colorados, Sector La Cruz, La Esperanza, Llanitos, Kilómetro 9, (que es segregación de Pisarreal). También sectores de invasión como las Cumbres, El Sol, y sobre el sector del anillo vial.

La mayor concentración poblacional en la localidad de los patios se registró entre las décadas de **1970 y 1980**, como efecto de una alta migración del campo a la ciudad en esta parte del país, dado que por localizarse en la zona fronteriza colombo-venezolana experimentó una intensa dinámica comercial. Los patios, así como Cúcuta y villa del Rosario, se convirtió en un asentamiento receptor de población inmigrante en situación de desplazamiento, y de personas de todo el territorio nacional que no pudiendo pasar al vecino país terminaron quedándose en estas urbes, conformando una creciente conurbación que hoy se administra y reconoce como la gran Área metropolitana de Cúcuta.

El acueducto es esfuerzo voluntarioso y constante de la comunidad patiense realizado durante los años de 1978 a 1983, ya que el precioso líquido lo venían captando de la toma pública DUPLAT, a través del sistema de Arietes y grandes extensiones de manguera plástica que llevaban el líquido, hasta los tanques, o depósitos de las viviendas. Esta junta logra interesar al INAS (Instituto Nacional de Salud), que aportó el 30% de las redes domiciliarias y recursos propios obtenidos a través de colectas entre la comunidad, de esta forma la comunidad logra la construcción del tanque desarenador, e instalación de más de siete (7) kilómetros de red de conducción en sitios de difícil acceso.

El día 27 de Julio de **1991** se inaugura el acueducto de la Honda y lo entrega oficialmente a la comunidad patiense en acto público que tuvo lugar en los Tanques-depósitos ubicados en el corregimiento los vados, el alcalde de la época gestiona y puso en funcionamiento el servicio de recolección de basuras y construyó el relleno sanitario para el Municipio los patios, con apoyo del convenio Colombo-Alemán y fundo las Empresas Públicas Municipales “ EMPATIOS” Al terminar su mandato deja proyectado y financiado en parte el plan maestro de alcantarillado del Municipio de los Patios.

Por esa época también se construye el Parque cementerio Jardines de san José (marzo 05 de **1973**) se ubican empresas como gas Rosario, tubos la Fama, Café Oriente, molinos de alimentos para aves e innumerables y variadas microempresas.

Por el año de **1979** cementos Diamante S.A. Compra la fábrica Cementos del Norte, se observa por estos tiempos un moderno desarrollo urbanístico con la construcción de la urbanización Daniel Jordán también la urbanización Tierra Linda, Santa Clara, urbanización san Fernando, Montebello I y II, La arboleda, brisas del Pamplonita, Pensilvania, y viviendas pertenecientes al estrato social alto como la Urbanización Bellavista, Villa Camila, La Floresta, Juana Paula , El Limonar, entre otras y que están ubicadas al Norte del Municipio en límites con Cúcuta.

Además, los patios estaba logrando un rápido y extraordinario desarrollo tanto urbanístico como comercial e industrial, por ello el 30 de octubre de 1993, se realiza el censo nacional y en el Municipio de los Patios se registran 47.769 habitantes.

El 30 de octubre de **1994**, es elegido como cuarto alcalde del Municipio de los patios el Ingeniero Civil Dr. IGNACIO DUARTE GOMEZ, para el periodo 1995-1997, quien en su programa de gobierno ha manifestado que a través de las Empresas Municipales gestionará la ejecución del Plan Maestro de alcantarillado y de la planta de Tratamiento de aguas residuales para un lapso de tiempo de servicio de veinte (20) años. Contempla un sistema no convencional, con modificaciones resultantes de las recomendaciones hechas por el banco Mundial y demás propuestas de las instituciones estatales del orden nacional y departamental que puedan tener injerencia en el Proyecto.

En 1999 la población del municipio de los Patios asciende a los 55.524 habitantes<sup>3.5</sup>, de los cuales el 48.7% (27.055) son hombres y 51.3% (28.469) son mujeres. La distribución territorial de esta población es así:

- El 96.5% (53.631 habitantes) se localizan en la cabecera municipal y,
- El 3.5% (1.893 habitantes) en el resto de la jurisdicción.

Para el año **1999** se proyecta que la población de la cabecera del municipio de los Patios es de 53.631, teniendo en su estructura por edad y sexo mayor número de población en el grupo de 5-9 con 6.869; y el de menor número de personas es el de 80 y más años.

Está proyectado para el sector Norte del Municipio con gran potencia de crecimiento para el futuro urbano, un servicio con colectores que se encausarán a la margen derecha del río pamplonita y que sus connotaciones deberán manejarse y desarrollarse en el contexto del área metropolitana, entidad esta que ha asumido la responsabilidad de construir el colector de la margen derecha del río Pamplonita

Dentro del proyecto de actualización del alcantarillado sanitario, se calcula una densidad de población de 150.000 habitantes para una vida útil de unos veinticinco años. en este municipio existen 16 915 hogares que habitan en 16 007 viviendas. para el año 2010 se calcula una población de 71 811 personas en el municipio

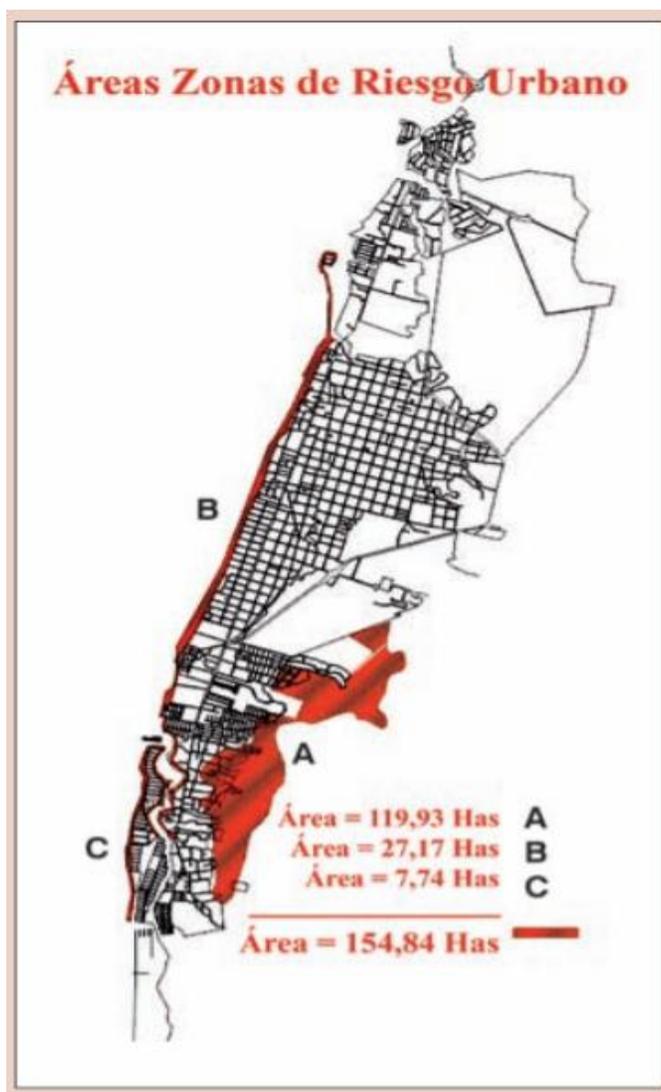
El proceso urbanizador de los Patios se suscribe al espíritu y dinámica de la vía central que conduce de la ciudad de Cúcuta a Pamplona, de tal modo que no hay un esquema o proyecto poblacional definido a través de su historia. Es esta municipalidad más el resultado de la espontaneidad urbanística propia del proceso de conurbación que se va dando en todo el Área Metropolitana. en consecuencia, puede observarse que no hay homogeneidad poblacional, ni en sus orígenes ni en la afinidad sociocultural, imposibilitándose así la construcción de un sentimiento de identidad o de conformación de un colectivo con sentido de pertenencia.

Los Patios se ha centrado en el desarrollo de su cabecera municipal en donde se ha asentado más del 96% de su población total; su acelerado desarrollo urbanístico y de invasión de suelos con

propósitos habitacionales han encontrado en la generación de conflictos por uso del suelo, la mayor degradación del territorio y de su entorno paisajístico. Este desarrollo ha logrado que se superen las escasas normas sancionadas por la Administración Municipal, exigiendo un alto desarrollo funcional institucional, para el cubrimiento de necesidades básicas, desarrollo y distribución de los espacios públicos y recreativos, y de otros efectos secundarios por dicho fenómeno.

**Figura 11.**

*Zonas de Riesgo urbano. plan Básico de ordenamiento territorial 2002.*



Fuente: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00670.pdf>

Su crecimiento poblacional no ha sido natural, sino generado por la conectividad con Cúcuta y el resto de municipios del departamento, en el que más del 80% de su población es nacida en otro municipio y/ u otro departamento, dando como resultado la ampliación y propagación del sentimiento de ausencia en el sentido de pertenencia hacia el municipio y sus instituciones.

La conformación urbana lineal tiene como característica el desarrollo de zonas de estratos socioeconómicos más elevados en la zona norte y distribuidos entre medios y bajos hacia la zona central y sur del casco. Su población clasificada en el SISBEN, se caracteriza por ocupar más del 65% en el nivel 1 y 2, y más del 85% en niveles 1, 2 y 3.

La misma sectorización de estratos socioeconómicos, se da en la oferta de servicios públicos, en donde se tiene una distribución de servicios para la zona norte a través de la EIS (Cúcuta), empresas privadas y las Empatios en la zona centro y sur del casco.

Las actividades de la Población urbana dentro del territorio se centran fundamentalmente en la asistencia a las iglesias con un porcentaje del 71,2% de la población total, continúan en proporción disfrutando de la canchas y espacios deportivos instalados en el casco urbano un 44,5%, el 30,6% de la población asiste a parques y el 25,5 % a plazas de mercado locales, teniéndose una alta movilidad a la ciudad de Cúcuta, como centro poblado con mayor oferta de espacio público.

La hidrogeología indica que un 5% del área utilizada en el departamento depende de la extracción de aguas subterráneas a través de pozos y aljibes, cuya mayor densidad se ubica en la franja limítrofe con Venezuela, cuenca de los ríos Zulia, Pamplonita y subcuenca del río Táchira, donde la litología coincide con una secuencia de rocas sedimentarias, tanto del terciario como de depósitos recientes

El análisis de la geomorfología se orienta hacia los tipos, formas del relieve y procesos morfogenéticos asociados y, en relación con las unidades basadas en el tipo de roca y su correspondiente formación.

En forma general el departamento N. de S. lo conforman tres sectores: 2.13 un sector montañoso integrado por vertientes, colinas, valles y depósitos aluviales; un sector de pie de monte y zona de contacto entre las montañas de la Cordillera Oriental y la planicie, y un sector conformado por una franja de planicie aluvial modelada por deposiciones de los ríos que tiene su origen en las cuencas hidrográficas cordilleranas.

Así la geomorfología de los Patios se enmarca dentro del ultimo sector. La Cuenca del río Pamplonita (K 6.4) presenta un desarrollo geomorfológico muy complejo, ligado a las etapas evolutivas de la Cordillera Oriental, desarrollándose una variedad de litologías y estructuras importantes, sobre las cuales han actuado diversos fenómenos tanto endógenos como exógenos. Esta cuenca presenta configuraciones diferentes, dependiendo del tipo de litología predominante, los controles estructurales y los procesos dinámicos pasados y actuales responsables del modelado.

La distribución geomorfológica Departamental, enmarcada dentro de cuatro grandes unidades basadas en su constitución litológicas y en los procesos morfodinámicos dominantes, se resume así:

A) Unidades de origen denudacional. Esta unidad conforma un área de 893.000 hectáreas que corresponden a un 40.6% del área total del departamento.

B) Unidades de origen estructural. Esta unidad posee una cobertura de 486.400 hectáreas lo que corresponde a un 22.1% de la a superficie del departamento.

Unidades de origen denudacional – estructural. Se encuentran en vertientes de la cordillera y en colinas medias y bajas de las cuencas de los ríos Sardinata, Zulia, Pamplonita, Catatumbo y

Socuavo. Corresponde a una combinación de unidades cuyo origen es estructural y han sufrido fuertes procesos denudacionales tanto de carácter erosivos como por movimientos en masa: deslizamientos y derrumbes, sobre todo en áreas desprovistas de vegetación y periódicamente sometidas a lluvias intensas. Son áreas potencialmente inestables que afecta a un 27.4% de la superficie del departamento y que exigen ser manejadas con criterios conservacionistas y de protección.

D) Unidades de origen aluvial y coluvio – aluvial, cuya ubicación se encuentra en diversos sectores de las cuencas de los principales ríos, normalmente asociados a los fondos de valles y a las llanuras de inundación. Conforman depósitos o acumulaciones recientes cuya expresión en el terreno son los conos de deyección, los conos coalescentes y las terrazas en posición baja, intermedia o superior, cuyos planos de inclinación y pendientes suaves, favorecen el desarrollo de diversos usos, desde el agrícola hasta el establecimiento de las ciudades principales y de otros centros poblados como son Pamplona, Ragonvalia, Bochalema, Chinácota, el Área Metropolitana de Cúcuta, Ocaña, Abrego, Tibú, El Tarra, y Sardinata. Esta unidad ocupa un área de 9.8% del total del departamento y aunque presentan las mejores condiciones naturales para la localización de actividades múltiples, en ciertos casos se encuentran sometidas a potenciales inundaciones y en otras son afectadas por acciones de la intervención antrópica.

Los Patios tiene una grave insuficiencia del recurso hídrico, reflejado en el bajo o nulo caudal de las quebradas La Tascarena, Paramillo, La Mona, Agualinda, Juana Paula y Caño El Recreo, durante la mayor parte del año, causado por el uso indiscriminado que se le da aguas arriba, situación que se manifiesta en conflictos entre los agricultores por la disponibilidad del recurso.

Las actividades relacionadas con el uso de la tierra se han establecido sin contar con la aptitud de los suelos ni con la potencialidad de sus ecosistemas, generando alteraciones en el medio, en la

mayoría de los casos con daños irreversibles, procesos erosivos y la alteración del ciclo hidrológico de las microcuencas, aparte de los daños por contaminación.

**Tabla 1.**

*Evolución de la población del municipio de los patios 1993-2005*

<b>AÑO de CENSO</b>	<b>TOTAL, GENERAL</b>	<b>TOTAL, CABECERA</b>	<b>TOTAL, RESTO</b>
1973	10.063	9.997	66
1985	44.008	42.396	1.613
1993	50.957	48.947	2.010
1995	51.941	49.985	1.956
1996	52.826	50.883	1.943
1997	53.729	51.801	1.928
1998	54.639	52.727	1.912
1999	55.524	53.631	1.893
2000	56.383	54.510	1.873
2001	57.222	55.373	1.849
2002	58.048	56.224	1.824
2003	58.851	57.852	1.768
2004	59.620	57.852	1.797
2005	60.346	58.610	1.736
2025	67.441	65.290	2.151
2007	69.048	66.743	2.305
2008	69.967	67.572	2.395

**Fuente:** Censo Nacional de Población 1973, 1985 y 1993 DANE.

El crecimiento en los últimos 20 años ha sido más o menos moderado pero sostenido, aunque las condiciones de localidad receptora de población desplazada y migrada se mantienen, razón por la cual los patios ya supera las 70 mil personas, según proyecciones del departamento administrativo nacional de Estadística, dándose la ocupación de zonas y suelos no aptos para ser habitados o con algún riesgo para sus ocupantes, como es el caso de algunos sectores del Barrio las cumbres.

**DENSIFICACIÓN - RELACIÓN ÁREA CONSTRUIDA / ÁREA LIBRE.**

Si se analiza el promedio de predios por manzana, se tiene que los barrios más urbanizados, desde ese punto de vista son: Villa Celina con 185 pred/manz, Miradores del Pamplonita con 180, San Remo con 100, Altamira con 49, Ciudadela Betania con 46, Patio Antiguo con 43. en segunda instancia se cuenta a Montebello II con 39 pred/manz., Pizarreal con 35, Km. 9 con 34, 11 de noviembre 33, El sol 33, Montebello I con 33, Chaparral con 32, al igual que Videlso y La Cordialidad.

Pero los más densos, de acuerdo a la relación viviendas/hectárea, son: Minuto de Dios (121), Tierra Linda (102), San Fernando (95), Llano Grande (93), Daniel Jordán (92), Montebello II (87) y Urb. Juana Paula con (75); en contraposición a estos se pueden nombrar entre los más bajos a: La Floresta (2), Bosques del Nogal (3), Villa Camila (4), Patio Antiguo (9), Colinas del Nogal (9), Betania (9), Km. 8 (10), Barrio Juana Paula (12), Torcoroma (13), Valles del Mirador (14), Km. 9 (16), San Carlos (16) y Urb. La Arboleda (18), Las Cumbres (21), San Remo (23), Chaparral (24), La Sabana (24), 12 de octubre (24), Llanitos (25), Pizarreal (26), Mirador (26), Cordialidad (27) y Videlso (27). Ver Tabla No. 3 –58. Relación de ocupación del suelo.

Las densidades que se están presentando para este sector varían entre 4 y 26 viv/Ha, con el caso particular de la Urb. Juana Paula con 75 viv/Ha, sobrepasando lo estipulado en el Código de Urbanismo actual.

El área total del sector urbano es de 8.838.878.000 m<sup>2</sup> (883.887,8 Has), que, comparada con el área construida, que es de 1.420.914.000 m<sup>2</sup> (142.091,4 Ha), arroja un total de 7.417.964.000 m<sup>2</sup> (741.796,4 Ha) de área libre, para así obtener una relación porcentual de:

AREA CONSTRUIDA: 73.24%

AREA LIBRE : 26.76%

## ACUEDUCTO de los PATIOS

Realizando un análisis comparativo en las edades desde la construcción de este acueducto, se llega a la conclusión que todavía no ha cumplido su ciclo de vida útil, (20 años). Las estructuras como Bocatoma, Desarenador, Tanque de almacenamiento, líneas de conducción tanto de agua sin tratar como la tratada tienen edades menores a 20 años. en la red de distribución, algunas tuberías fueron instaladas hace más de 20 años, porque pertenecían a la red del municipio de Villa del Rosario, pero aun así el 85% de la red es relativamente joven, por lo tanto, no se ha realizado cambios de tubería por causas deterioro o falla.

## ALCANTARILLADO PLUVIAL

Balance Hídrico. El régimen de lluvias en este sector de los patios se caracteriza por ser de tipo irregular durante todo el año, presentando fundamentalmente características de bimodal, con periodos cortos de lluvias, siendo más intenso durante los meses de abril y octubre en donde se han obtenido un valor promedio de 1,000 mm según datos de la estación hidrológica del Carmen de Tonchalá.

El balance hídrico se obtiene relacionando la cantidad de precipitación que se presenta durante los meses del año sobre un área determinada y la cantidad de evaporación que se presenta durante el mismo lapso, dando a lugar periodos de almacenamiento o de déficit de agua en la superficie terrestre. El área de estudio presenta dos periodos cortos de almacenamiento durante los meses de abril y finales del mes de octubre, presentando durante el resto del año, un déficit constante debido a que la evaporación es mayor a la precipitación.

Los sistemas de drenaje existentes son los debidos a los cauces naturales y depresiones del terreno, y las obras de arte de la vía panamericana. El sector más afectado por los problemas

causados por las aguas lluvias, es el denominado zona central del municipio, y es consecuencia del desarrollo indiscriminado y la ausencia de planeación en el desarrollo de las vías principales.

El municipio de los Patios no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial, pues el Plan Maestro de Alcantarillado, se limita a la construcción de redes de aguas residuales, no contemplando un sistema mixto y mucho menos sistemas independientes.

El recorrido actual de la quebrada Juana Paula, permite tener unos tiempos de concentración bastantes grandes que impiden desbordamientos en la parte alta de la cuenca, para el planteamiento de rectificación de su cauce, debe ser cuidadosamente estudiado porque alteran el recorrido entre un sector a otro.

Las siguientes tablas representa el area urbanizada y no urbanizada en los años 1953, 1991 y 2021 de los barrios 12 octubre, chaparral y Juana paula del municipio de los patios; estos periodos fueron los seleccionados para realizar el cálculo de caudales:

Areas en el año 1953

El area de los barrios seleccionados representan 0.687 km<sup>2</sup> del municipio de los patios, en esta época no había area urbanizada porque estos terrenos hacían parte de la hacienda los patios y colorados.

**Tabla 2.**

*Areas en el año 1953*

COBERTURA	PORCENTAJE	AREA (KM <sup>2</sup> )
NO URBANIZADO	100	0.69

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

Area en el año 1991

En esta época los patios ya era considerado un municipio del departamento, se aprecia un porcentaje de area urbanizada.

**Tabla 3.**

*Areas en el año 1991*

COBERTURA	PORCENTAJE	AREA (KM <sup>2</sup> )
URBANIZADO	55.0	0.38
NO URBANIZADO	45.0	0.31

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

Area en el año 2021

Las áreas para este año fueron tomadas satelitalmente por medio de Google earth, se evidencia un fuerte avance en el area urbanizada

**Tabla 4.**

*Areas en el año 2021*

COBERTURA	PORCENTAJE	AREA (KM <sup>2</sup> )
URBANIZADO	74.0	0.51
NO URBANIZADO	26.0	0.18

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

## 5. Determinación de los Caudales de Aguas Lluvias que Escurren en los Barrios 12 Octubre, Chaparral y Juana Paula en El Año 1953, 1991 y 2021

### 5.1 Alcance del Estudio

Este estudio está orientado al cálculo de caudales de escorrentía, en los barrios: Juana Paula, Chaparral y Doce de Octubre del municipio de los Patios, Norte de Santander.

Se empleo el método de numero de Curva, obteniéndose caudales de escorrentía en 6 periodos de retorno para cada uno de los años seleccionados.

#### Figura 12.

*Imagen satelital de la ubicación del área en estudio.*



**Fuente:** imagen satelital de Google earth.

## **Análisis de La Zona de Estudio**

### **PARÁMETROS A CONSIDERAR**

#### Características de la zona

El tipo de superficie, sus pendientes, así como los porcentajes de construcción son factores que influyen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda el escurrimiento de las aguas lluvias que puedan concentrarse en un punto.

Definidas las áreas y las características de la superficie que la constituyen, se proceden por razones prácticas a determinar un coeficiente medio por zonas o para toda el área. Existen tablas que recomiendan factores de impermeabilización o escorrentía y que para nuestro estudio indica el Coeficiente de escorrentía.

Tabla 5.

Numero de Curva de escorrentía para áreas urbanas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e  $la=0.2S$ .

TIPO DE COBERTURA Y CONDICIÓN HIDROLÓGICA	% PROMEDIO ÁREAS IMPERMEABLES <sup>1</sup>	NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
<b>Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida):</b>					
Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.) <sup>2</sup>					
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		68	79	86	89
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)		39	61	74	80
<b>Áreas Impermeables:</b>					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc. (excluyendo derecho de vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
<b>Áreas desiertas urbanas:</b>					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables) <sup>3</sup>		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barreras impermeables de maleza, arbustos de desierto con 1 a 2 pulg de diámetro; Cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)		96	96	96	96
<b>Áreas urbanas:</b>					
Comercial y de negocios	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
<b>Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote:</b>					
1/8 de acre o menos (506 m <sup>2</sup> o menos)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m <sup>2</sup> )	38	61	75	83	87
1/3 acre (1350 m <sup>2</sup> )	30	57	72	81	86
1/2 acre (2025 m <sup>2</sup> )	25	54	70	80	85
1 acre (4050 m <sup>2</sup> )	20	51	68	79	84
2 acre (8100 m <sup>2</sup> )	12	46	65	77	82
<b>Áreas urbanas desarrolladas:</b>					
Áreas permeables conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

<sup>1</sup>El porcentaje promedio de área impermeable muestreada fue empleado para desarrollar el conjunto de valores de CN. Otras suposiciones son las siguientes: áreas impermeables están directamente conectadas con el sistema de drenaje, áreas impermeables tienen un CN=98; y áreas permeables son consideradas equivalentes a espacios abiertos con una condición hidrológica buena.

<sup>2</sup>CNs mostrados son equivalentes a aquéllos de pastos. Se pueden calcular valores de CN compuestos para otras combinaciones de tipo de cobertura de espacios abiertos.

<sup>3</sup>Los valores de CN de áreas permeables se suponen equivalentes a arbustos de desierto con un condición hidrológica pobre.

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

**Tabla 6.**

*Numero de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S*

DESCRIPCIÓN Y TIPO DE COBERTURA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NÚMERO DE CURVA PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo <sup>1</sup>	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segados para heno	---	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento <sup>2</sup>	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30 <sup>3</sup>	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles) <sup>4</sup>	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques <sup>5</sup>	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	---	59	74	82	86

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

<sup>1</sup>Mala: Menos de 50% del suelo cubierto con pastoreo intensivo sin maleza  
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto y un pastoreo no muy intensivo.  
Buena: más del 75% del suelo cubierto y un pastoreo ocasional a ligero.

<sup>2</sup>Mala: Menos del 50% del suelo cubierto.  
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto.  
Buena: más del 75% del suelo cubierto.

<sup>3</sup>Número de curva actual menor a 30. Emplear CN=30 para cálculos de escorrentía.

<sup>4</sup>Los valores de CN mostrados se calcularon para áreas con 50% bosques y 50% cubiertas con pastos. Se pueden calcular otras combinaciones de CN para bosques y pastos.

<sup>5</sup>Mala: Humus vegetal, pequeños árboles y maleza destruida por pastoreo intensivo, y quemas regulares.  
Regular: Bosques con pastoreo pero no quemados, suelo cubierto por humus vegetal.  
Buena: Bosques protegidos del pastoreo, y el suelo cubierto adecuadamente por humus vegetal.

**Fuente:** Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

### ***Intensidad - Frecuencia - Duración de Las Lluvias***

Las características de las lluvias a considerar dependen del grado de protección que se desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del sector, en la importancia de los canales de drenaje y las vías, y los posibles daños que se puedan causar por no controlar las mismas.

Las curvas Intensidad - Frecuencia - Duración de las lluvias sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con períodos de retorno específicos.

Para el diseño hidráulico se tuvo en cuenta la estación meteorológica VILLA DEL ROSARIO [16010010].

Las curvas IDF se hallaron por el método simplificado del manual de drenaje de carreteras, el procedimiento se presenta a continuación:

Las intensidades se calculan con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

En donde:

i: es la intensidad promedio del aguacero para un periodo de retorno T específico, en mm/horas.

T: periodo de retorno en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: es el tiempo de duración de la lluvia, en minutos.

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados y sus valores se presentan en la Tabla 2.12 del manual de drenaje de carreteras de INVÍAS.

***Análisis de precipitaciones en el área de estudio.***

En la zona se cuenta con la estación meteorológica VILLA DEL ROSARIO [16010010], del IDEAM ubicada en una zona cercana al sitio en estudio, esto hace que los datos de esta estación ofrezcan la suficiente confianza.

**Tabla 7.**

*Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas Intensidad-duración, IDF, para Colombia*

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

**Fuente:** Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

Se empleó en el estudio la totalidad de los datos de precipitaciones máximas mensuales en 24 horas con una base de datos de 49 años desde la década de los 70 hasta el 2021 con el fin de que la muestra fuera lo más significativa posible.

Figura 13. Localización del proyecto respecto a la estación meteorológica VILLA DEL ROSARIO [16010010].



**Fuente:** capture del programa ArcGYS

Tabla 8.

Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas, estación VILLA DEL ROSARIO [16010010].

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2020/05/19											ESTACION : VILLA DEL ROSARIO [16010010]		
LATITUD 7.817778		TIPO EST PM				DEPTO NORTE DE SANTANDER					FECHA-INSTALACION 15/01/1972		
LONGITUD -72.477778		ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO VILLA DEL ROSARIO					FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 522 m.s.n.m		REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE VIJAGUAL							
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1973	4	25		8	49	33	9	11	58	24	36	70	70
1974	32	19	7	12	26	2	4	7	39	24	33	44	44
1975	3	16	4	10	38	10	7	10	13	73	70	58	73
1976	39	20	39	59	15	7	3	13	6	74	66	21	74
1977	8	29	1	42	22	9	21	10	2	48	44	45	48
1978	2	6	24	33	14	16	4	8	9	44	13	12	44
1979	10	9	36	2	23	33	7	6	54	28	32	17	54
1980	24	33	14	15	9	5	2	10	18	28	37	12	37
1981	23	9	64	152	63	16	7	6	31	105	14	14	152
1982	22	19	42	36	32		9	21	11	37	11	20	42
1983	14	11	14	25	77	7	19	3	4	33	19	1	77
1984	56	51	10	15	29	8	8	5	23	21	57	18	57
1985	7	24	45	67	43	10	3	21	11	43	43	56	67
1986	4	15	34	31	48	34	7	17	25	24	33	29	48
1987	25	17	33	7	46	8	10	8	16	55	27	6	55
1988	2	16	6	23	12	30	7	31	57	31	67	36	67
1989	3	10	20	6	18	16	7	11	21	37	36	41	41
1990	12	43	3	66	2	6	16	16	69	84	33	36	84
1991	2	8	37	6	37	5	8	5	12	13	7	11	37
1992	1	8		122	18	9	4	12	84	12	47	24	122
1993	14	6	6	25	7	26	3	5	21	23	82	25	82
1994	13	32	21	15	4	16	2	3	30	79	29	11	79
1995	5	15	25	31	48	17	62	37	15	42	7	19	62
1996	32	19	10	16	21	7	7	18	10	56	66	7	66
1997	52	1	49	11		9	9	8	19	19	9	16	52
1998	21	44	44	43	11	2	21	12	8	14	92	92	92
1999	23	54	13	41	49	31	7	5	25	61	39	34	61
2000	56	12	12	18	13	9	9	20	29	43	37	13	56
2001		6	12	12	9	4	21	9	16	33	59	41	59
2002	42	8	37	146	109	14	7	9	12	31	16	8	146
2003	48		28	111	24	44	16	15	17	81	76	119	119
2004	11	9	8	65	32	6	20	11	50	73	45	68	73
2005	36	65	24	104	91	11	6	3	15	75	44	52	104
2006	23	6	25	25	18	9	8	4	10	48	28	3	48
2007	1	30	33	8	9	4	12	41	14	23	20	24	41
2008	15	3	24	55	30	82	33	52	16	62	38	28	82
2009	30	42	43	38	10	7	4	13	6	22	11		43
2010		57	21	10	13	74	37	14	51	36	70	134	134
2011	2	44	21	81	30	12	10	21	18	41	80	20	81
2012	30	3	27	58	49	10	6	7	48	52	7	23	58
2013	5	23	10	50	88		22		10	17	41	4	88
2014	5	12	22	5	25	1	6	3	4	89	20	26	89
2015	11	25	27	14	9	3	13	33			11	1	33
2016	4	15	42	39	17	17	10	11	12	25	40	45	45
2017	19	30	14	55	21	11	6	18	38	25	55	52	55
2018	25	34	48	26	4	21	16	6	83	51	33		83
2019	36	1	5	29	60	8	5	8	58	4	57	69	69
2020	20	14	12	5	1	14	23	41	44	40	75	1	75
2021	6	30	70	108	28	12	6	29	3				108
MEDIO	14	16.5	24	29	23.5	10	8	11	17.5	37	37	24	67
MAXIM	56	65	70	152	109	82	62	52	84	105	92	134	152
MINIM	1	1	1	2	1	1	2	3	2	4	7	1	33

Fuente: Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

**Tabla 9.**

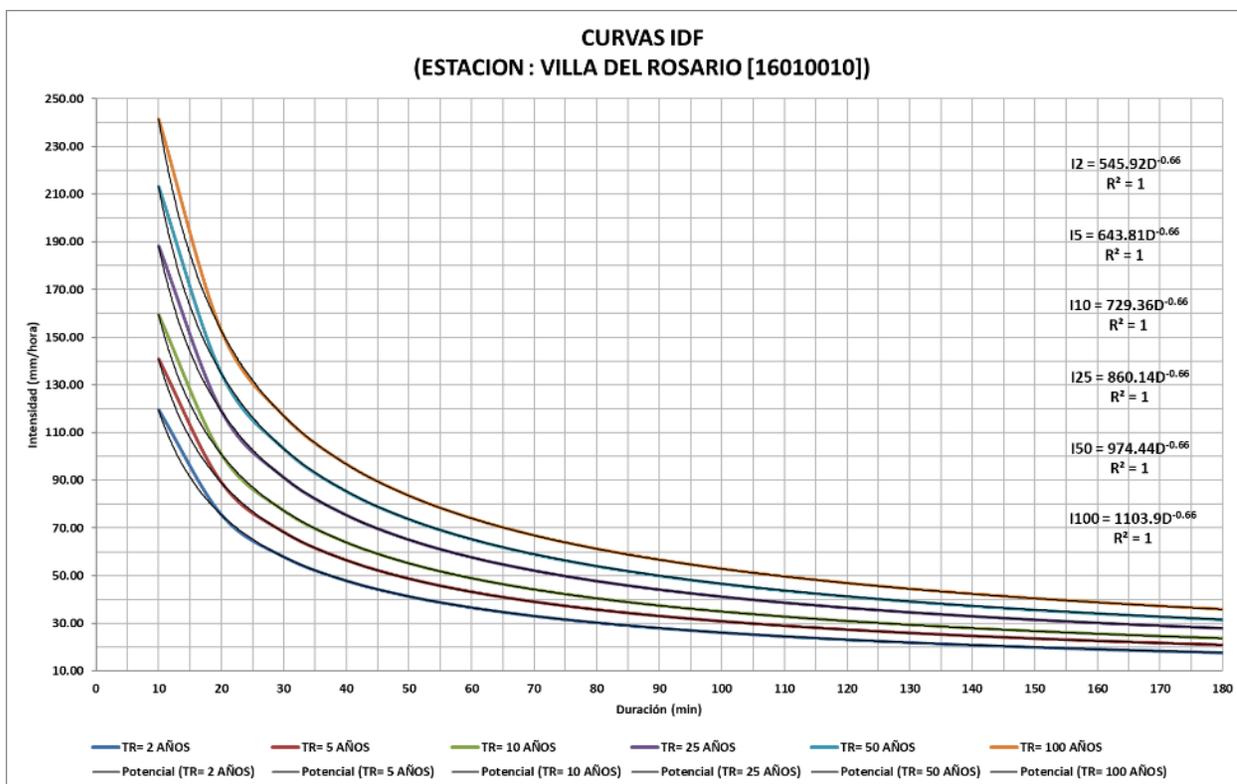
*Cálculos periodos de retorno para la estación: VILLA DEL ROSARIO (16010010)*

CALCULOS PERIODOS DE RETORNO ESTACION : VILLA DEL ROSARIO [16010010]							
(min)	2	5	10	20	25	50	100
10	119.43	140.85	159.57	180.77	188.18	213.18	241.51
20	75.59	89.14	100.99	114.41	119.09	134.92	152.85
30	57.84	68.21	77.28	87.54	91.13	103.24	116.96
40	47.84	56.42	63.91	72.40	75.37	85.39	96.73
50	41.29	48.69	55.16	62.49	65.05	73.69	83.49
60	36.61	43.17	48.91	55.40	57.68	65.34	74.02
70	33.06	38.99	44.17	50.05	52.10	59.02	66.86
80	30.28	35.70	40.45	45.82	47.70	54.04	61.22
90	28.01	33.03	37.42	42.40	44.13	50.00	56.64
100	26.13	30.81	34.91	39.55	41.17	46.64	52.84
110	24.54	28.94	32.78	37.14	38.66	43.80	49.62
120	23.17	27.32	30.95	35.06	36.50	41.35	46.85
130	21.97	25.92	29.36	33.26	34.62	39.22	44.44
140	20.93	24.68	27.96	31.67	32.97	37.35	42.32
150	19.99	23.58	26.71	30.26	31.50	35.69	40.43
160	19.16	22.60	25.60	29.00	30.19	34.20	38.75
170	18.41	21.71	24.59	27.86	29.01	32.86	37.23
180	17.73	20.91	23.68	26.83	27.93	31.64	35.85

**Fuente:** Manual de drenaje para carreteras (INVIAS)

Figura 14.

Curvas Idf Estación: Villa del Rosario [16010010]



La intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que se precipita por unidad de tiempo y generalmente se expresa en mm/hr o lts/Ha/seg. Es conveniente recordar que 1 mm/hr = 2.78 lts/seg/ha. La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de la precipitación dada por las curvas IDF para el período de retorno de diseño.

La duración de la lluvia es el tiempo comprendido entre el comienzo y el final de la lluvia, este final puede ser el total o el momento hasta donde es apreciable la lluvia para efectos prácticos, esta duración es equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía.

La frecuencia es el inverso del período de retorno; para el proyecto se consideró período de retorno de 20 años, teniendo en cuenta la tabla 2.8 del Drenajes Para Carreteras del INVIAS.

Para efectos de cálculo, mediante regresión se halló ecuaciones potenciales para las curvas con periodos de retorno:

$$I2 \text{ (mm/hora)} = 545.92D^{-0.66}$$

$$I5 \text{ (mm/hora)} = 643.81D^{-0.66}$$

$$I10 \text{ (mm/hora)} = 729.36D^{-0.66}$$

$$I25 \text{ (mm/hora)} = 860.14D^{-0.66}$$

$$I50 \text{ (mm/hora)} = 974.44D^{-0.66}$$

$$I100 \text{ (mm/hora)} = 1103.9D^{-0.66}$$

D: Tiempo de concentración en minutos.

Estas ecuaciones presentan un coeficiente de correlación ( $R^2 = 1.00$ ) que nos garantiza muy buena exactitud en los cálculos.

Estimación del caudal de escorrentía por el método del SCS.

El Soil Conservation Service de los Estados Unidos de América, SCS, desarrolló un método denominado número de curva de escorrentía CN, para calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha.

En este método, la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitación) es una función de la profundidad total de precipitación y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía, denominado número de curva o CN. El número de curva varía en un rango de 1 a 100, existiendo una función de las siguientes propiedades productoras de escorrentía de la hoya hidrográfica: (1) tipo de suelo hidrológico, (2) utilización y

tratamiento del suelo, (3) condiciones de la superficie del terreno, y (4) condición de humedad antecedente del suelo.

### ESTIMACIÓN DEL CAUDAL de DISEÑO

### DELIMITACIÓN DEL ÁREA en ESTUDIO

Se delimito la cuenca hidrográfica del canal mediante la utilización del software de posicionamiento global (ArcGIS 10.8), partiendo de una pre localización de la cuenca con el software Google Earth Pro.

La cuenca se delimito en sus divisorias de aguas mediante un polígono de color rojo, el cauce se demarco con una polilínea de color azul.

### ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO DEL CAUCE

clasificación del cauce

El cauce se clasifica por la continuidad del flujo en el tiempo en Efímero, solo tiene flujo en el momento de las lluvias.

#### Tabla 10.

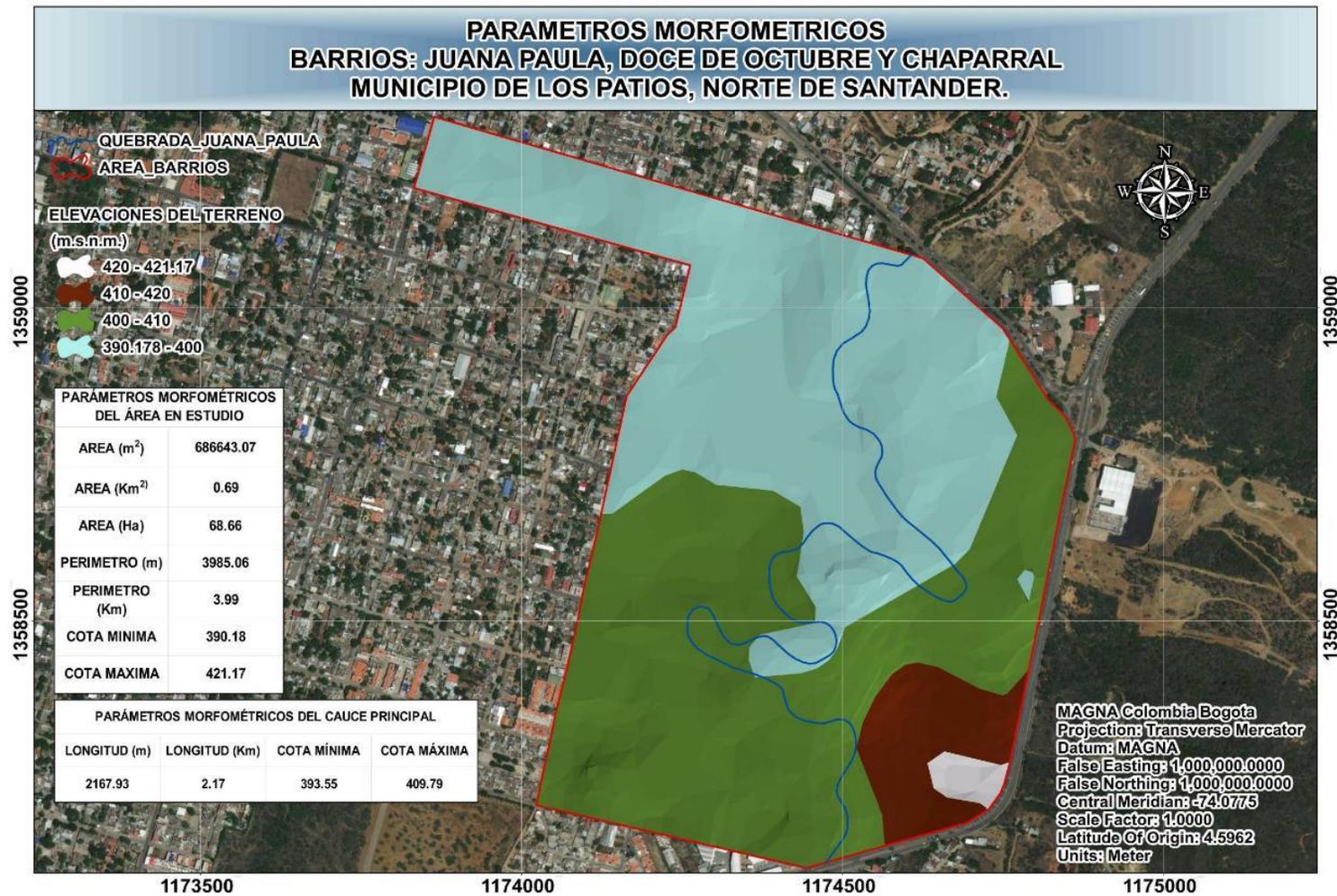
*Clasificación general de las corrientes de agua (Adaptado de Veri-tech, 1998).*

Propiedad	Clasificación	Características
Libertad para moverse	Aluvial	Cambia de tamaño y forma de acuerdo al caudal y a los sedimentos
	No aluvial	Fondo en roca. No puede moverse
Continuidad del flujo en el tiempo	Perenne	Flujo permanente todo el tiempo
	Intermitente	En temporadas secas el flujo desaparece
	Efímero	Sólo tiene flujo en el momento de las lluvias
Relación entre erosión y sedimentación	En degradación	El cauce se está profundizando por erosión
	En agradación	El cauce se está levantando por sedimentación
Forma del cauce	Semirecto	Sinuosidad menor a 1.1
	Sinuoso	Sinuosidad de 1.1 a 1.5
	Trenzado	Se forman trenzas e islas de depósitos dentro del cauce
	Anaramificado	Se forman varios canales independientes
	Torrente	Ríos de alta montaña
	Delta	Se forman canales dentro de los depósitos en la desembocadura
	Meándrico	La sinuosidad es mayor de 1.5

**Fuente:** Estación villa del rosario

Figura 15.

Delimitación de la cuenca y parámetros morfométricos. (ArcGIS 10.8)



Fuente: capture del programa ArcGIS

## ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DEL ÁREA en ESTUDIO

área de drenaje

$$A = 0.69 \text{ Km}^2$$

$$A = 68.66 \text{ Ha}$$

Perímetro del área en estudio

$$P = 3985.06 \text{ m}$$

$$P = 3.99 \text{ Km}$$

Índice de compacidad

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo que tenga igual área que ésta; en la medida que el índice se acerque más a la unidad, la forma tiende a ser más redondeada y con mayor peligro de que se produzcan avenidas máximas.

$$K = 1.62$$

El cálculo permitió determinar que el índice (1.35) está incluido en el límite de la clase K1 que define la forma de la cuenca, como casi oblonga a rectangular oblonga; correspondiéndose con una peligrosidad medio alta de que se produzcan avenidas máximas.

### Tabla 11.

*Referencias del índice de compacidad de Gravelius*

Índice	Forma
1 - 1,25	Casi redonda a oval redonda (compacta)
1,25 - 1,5	Casi oblonga a oval oblonga
1,5 - 1,75	Casi oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Casi rectangular (alargada)

**Fuente:** RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

Pendiente media del área en estudio.

Se calculó hallando los parámetros morfo métricos de la cuenca con el software ArcGIS.

**Sw**= 3.90% (pendiente media)

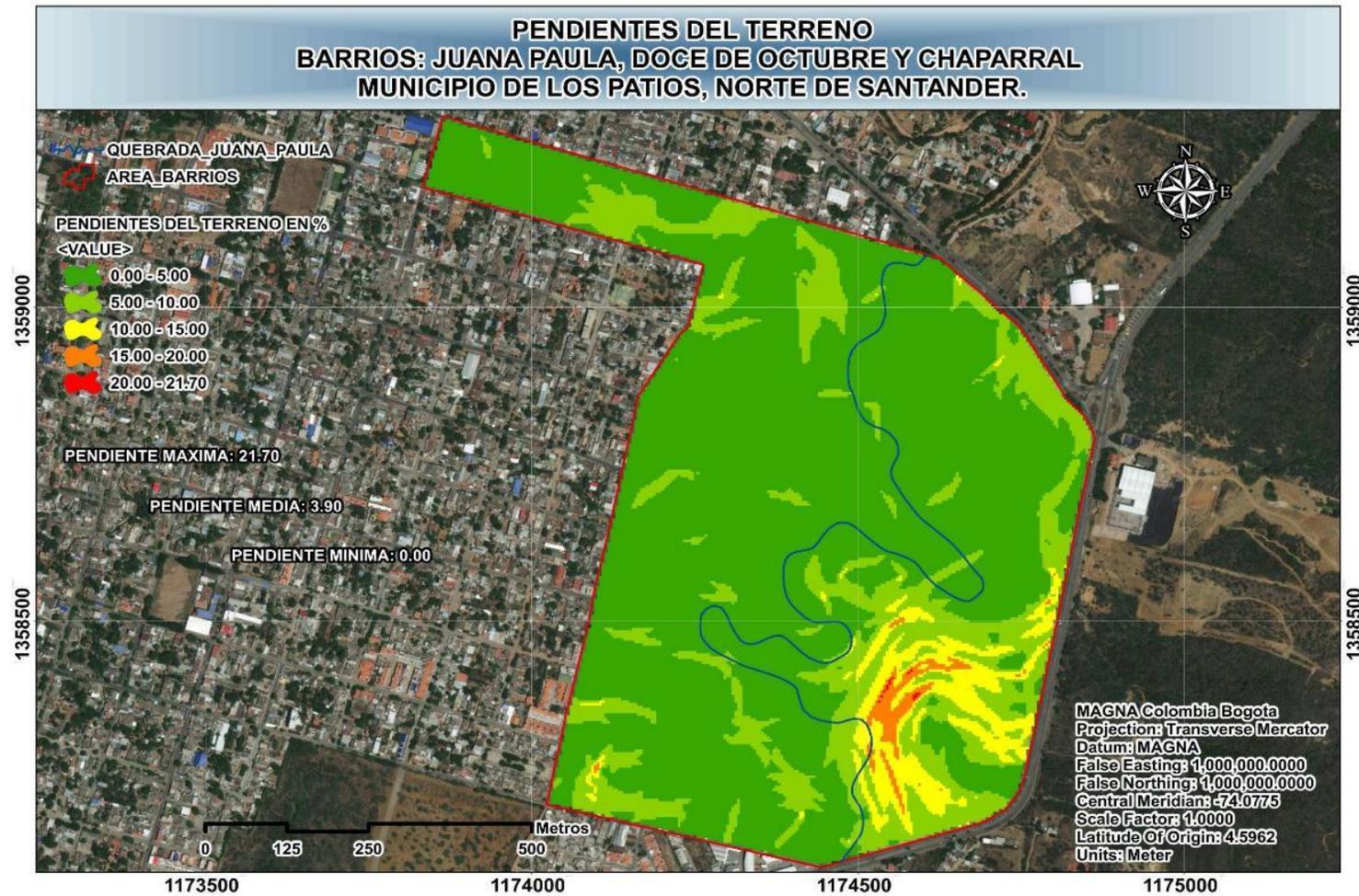
Longitud del cauce principal

**Lc**= 2.17 km

**Lc**= 2167.93 m

Figura 16.

Mapa de pendientes. (ArcGIS 10.8)



Fuente: Capture del programa ArcGIS

### CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO.

Para el cálculo de caudales máximos se empleó el método SCS. Este método, desarrollado por el SCS, también llamado del “número de curva” consta de dos partes. en la primera de ellas se hace una estimación del volumen de escorrentía resultante de una relación precipitación-escurrimiento directo, en la segunda se determina el tiempo de distribución del escurrimiento, incluyendo el caudal pico. El escurrimiento directo ocasionado por la precipitación máxima con una duración de una hora se calcula con la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{(P - 0.20S)^2}{P + 0.80S}$$

Dónde:

**Q:** escurrimiento directo (pulgadas)

**P:** precipitación máxima con una duración de una hora.

**S:** retención potencial máxima (pulgadas)

El valor de S (en pulgadas) se relaciona con el número de curva de escorrentía (CN) por la definición:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Para determinar el volumen de escurrimiento, debe hacerse una estimación del valor de CN, el cual depende de características de la cuenca tales como uso de la tierra, condiciones del suelo y condiciones de humedad de la cuenca en el momento de ocurrir, la precipitación.

Se debe tener en cuenta la precipitación acumulada los 5 días previos a la precipitación analizada, para ello se creó la siguiente tabla.

**Tabla 12.**

*Condiciones antecedentes de humedad para el método de número de curva*

Clases de condiciones de humedad antecedentes	Lluvia total de los 5 días anteriores (milímetros)	
	Estación sin desarrollo vegetativo	Estación de crecimiento vegetativo
I	menos de 12,7mm	menos de 35,6mm
II	12,7 a 27,9mm	35,6 a 53,3mm
III	más de 27mm	más de 53,3mm

**Fuente:** RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

Se consideró que la lluvia máxima se presenta después de varias lluvias por eso se trabajó con una condición de humedad antecedente III

Los números de curva han sido tabulados por el Servicio de Conservación de Suelos en base al tipo y uso de suelo. en función del tipo de suelo se definen cuatro grupos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento y limos agregados.

Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento y marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con alto contenido de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

La cuenca presenta características de suelo tipo C, y la cubierta del suelo predominante en la cuenca es de bosques, arbustos y suelo sin cobertura vegetal. los tipos de cobertura de la cuenca y porcentajes de estos se obtuvieron con el software ArcGIS empleando imágenes satelitales recientes.

A continuación, se presentan el mapa de cobertura del suelo del área en estudio en los años seleccionados:

Figura 17.

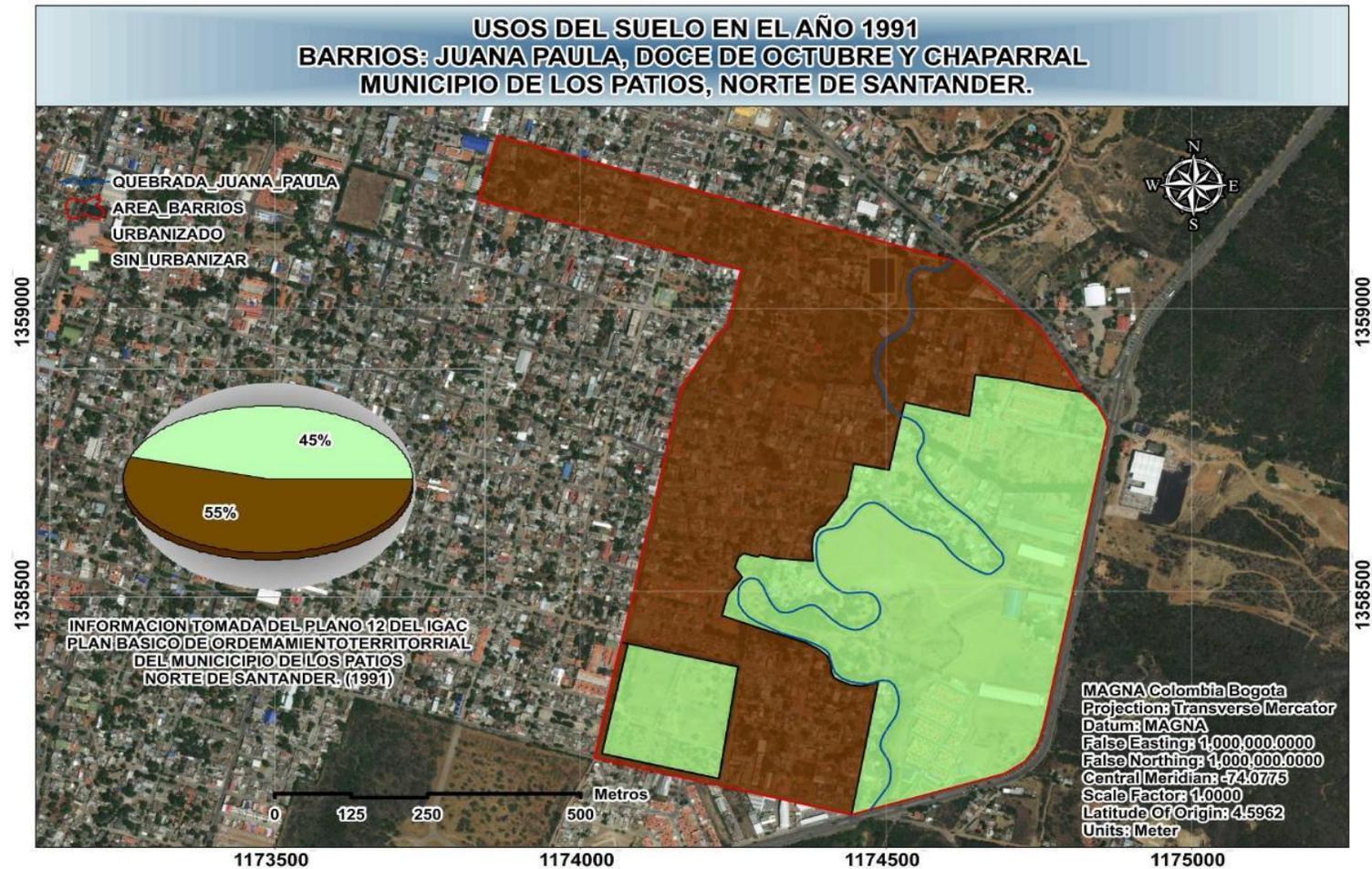
Uso del suelo en 1953. (ArcGIS 10.8)



Fuente: capture del programa ArcGIS

Figura 18.

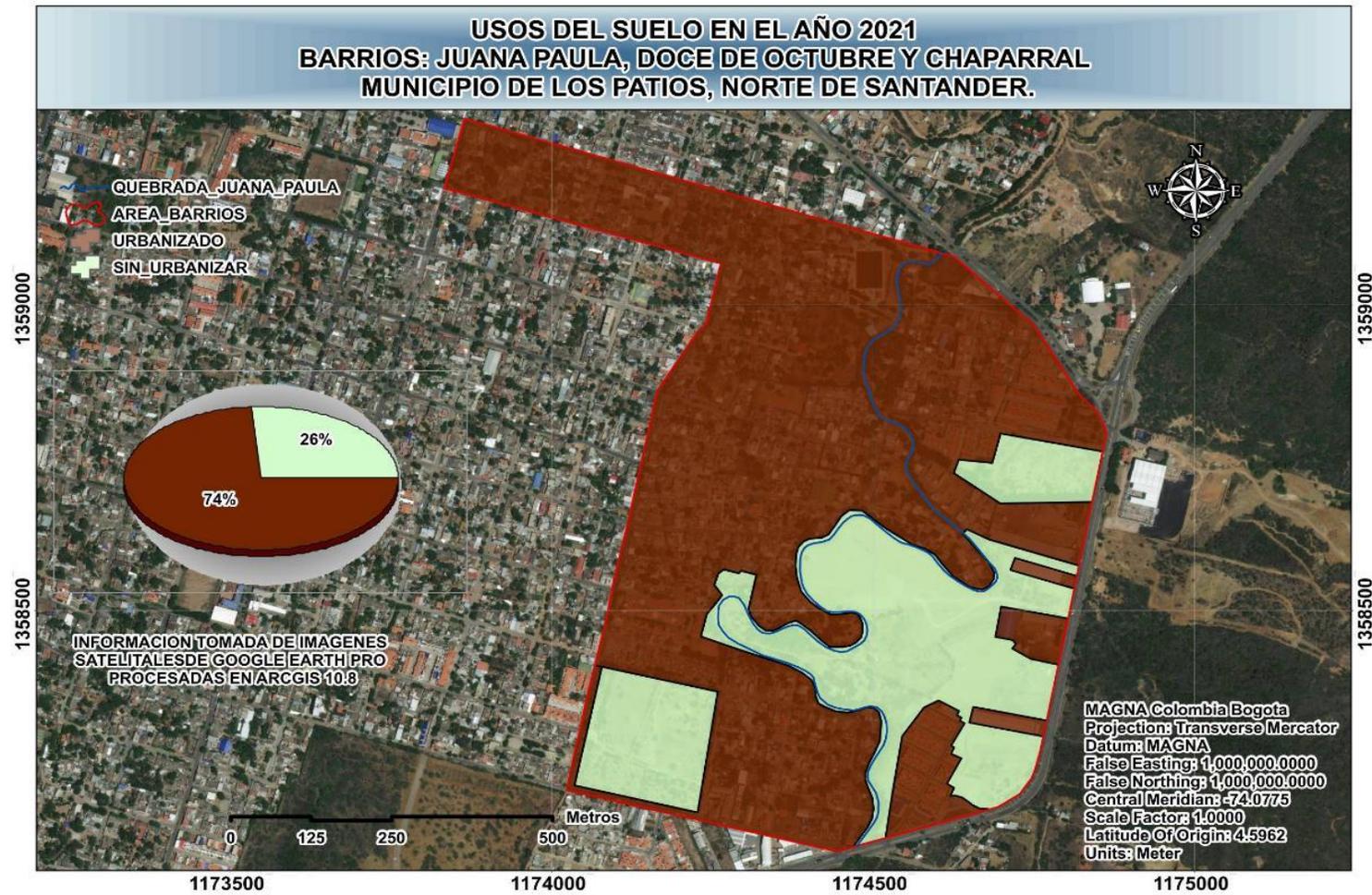
Uso del suelo en 1991. (ArcGIS 10.8)



Fuente: capture del programa ArcGIS

Figura 19.

Uso del suelo en 2021. (ArcGIS 10.8)



Fuente: capture del programa ArcGIS

El número de curva CN se obtiene de las tablas 2.16 y tabla 2.14 del manual de drenaje de carreteras de INVIAS, que involucra el tipo de cubierta del suelo y el grupo hidrológico, desarrollada para la condición de humedad II.

El número de curva se pondero con los porcentajes de cobertura de suelo en la cuenca hidrográfica.

Este valor se corrigió para llevarlo a la condición III mediante la siguiente ecuación:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

**Tabla 13.**

*Obtención del número de curva CN en 1953*

Area Total = 0.687 Km<sup>2</sup>

AREA TOTAL en 1953				
Cobertura	Porcentaje	Area (Km <sup>2</sup> )	CN II	CN II*Área
NO URBANIZADO	100.0	0.69	70	48.07
∑ =	100.00	0.687		48.07
		CN PONDERADO =		70.00

CN(III)=	84.29
----------	-------

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

**Tabla**

**14.**

*Obtención del número de curva CN en 1991*

Area Total = 0.687 Km<sup>2</sup>

AREA TOTAL en 1991				
Cobertura	Porcentaje	Area (Km <sup>2</sup> )	CN II	CN II*Área
URBANIZADO	55.0	0.38	77	29.08
NO URBANIZADO	45.0	0.31	73	22.56
∑ =	100.00	0.687		51.64

CN PONDERADO =	75.20
-------------------	-------

CN(III)=	87.46
----------	-------

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

**Tabla 15.**

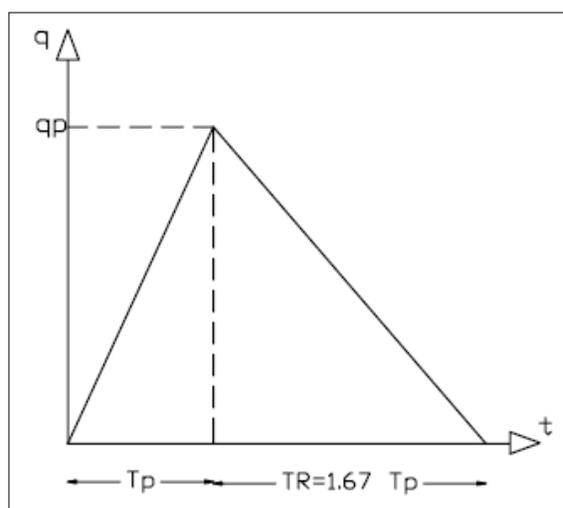
*Obtención del número de curva CN en 2021*

0.687 Km <sup>2</sup>				
AREA TOTAL en 2021				
Cobertura	Porcentaje	Area (Km <sup>2</sup> )	CN II	CN II*Área
URBANIZADO	74.0	0.51	77	39.12
NO URBANIZADO	26.0	0.18	82	14.64
$\Sigma =$	100.00	0.687		53.76
			CN PONDERADO =	78.30

CN(III)=	89.25
----------	-------

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

El siguiente paso consiste en construir el hidrograma SCS generado por la precipitación, cuyo modelo es el siguiente.



Se debe calcular el caudal pico generado por la tormenta

$$q_p = 0,208 \frac{A \times Q}{T_p} (m^3 / s)$$

El tiempo pico se calcula con la siguiente ecuación:

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$

$$t_p = 0.6 T_c$$

$t_r$  es la duración de la tormenta base.

El tiempo de concentración se halla con la siguiente ecuación:

$$T_c = 0.95 \left[ \frac{L^3}{H} \right]^{0.385}$$

**L:** Longitud del cauce principal (Km)

**H:** diferencia de altura entre el principio y fin de la cuenca (m)

**T<sub>c</sub>:** tiempo de concentración (horas)

## CÁLCULOS

El cálculo del caudal se realizó con el software HEC-HMS 4.8 del cuerpo de Ingenieros del ejército de Estados Unidos. los parámetros ingresados al software son los calculados anteriormente.

Para ingresar la lluvia de diseño al software se creó el hietograma para la lluvia con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años partiendo de las curvas IDF con este periodo de retorno, el método empleado en la construcción del hietograma fue el de bloque alterno.

**Tabla 16.**

*Cálculo del hietograma de diseño para  $Tr=2$  años por el método de bloque alterno*

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL METODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=2 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta T$ (min)	P (mm)
15	0.25	91.39	22.85	22.85	0 - 15	1.65
30	0.50	57.84	28.92	6.07	15 - 30	1.89
45	0.75	44.26	33.19	4.27	30 - 45	2.26
60	1.00	36.61	36.61	3.41	45 - 60	2.89
75	1.25	31.59	39.49	2.89	60 - 75	4.27
90	1.50	28.01	42.02	2.53	75 - 90	22.85
105	1.75	25.30	44.28	2.26	90 - 105	6.07
120	2.00	23.17	46.33	2.06	105 - 120	3.41
135	2.25	21.43	48.23	1.89	120 - 135	2.53
150	2.50	19.99	49.99	1.76	135 - 150	2.06
165	2.75	18.78	51.63	1.65	150 - 165	1.76
180	3.00	17.73	53.18	1.55	165 - 180	1.55

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

**Tabla 17.**

*Cálculo del hietograma de diseño para  $Tr=5$  años por el método de bloque alterno*

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL METODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=5 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta T$ (min)	P (mm)
15	0.25	107.78	26.94	26.94	0 - 15	1.94
30	0.50	68.21	34.11	7.16	15 - 30	2.23
45	0.75	52.20	39.15	5.04	30 - 45	2.67
60	1.00	43.17	43.17	4.02	45 - 60	3.40
75	1.25	37.26	46.57	3.40	60 - 75	5.04
90	1.50	33.03	49.55	2.98	75 - 90	26.94
105	1.75	29.84	52.22	2.67	90 - 105	7.16
120	2.00	27.32	54.64	2.43	105 - 120	4.02
135	2.25	25.28	56.87	2.23	120 - 135	2.98
150	2.50	23.58	58.95	2.07	135 - 150	2.43
165	2.75	22.14	60.89	1.94	150 - 165	2.07
180	3.00	20.91	62.72	1.83	165 - 180	1.83

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

Tabla 18.

*Cálculo del hietograma de diseño para  $Tr=10$  años por el método de bloque alterno*

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL METODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=10 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta T$ (min)	P (mm)
15	0.25	122.10	30.53	30.53	0 - 15	2.20
30	0.50	77.28	38.64	8.11	15 - 30	2.53
45	0.75	59.13	44.35	5.71	30 - 45	3.02
60	1.00	48.91	48.91	4.56	45 - 60	3.85
75	1.25	42.21	52.76	3.85	60 - 75	5.71
90	1.50	37.42	56.13	3.37	75 - 90	30.53
105	1.75	33.80	59.16	3.02	90 - 105	8.11
120	2.00	30.95	61.90	2.75	105 - 120	4.56
135	2.25	28.64	64.43	2.53	120 - 135	3.37
150	2.50	26.71	66.78	2.35	135 - 150	2.75
165	2.75	25.08	68.98	2.20	150 - 165	2.35
180	3.00	23.68	71.05	2.07	165 - 180	2.07

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

Tabla 19.

*Cálculo del hietograma de diseño para  $Tr=25$  años por el método de bloque alterno*

CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL METODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=25 AÑOS						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta T$ (min)	P (mm)
15	0.25	144.00	36.00	36.00	0 - 15	2.59
30	0.50	91.13	45.57	9.57	15 - 30	2.98
45	0.75	69.73	52.30	6.74	30 - 45	3.56
60	1.00	57.68	57.68	5.37	45 - 60	4.55
75	1.25	49.78	62.22	4.55	60 - 75	6.74
90	1.50	44.13	66.20	3.98	75 - 90	36.00
105	1.75	39.86	69.76	3.56	90 - 105	9.57
120	2.00	36.50	73.00	3.24	105 - 120	5.37
135	2.25	33.77	75.99	2.98	120 - 135	3.98
150	2.50	31.50	78.76	2.77	135 - 150	3.24
165	2.75	29.58	81.35	2.59	150 - 165	2.77
180	3.00	27.93	83.79	2.44	165 - 180	2.44

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

**Tabla 20.**

*Cálculo del hietograma de diseño para  $Tr=50$  años por el método de bloque alterno*

<b>CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL METODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=50 AÑOS</b>						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta T$ (min)	P (mm)
15	0.25	163.13	40.78	40.78	0 - 15	2.94
30	0.50	103.24	51.62	10.84	15 - 30	3.38
45	0.75	79.00	59.25	7.63	30 - 45	4.04
60	1.00	65.34	65.34	6.09	45 - 60	5.15
75	1.25	56.39	70.49	5.15	60 - 75	7.63
90	1.50	50.00	75.00	4.51	75 - 90	40.78
105	1.75	45.16	79.03	4.04	90 - 105	10.84
120	2.00	41.35	82.70	3.67	105 - 120	6.09
135	2.25	38.26	86.08	3.38	120 - 135	4.51
150	2.50	35.69	89.22	3.14	135 - 150	3.67
165	2.75	33.51	92.16	2.94	150 - 165	3.14
180	3.00	31.64	94.93	2.77	165 - 180	2.77

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

**Tabla 21.**

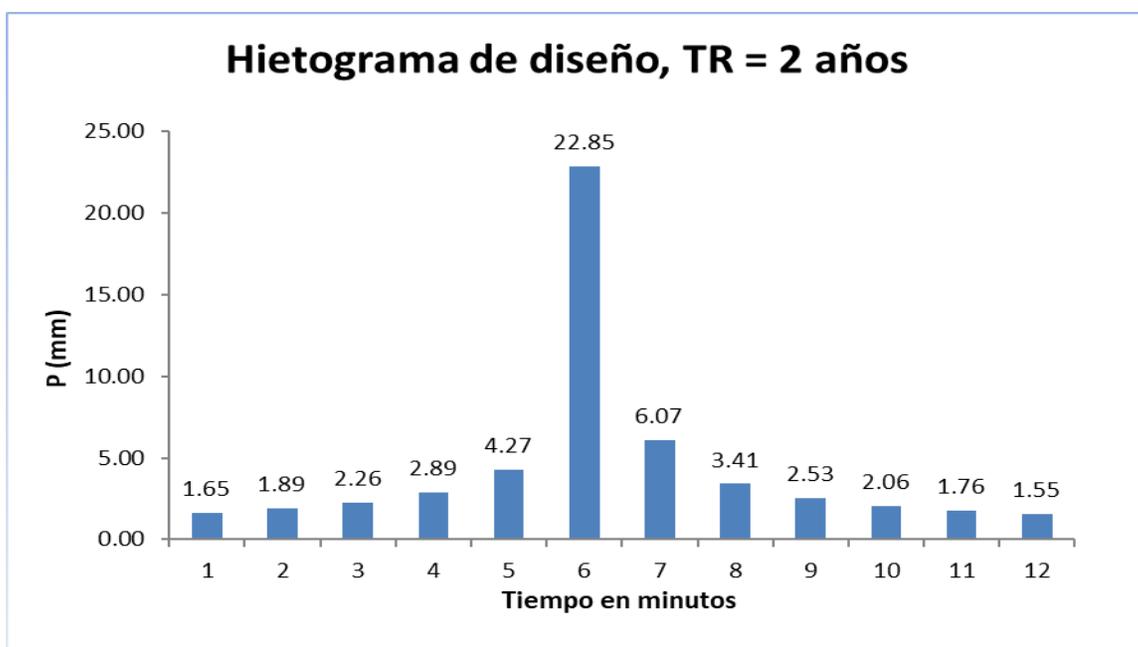
*Cálculo del hietograma de diseño para  $Tr=100$  años por el método de bloque alterno*

<b>CALCULO DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO POR EL METODO DE BLOQUE ALTERNO, TR=100 AÑOS</b>						
Tiempo (min)	Tiempo (horas)	Intensidad (mm/hora)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta T$ (min)	P (mm)
15	0.25	184.80	46.20	46.20	0 - 15	3.33
30	0.50	116.96	58.48	12.28	15 - 30	3.83
45	0.75	89.50	67.12	8.64	30 - 45	4.57
60	1.00	74.02	74.02	6.90	45 - 60	5.83
75	1.25	63.88	79.85	5.83	60 - 75	8.64
90	1.50	56.64	84.96	5.11	75 - 90	46.20
105	1.75	51.16	89.53	4.57	90 - 105	12.28
120	2.00	46.85	93.69	4.16	105 - 120	6.90
135	2.25	43.34	97.52	3.83	120 - 135	5.11
150	2.50	40.43	101.08	3.56	135 - 150	4.16
165	2.75	37.97	104.41	3.33	150 - 165	3.56
180	3.00	35.85	107.54	3.13	165 - 180	3.13

**Fuente:** Datos obtenidos de ArcGIS

**Figura 20.**

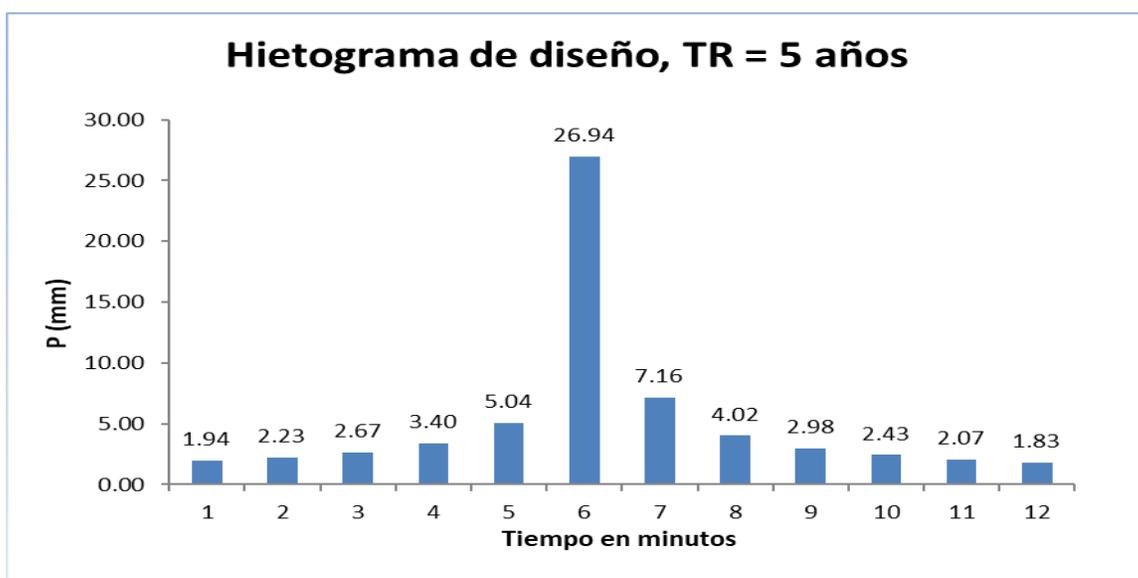
Hietograma de diseño para  $Tr=2$  años por el método de bloque



Fuente: Resultados obtenidos de ArcGIS

**Figura 21.**

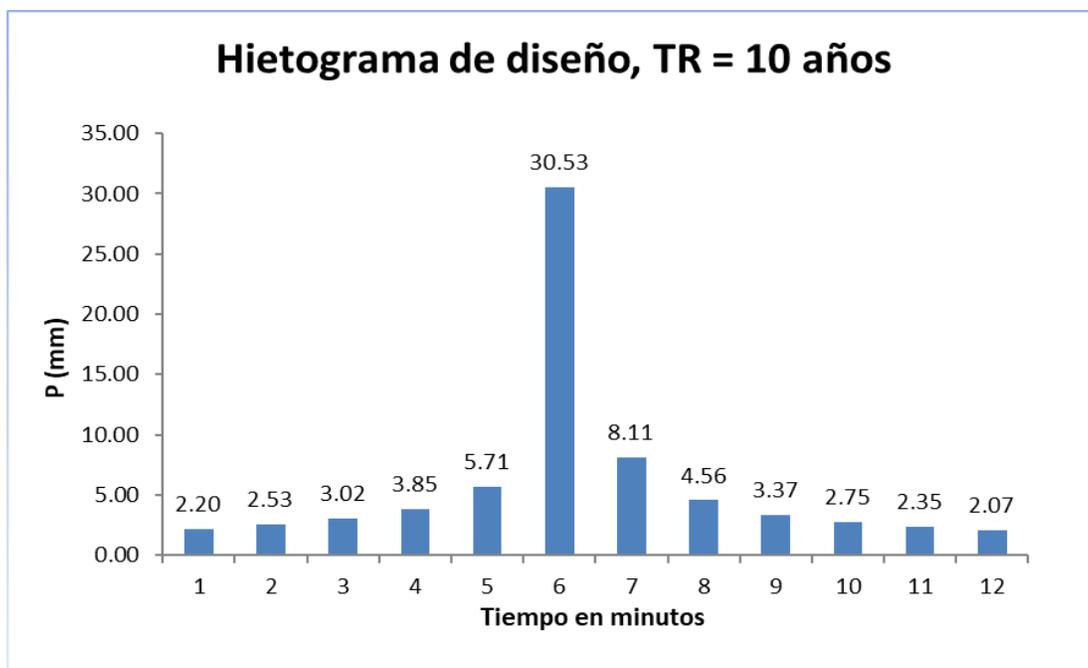
Hietograma de diseño para  $Tr=5$  años por el método de bloque



Fuente: Resultados obtenidos de ArcGIS

**Figura 22.**

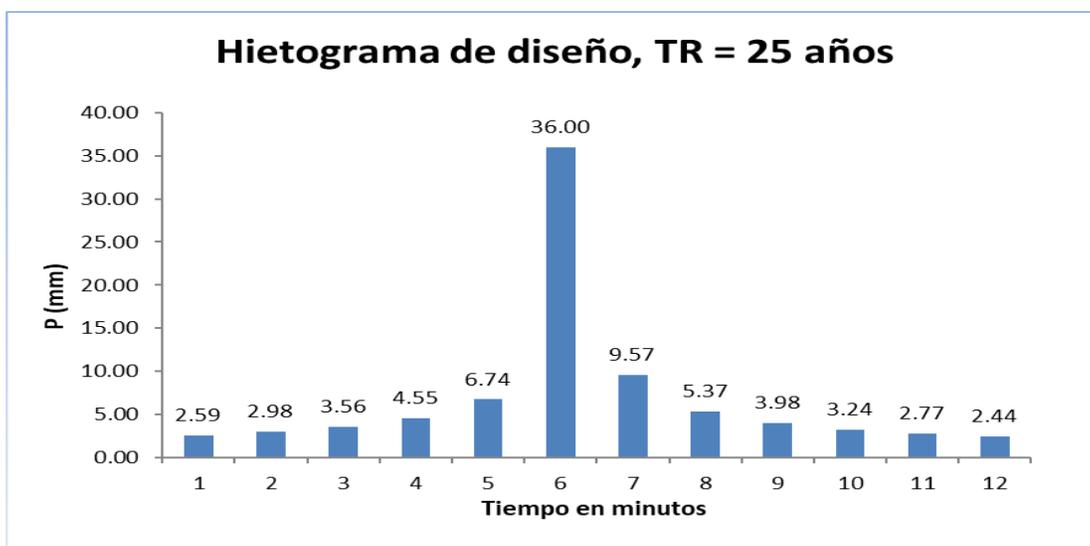
Hietograma de diseño para  $Tr=10$  años por el método de bloque



Fuente: Resultados obtenidos de ArcGIS

**Figura 23.**

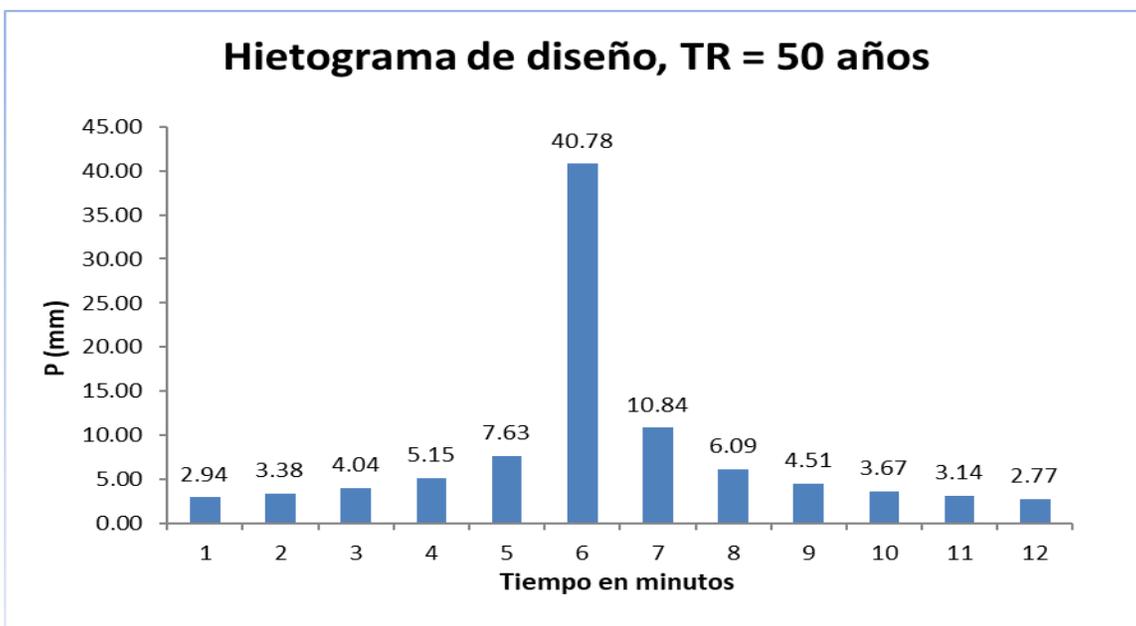
Hietograma de diseño para  $Tr=25$  años por el método de bloque



Fuente: Resultados obtenidos de ArcGIS

Figura 24.

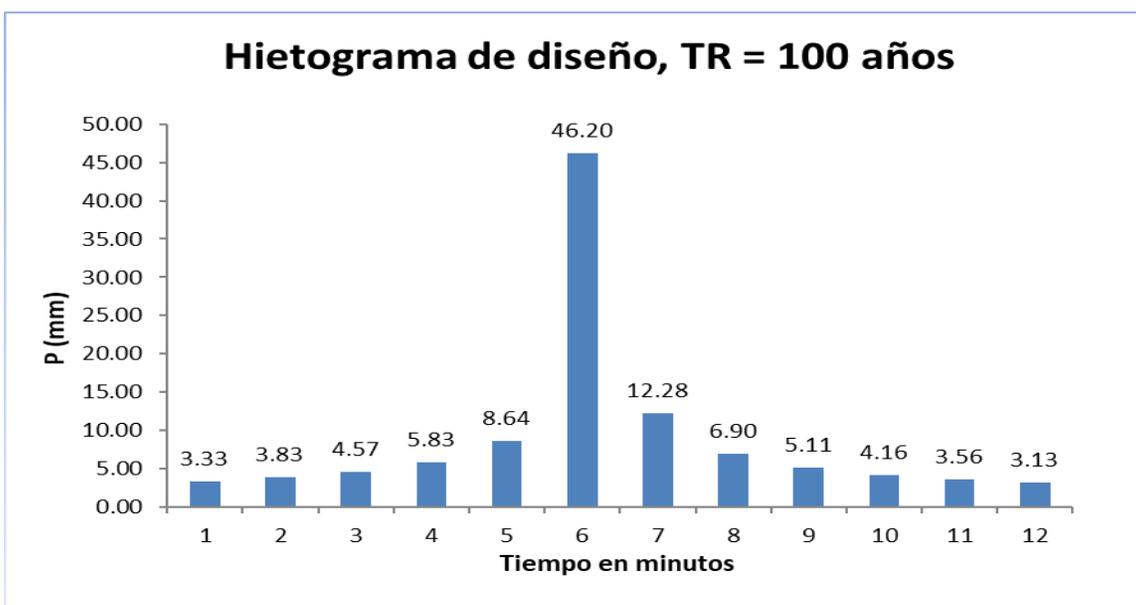
Hietograma de diseño para  $Tr=50$  años por el método de bloque



Fuente: Resultados obtenidos de ArcGIS

Figura 25.

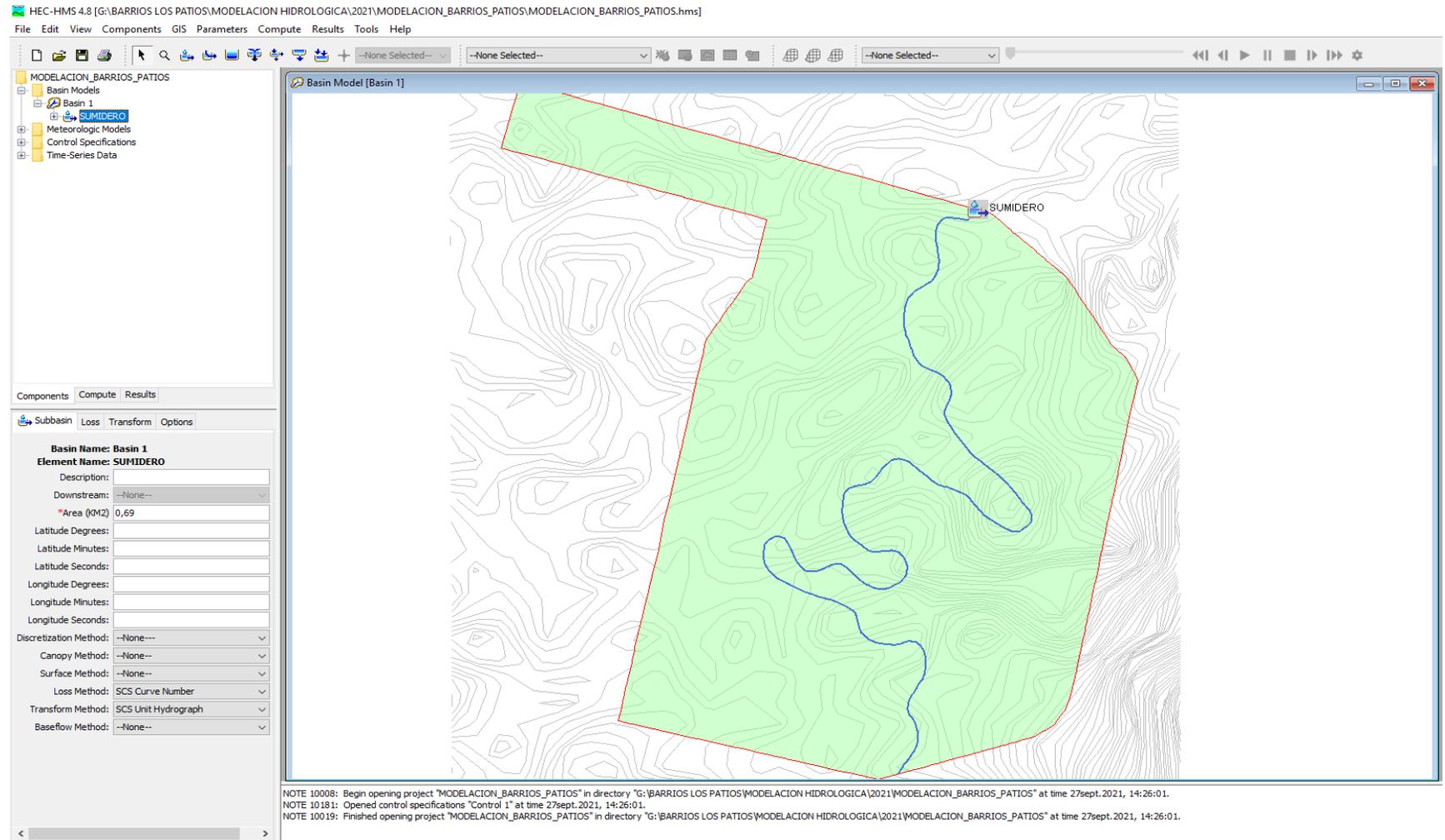
Hietograma de diseño para  $Tr=100$  años por el método de bloque



Fuente: Resultados obtenidos de ArcGIS

**Figura 26.**

*Modelo hidrológico en HEC-HMS 4.6.1*



**Fuente:** Interfaz principal HMS

## RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

**Tabla 22.***Caudales obtenidos en el area de estudio en el año 1953*

CAUDALES OBTENIDOS PARA EL AREA EN ESTUDIO 1953	
PERIODO DE RETORNO	Q (m <sup>3</sup> /s)
TR = 2 AÑOS	0.7
TR = 5 AÑOS	0.9
TR = 10 AÑOS	1.1
TR = 25 AÑOS	1.5
TR = 50 AÑOS	1.8
TR = 100 AÑOS	2.3

**Fuente:** Resultados obtenidos de HMS

**Tabla 23.***Caudales obtenidos en el area de estudio en el año 1991*

CAUDALES OBTENIDOS PARA EL AREA EN ESTUDIO 1991	
PERIODO DE RETORNO	Q (m <sup>3</sup> /s)
TR = 2 AÑOS	1.1
TR = 5 AÑOS	1.4
TR = 10 AÑOS	1.7
TR = 25 AÑOS	2.2
TR = 50 AÑOS	2.7
TR = 100 AÑOS	3.2

**Fuente:** Resultados obtenidos de HMS**Tabla 24.***Caudales obtenidos en el area de estudio en el año 2021*

CAUDALES OBTENIDOS PARA EL AREA EN ESTUDIO 2021	
PERIODO DE RETORNO	Q (m <sup>3</sup> /s)
TR = 2 AÑOS	1.4
TR = 5 AÑOS	1.8
TR = 10 AÑOS	2.2
TR = 25 AÑOS	2.8
TR = 50 AÑOS	3.3
TR = 100 AÑOS	3.9

**Fuente:** Resultados obtenidos de HMS

Relación de los caudales con el área urbanizada en los años 1953, 1991 y 2021

Se realiza este análisis para hallar la relación que guardan estas 2 variables. los datos de los caudales fueron obtenidos mediante el programa HMS y las áreas según el crecimiento urbanístico de los años antes mencionados.

**Tabla 25.**

*Cuadro comparativo de caudales/Áreas urbanizadas en los años 1953, 1991 y 2021*

<b>RELACIÓN CAUDALES/ÁREA URBANIZADA DEL AÑO 1953</b>			
PERIODO de RETORNO (TR)	Q (m <sup>3</sup> /s)	ÁREA URBANIZADA KM <sup>2</sup>	Q/ÁREA URBANIZADA
2 AÑOS	0,7	0	0
5 AÑOS	0,9	0	0
10 AÑOS	1,1	0	0
25 AÑOS	1,5	0	0
50 AÑOS	1,8	0	0
100 AÑOS	2,3	0	0
<b>RELACIÓN CAUDALES/ÁREA URBANIZADA DEL AÑO 1991</b>			
PERIODO de RETORNO (TR)	Q (m <sup>3</sup> /s)	ÁREA URBANIZADA KM <sup>2</sup>	Q/ÁREA URBANIZADA
2 AÑOS	1,1	0,38	2,89
5 AÑOS	1,4	0,38	3,68
10 AÑOS	1,7	0,38	4,47
25 AÑOS	2,2	0,38	5,79
50 AÑOS	2,7	0,38	7,11
100 AÑOS	3,2	0,38	8,42
<b>RELACIÓN CAUDALES/ÁREA URBANIZADA DEL AÑO 2021</b>			
PERIODO de RETORNO (TR)	Q (m <sup>3</sup> /s)	ÁREA URBANIZADA KM <sup>2</sup>	Q/ÁREA URBANIZADA
2 AÑOS	1,4	0,51	2,75
5 AÑOS	1,8	0,51	3,53

10 AÑOS	2,2	0,51	4,31
25 AÑOS	2,8	0,51	5,49
50 AÑOS	3,3	0,51	6,47
100 AÑOS	3,9	0,51	7,65

## **6. Condiciones Actuales del Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias en Los Barrios 12**

### **Octubre, Chaparral y Juana Paula**

Los sistemas de evacuación deben estar en proceso de mantenimiento y mejoramiento para evitar daños y desgastes en la estructura del canal y de la tubería por esto se realiza un trabajo de campo para ubicar los puntos de evacuación de aguas lluvias y así analizar la condición en la que se encuentran estos puntos y así comparar los parámetros establecidos que se encuentran en la Resolución 330 de 2017.

#### **ASPECTOS GENERALES de los SISTEMAS de RECOLECCIÓN, TRANSPORTE y MANEJO de AGUAS RESIDUALES Y/O LLUVIAS**

Las disposiciones dadas en este título como prácticas de buena ingeniería desde las etapas de conceptualización, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y seguimiento de todas y cada una de las obras, tienen como objetivo garantizar su efectividad, seguridad, estabilidad, durabilidad, operación adecuada, sostenibilidad y redundancia a lo largo de la vida útil del sistema de alcantarillado.

se incluyen lineamientos para los elementos que conforman los alcantarillados de aguas residuales, lluvias y combinados como sistemas de recolección, manejo y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, sus diferentes componentes y estaciones de bombeo.

#### **SISTEMAS de RECOLECCIÓN y TRANSPORTE de AGUAS RESIDUALES Y/O LLUVIAS**

Tipos de sistemas de alcantarillado

Los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias se clasifican de acuerdo con su naturaleza en los siguientes tipos: sistemas convencionales de alcantarillado, sistemas no convencionales de alcantarillado y sistemas in situ.

#### Sistemas convencionales de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado separados son la primera opción para el diseño y construcción de sistemas de recolección de aguas residuales y lluvias en el territorio nacional. Estos sistemas son los tradicionalmente utilizados para la recolección y el transporte de las aguas residuales y las aguas lluvias desde su generación hasta las plantas de tratamiento de las mismas o hasta los sitios de vertimiento.

Los sistemas convencionales se dividen en alcantarillados separados y alcantarillados combinados. en los primeros, las aguas residuales y las aguas lluvias son recolectadas y evacuadas por sistemas totalmente independientes; en tal caso, el sistema separado de alcantarillado de aguas residuales usualmente se denomina alcantarillado de aguas residuales; y el sistema por el cual se recolectan y se transportan las aguas lluvias se denomina alcantarillado de aguas lluvias. los sistemas de alcantarillado combinados son aquellos en los cuales tanto las aguas residuales como las aguas lluvias son recolectadas y transportadas por el mismo sistema de tuberías.

#### Sistemas no convencionales de alcantarillado

Debido a que los alcantarillados convencionales usualmente son sistemas de saneamiento costosos, especialmente para localidades con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo, alternativos al alcantarillado convencional de aguas residuales, basados en consideraciones de diseño adicionales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominales y los alcantarillados sin arrastre de

sólidos. los sistemas no convencionales pueden constituir alternativas de saneamiento cuando, partiendo de sistemas in situ, se incrementa la densidad de población.

1. Los alcantarillados simplificados funcionan esencialmente como un alcantarillado de aguas residuales convencional, pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de las tuberías tales como la disponibilidad de mejores equipos para su mantenimiento, que permiten reducir el número de cámaras de inspección o sustituir por estructuras más económicas.
2. los alcantarillados condominales son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1 ha mediante tramos simplificados, para ser conducidas a la red de alcantarillado municipal o eventualmente a una planta de tratamiento.
3. los alcantarillados sin arrastre de sólidos son sistemas en los que el agua residual, de una o más viviendas, es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde estos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables que es transportado por gravedad, en un sistema de tramos con diámetros reducidos y poco profundos. en los literales E.3.3 y E.3.4 del Título E del “Sistemas de tratamiento de aguas residuales” se presentan los elementos para la concepción y diseño de estos tanques. Sirven para uso doméstico en pequeñas comunidades o poblados y su funcionamiento depende de la operación adecuada de los tanques interceptores y del control al uso indebido de los tramos de la red. Desde el punto de vista ambiental pueden tener un costo y un impacto mucho más reducido, sin embargo, pueden requerir de esfuerzos operativos importantes.

Los sistemas no convencionales pueden utilizarse cuando para un municipio determinado o alguna parte del mismo los sistemas convencionales no conformen alternativas factibles desde el punto de vista socioeconómico y financiero. en el caso de implementar este tipo de sistemas en

urbanizaciones existentes, debe tenerse presente la necesidad de realizar una gestión importante en el trámite de las servidumbres. Además, es importante tener en cuenta que los sistemas no convencionales requieren de mayor definición y control sobre las contribuciones de aguas residuales debido a su menor flexibilidad teniendo en cuenta las posibilidades de prestación del servicio a suscriptores no previstos o a las variaciones en las densidades de la población. El desarrollo de este tipo de alcantarillados puede incluir servidumbres como parte del proyecto en cuyo caso es necesario que el diseñador tenga especial cuidado con estas.

Los sistemas de alcantarillado no convencionales requieren además de un componente institucional y de educación comunitaria que permita que funcionen según los supuestos de diseño. los lineamientos para llevar a cabo los procesos de concepción del proyecto, diseño, construcción, puesta en marcha y operación de los sistemas de alcantarillado no convencionales se encuentran descritos en el Título J del Resolución 330 de 2017. “Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural”.

#### Sistemas in situ

Por otra parte, existen sistemas basados en la disposición in situ de las aguas residuales como son las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo. en el tiempo, estos sistemas deben considerarse como sistemas transitorios a sistemas convencionales de recolección, transporte y disposición, a medida que el uso de la tierra tienda a ser urbano. en el Título J del RAS “Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural” se establecen los criterios de diseño de este tipo de sistemas. Además, se debe seguir lo establecido en el Decreto 302 de 2000 si se cuenta con la aprobación de la Autoridad Ambiental y de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios -SSPD.

### Selección del tipo de sistema de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias

Para desarrollar sistemas de alcantarillado de aguas residuales y lluvias el diseñador debe seleccionar el sistema o combinación de sistemas más eficiente para drenar las aguas residuales y lluvias de la población o área. La justificación de la alternativa adoptada debe estar sustentada con argumentos técnicos, económicos, financieros y ambientales. A continuación, se indican los elementos mínimos que deben tenerse en cuenta en la selección de un sistema de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias:

1. Las proyecciones de población dentro de lo cual se deben establecer las densidades de población y las poblaciones de saturación.
2. los planes de ordenamiento territorial (POT).
3. los consumos de agua potable y las curvas de demanda de estos a lo largo del día, de la semana y del año.
4. Las características hidrológicas de la zona.
5. Las características físicas e hidráulicas de las quebradas y ríos, entre otros cuerpos de agua, que puedan ser utilizados como receptores de las descargas de los aliviaderos, en caso de ser requeridos.
6. los aspectos socioeconómicos y socioculturales del municipio.
7. los aspectos institucionales.
8. La infraestructura existente y proyectada de redes de servicio y vías.
9. La capacidad de las redes de alcantarillado existentes ante condiciones iniciales de operación y ante la proyección futura.
10. los aspectos técnicos y las nuevas tecnologías que sea factible implementar.
11. Las condiciones económicas y financieras particulares del proyecto.

A continuación, se presentan los criterios de selección para cada tipo de sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias en particular.

#### Selección de alcantarillados de aguas residuales

Se deben adoptar en aquellos casos en que en el municipio o localidad no exista ningún sistema de recolección y/o evacuación de aguas residuales. Su adopción requiere una justificación técnica, económica, financiera y ambiental, que incluya consideraciones de tratamiento y disposición de las aguas residuales, para lo cual es recomendable hacer estudios de modelación de la calidad de agua del cuerpo receptor en donde se demuestre que los impactos generados por las descargas del alcantarillado de aguas residuales, permiten cumplir con los usos asignados a dicho cuerpo.

#### Selección de alcantarillados de aguas lluvias

Es necesario proyectar estos sistemas cuando las condiciones propias de drenaje de la localidad requieran una solución a la evacuación de la esorrentía proveniente del agua lluvia que causaría inundaciones y demás impactos socioeconómicos en caso de no implementar el mismo. No necesariamente toda población requiere un alcantarillado de aguas lluvias pues, eventualmente, la evacuación de la esorrentía de aguas lluvias podría lograrse satisfactoriamente a través de las calles. en las zonas donde sea necesario, estos sistemas pueden abarcar la totalidad de la población o solamente los sectores con problemas de inundaciones. Su adopción requiere una justificación detallada de tipo técnico, económico, financiero y ambiental.

Para sistemas de alcantarillado nuevos o para ampliación de sistemas de alcantarillados existentes que involucren zonas de desarrollo urbano nuevas, para sistemas con niveles de complejidad alto y medio alto, se deben plantear soluciones que recuperen la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua lluvia en el terreno, de manera que las urbanizaciones no generen incrementos de volúmenes de agua lluvia hacia otras zonas de la ciudad. Lo anterior puede

lograrse con la implementación de mecanismos y dispositivos de almacenamiento temporal del agua lluvia (reservorios) que ayuden a regular los caudales pico de agua lluvia; algunos de estos mecanismos son tanques prefabricados de almacenamiento subterráneo, sistemas de tuberías subterráneas, celdas para almacenamiento, zanjas de infiltración, pavimentos porosos y, superficies con vegetación, entre otros. en sistema con niveles de complejidad RAS. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias medio y bajo, en aquellas ciudades donde se manifieste un crecimiento importante de la población y por ende de la infraestructura del sistema de alcantarillado, en especial el de agua lluvia, es recomendable el uso de estos dispositivos de almacenamiento temporal del agua lluvia.

#### Selección de alcantarillados combinados

Este sistema debe ser adoptado en aquellas localidades donde no existan condiciones que permitan el uso de otro tipo de sistemas y en áreas urbanas densamente pobladas, donde los volúmenes anuales drenados de aguas residuales son mayores que los de aguas lluvias o cuando resulte ser la mejor alternativa técnica, económica y ambiental, teniendo en cuenta consideraciones de tratamiento y disposición final de las aguas combinadas, para lo cual es recomendable hacer estudios de modelación de la calidad del agua del cuerpo receptor en donde se demuestre que los impactos generados por las descargas del alcantarillado combinado, permiten cumplir con los usos asignados a dicho cuerpo. Se debe recordar que lo deseable es que los nuevos sistemas de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias sean de tipo convencional y separado, por lo que la justificación de la selección de un alcantarillado combinado debe contar con los suficientes soportes que lo justifiquen.

#### Aspectos adicionales para la selección del sistema de alcantarillado

Para los sistemas de todos los niveles de complejidad, durante la etapa de planificación y diseño de un sistema de alcantarillado nuevo, la ampliación o renovación de un sistema existente, se debe seguir todo lo establecido en los planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) municipales o regionales.

En particular, se debe tener en cuenta que la tendencia moderna es seleccionar sistemas de alcantarillados convencionales separados por lo que un sistema de alcantarillado combinado debe estar plenamente justificado técnica, económica y ambientalmente. en todo caso el vertimiento requerirá la previa obtención del permiso de vertimientos o el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV según el caso.

#### ETAPAS NECESARIAS PARA LA FORMULACIÓN y ELABORACIÓN de PROYECTOS de SISTEMAS de RECOLECCIÓN y TRANSPORTE de AGUAS RESIDUALES Y/O LLUVIAS

Para todos los niveles de complejidad, y con el fin de garantizar el completo desarrollo de los proyectos de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, se deben seguir las siguientes etapas presentadas en los literales D.1.4.1 a D.1.4.4 de este título. El desarrollo de cada etapa debe llevar a garantizar que los componentes del sistema permitan alcanzar los objetivos para los cuales fueron planteados. los profesionales que desarrollen las etapas deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos en el artículo 53 y siguientes de la Resolución 1096 de 2000 y lo establecido en el párrafo 3 del artículo 42 del Decreto 3930 de 2010.

##### Etapas de conceptualización y planificación

##### PASO 1 - Definición del nivel de complejidad del sistema

Debe definirse el nivel de complejidad del sistema, según se establece en el capítulo 3, artículos 11, 12 y 13 de la Resolución 1096 de 2000, del Ministerio de Desarrollo Económico, o la norma

que la modifique o sustituya, sobre “Determinación del Nivel de Complejidad del Sistema”, utilizando con guía la Resolución 330 de 2017.. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias

**Tabla 26.**

*Asignación del nivel de complejidad del sistema*

<b>Nivel de Complejidad del Sistema</b>	<b>Población en la zona urbana<sup>2</sup> (habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los suscriptores<sup>3</sup></b>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

Descripción y diagnóstico del sistema existente de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias

Persona prestadora del servicio de alcantarillado

Debe identificarse el prestador del servicio de alcantarillado, que incluya las actividades de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias, su naturaleza de oficial, privado o mixto su carácter municipal o regional y en lo posible conocer su capacidad técnica, operativa y administrativa, al igual que establecer su relación con las personas que prestan los demás servicios del sector de agua potable y saneamiento básico.

Componentes del sistema de alcantarillado

Identificar el tipo (o tipos) de sistema(s) existente(s) e información completa del catastro de red de alcantarillado en el sector objeto del proyecto. Recopilar la información cartográfica existente sobre el sistema de alcantarillado. Hacer una descripción general de los sistemas actuales de recolección y evacuación de aguas residuales y lluvias en el área de interés, y de cada uno de sus

componentes, tales como formas de disposición in situ, edad, materiales, redes de tuberías, cámaras y cajas de inspección, interceptores, emisarios, canales, estaciones de bombeo y estructuras especiales, al igual que el plan maestro si existiese. Calificar el estado, funcionalidad y condiciones de operación de los sistemas en el área de interés y estimar los períodos en los cuales los componentes principales podrán operar sin adiciones o refuerzos de capacidad. Describir las diferentes formas de disposición final y los sitios para tal fin en el subsuelo, en cuerpos de agua receptores y/o plantas de tratamiento de las áreas asociadas con el proyecto.

#### Definición del período de diseño

Como parte del desarrollo de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o aguas lluvias, y antes de generar alternativas de solución, es necesario establecer el período de planeamiento teniendo en cuenta que éste comienza desde el año inicial de operación. Para la definición del período de planeamiento o período de diseño se deben tener en cuenta: la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad poblacional actual y la de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, la calidad de la construcción, así como también la operación y el mantenimiento del mismo. A su vez, el período de planeamiento está influido por la demanda del servicio, la programación de las inversiones, las ampliaciones del sistema, las tasas de crecimiento de la población y, el crecimiento económico del municipio o localidad. Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias deben proyectarse para 30 años en el caso de sistemas con nivel de complejidad alto y para 25 años en los demás sistemas. Para los tramos principales del sistema, los interceptores y los tramos finales, se debe evaluar la alternativa de implementación por etapas hasta cubrir el período de diseño establecido para los sistemas de todos los niveles de complejidad.

Datos que deben anotarse en la referenciación de tuberías

Para la referenciación de las tuberías de la red de alcantarillado deben anotarse como mínimo los datos presentados a continuación:

1. Diámetro de la tubería.
2. Clase de la tubería.
3. Material de la tubería.
4. Profundidad de instalación.
5. Pendiente de la tubería.
6. Fecha de instalación.
7. Tipo de unión (mortero, empaque elastomérico, etc.)
8. Marca de la tubería.
9. Revestimiento de la tubería.

Distancias mínimas a otras redes

Al realizar el trazado de la red, las distancias libres entre las tuberías que conforman la red de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias y las tuberías de otras redes de servicios públicos se deben tener en cuenta los aspectos que se presentan a continuación:

La distancia horizontal mínima entre las tuberías del sistema de aguas residuales y/o lluvias y las tuberías del sistema de abastecimiento de agua potable deben ser las mostradas en la Tabla D.

2.1.

**Tabla 27.***Distancias horizontales mínimas entre redes*

<b>Tipo de red de servicio</b>	<b>Distancia mínima (m)</b>
Red de alcantarillado de aguas residuales o combinadas y red de distribución de agua potable	1,5
Red de alcantarillado de aguas lluvias y red de distribución de agua potable	1,2
Red de alcantarillado de aguas lluvias, residuales y combinadas con otras redes	1,2

Fuente: RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

#### Materiales para ductos en sistemas de alcantarillado

El diseño de los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias debe buscar la estanqueidad del sistema a lo largo del período de diseño. Por consiguiente, el diseñador debe utilizar los materiales más apropiados teniendo en cuenta las características de las aguas residuales y lluvias, incluyendo su agresividad y la posible generación de gases y vapores (entre ellos sulfuros) que ocasionen problemas operativos en la red, las cargas internas y externas actuantes, incluidas aquellas ocasionadas por eventos sísmicos, las condiciones del suelo (corrosión desde el entorno, esfuerzos de tensión, tracción y cizalladura), las condiciones del nivel freático, y la posible interacción con otras redes de servicios públicos, en particular con redes eléctricas que puedan generar corrientes en el suelo. Lo anterior, debe ser tenido en cuenta no solamente para los materiales de las tuberías y ductos, sino también para sus uniones, las estructuras de conexión, las cámaras de inspección, cámaras de caída y todos los demás componentes que formen parte del sistema de alcantarillado. en la escogencia del material también se debe tener en cuenta todo lo establecido en el literal D.6.3.1 de este título. Para los ductos que conforman los sistemas de alcantarillados, tanto de aguas lluvias como de aguas residuales o combinadas, se pueden utilizar los siguientes materiales: arcilla vitrificada (gres), concreto, concreto reforzado, concreto

reforzado con cilindro de acero (CCP), polivinilo de cloruro (PVC), polipropileno (PP), polietileno (PE), hierro dúctil (HD), poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP), resina termoestable reforzada (fibra de vidrio), mortero plástico reforzado y, acero. en caso de que en algunas aplicaciones particulares en partes del sistema de alcantarillado se requiera utilizar un material diferente, éste debe cumplir con las normas técnicas colombianas y normas de calidad correspondientes, así como con el Reglamento Técnico de Tuberías (Resoluciones 1166 de 2006 y 1127 de 2007, expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o las normas que las modifiquen o sustituyan), y tener la aprobación previa por parte de la persona prestadora del servicio público de alcantarillado.

Todos los materiales y elementos permitidos en los sistemas de alcantarillado de aguas residuales y/o lluvias, deben cumplir con las especificaciones técnicas correspondientes del ICONTEC o en su defecto de normas internacionales establecidas por la American Water Works Association Standard -AWWA, la American National Standards Institute -ANSI, la American Society for Testing and Materials -ASTM, la Internacional Standard Organization -ISO, o la Deustcher Industrie Normen -DIN. en las Tabla D.2.2 a D.2.4 mostradas a continuación se presentan las normas técnicas del ICONTEC y algunas normas técnicas internacionales asociadas con los materiales de las tuberías y demás componentes del sistema de alcantarillado.

**Tabla 28.***Especificaciones y normas técnicas para tuberías de alcantarillado*

<b>MATERIAL</b>	<b>ICONTEC</b>	<b>INTERNACIONAL</b>
Concreto reforzado	NTC 401, NTC 1328, NTC 3789, NTC 1259	ANSI/ASTM C 76, ANSI/ASTM C 361 ANSI/ASTM C 443, ANSI/ASTM C 506 ANSI/ASTM C 507, ANSI/ASTM C 655 ANSI/ASTM C 877
Concreto simple	NTC 1022, NTC 1328	ANSI/ASTM C 14
Concreto reforzado con o sin cilindro de acero – CCP	NTC 747	AWWA C 300 AWWA C 301 AWWA C 302 AWWA C 303 AWWA C 304 ASTM C 822
Asbesto-cemento	NTC 44, NTC 239 NTC 268, NTC 384 NTC 487	ASTM C 428 ASTM C 644C ISO R 881
Arcilla vitrificada (Gres)	NTC 511, NTC 3526 NTC 4089	ASTM C 12, ANSI/ASTM C 700 ASTM C 425, ANSI/ASTM C 301
Hierro fundido	NTC 3359	ASTM A 74-72 ANSI A 21.6 (AWWA C 106) ASTM C 644
Resina termoestable reforzada con fibra de vidrio (GRP)	NTC 3870, NTC 2836 NTC 3875, NTC 3876 NTC 3877, NTC 3878 NTC 3918	ASTM D 3262, ASTM D 3681 ASTM D 2996, ANSI/ASTM D 2997 ASTM D 2310, ASTM D 3754 ASTM D 2412, ASTM D 2924 ASTM D 3839, ASTM D 4161 ASTM D 5365
Polipropileno (PP)	NTC 2966 NTC 3576 NTC 3577 NTC 4392 NTC 5646-1 NTC 5646-2	ASTM D 5857, ASTM D 2435 ASTM F 2418, ASTM F 1668 ASTM F-2389 ASTM F-2736 ASTM F-2764 ISO 7671 ISO 8773 ISO 9969 ISO 13272 ISO 5494 DIN EN 16928 DIN EN 19560-10 DIN EN 13476-3 DIN EN 13476-4 DIN CEN/TS 14758-3
Hierro dúctil (HD)	NTC 2346 NTC 2587 NTC 2629 NTC 3359	ISO 2531, ISO 4633 ISO 5208, ISO 5210 ISO 5752 serie 14, ISO 5752 ISO 7005-2, ISO 7259 ANSI A 21.4 (AWWA C 104) ANSI A 21.5 (AWWA C 105) ANSI/AWWA C 110

Fuente: RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

**Tabla 29.***Especificaciones y normas técnicas para tuberías de alcantarillado*

<b>MATERIAL</b>	<b>ICONTEC</b>	<b>INTERNACIONAL</b>
		ANSI A 21.5 (AWWA C 115) ASTM A 746
Acero	NTC 2091, NTC 4831 NTC 5138, NTC 5064	ASTM A 475, ASTM A 760 ASTM A 761, ASTM A 762, ASTM 796 AASHTO M-36, AASHTO M-245, AASHTO CAPITULO 15, ASTM 849, ASTM 979
Polietileno (PE)	NTC 1747, NTC 5447, NTC 2534, NTC 2536, NTC 4839	ASTM D 1248, ASTM D 2239, ASTM D 2412 ASTM D 3035, ASTM D 3261, ASTM F 714 ASTM F 894, ASTM F2306 AASHTO M 252, AASHTO M 294, ISO 21138
Polibutileno		ASTM F 809, ASTM D 2581 AWWA C902
Policloruro de vinilo (PVC)	NTC 1087, NTC 1341 NTC 1748, NTC 2534 NTC 2697, NTC 3640 NTC 3721, NTC 3722 NTC 4764 -1, NTC 4764 -2 NTC 369, NTC 2795 NTC 3358, NTC 5055 NTC 5070	ANSI/ASTM D 2564 ANSI/ASTM D 2680 ANSI/ASTM D 3033 ANSI/ASTM D 3034 ANSI/ASTM D 3212 ANSI/ASTM F 477 ASTM F 545, ASTM F 679 ASTM F 949, ASTM F 794
Mortero plástico reforzado (RPM)		ANSI/ASTM D 3262 ASTM D 3754

Fuente: RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

**Tabla 30.***Normas de acero de refuerzo***Tabla D.2.3 Normas de acero de refuerzo**

<b>MATERIAL</b>	<b>ICONTEC</b>
Acero de refuerzo liso	NTC 161
Acero de refuerzo corrugado	NTC 248
Alambre de acero para refuerzo	NTC 116
Alambre de acero al carbono grafilado para refuerzo de concreto	NTC 1907
Alambre de refuerzo de concreto pretensado	NTC 159
Mallas de acero soldadas fabricadas con alambre liso para refuerzo de concreto	NTC 1925
Mallas de acero soldadas fabricadas con alambre corrugado	NTC 2310
Barras de acero de carbono, trabajadas en frío	NTC 245

Fuente: RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

**Tabla 31.**

*Especificaciones y normas técnicas de materiales y mezclas para concreto*

<b>MATERIAL</b>	<b>ICONTEC</b>	<b>INTERNACIONAL</b>
Cemento portland	NTC 30, NTC 121, NTC 321	
Agregado grueso	NTC 126, NTC 174 NTC 183, NTC 589	
Agregado fino	NTC 127, NTC 174	
Aditivos	NTC 1299	ASTM C 260, ASTM C 618

Fuente: RAS 2000 y resolución 0330 del 2017

Trabajo de campo

Durante el recorrido se observó lo siguiente:

- En la calle 35 con 4E se observó un tramo del canal Juana paula, se evidencio el mal estado en el que se encuentra, el estado de abandono y el poco mantenimiento recibido por las entidades gubernamentales.

Dimensiones del canal: 8.50 m de ancho y 2 m de profundidad

- Frente a la escuela del doce de octubre, se observaron varios tramos del canal y una tubería de evacuación en concreto

Diámetro interno: 70 cm

Diámetro externo: 90 cm

También se observó en otro lado del canal un tubo en pvc de 10"

- En la avenida 4e con 29 se observó una rejilla de 80 cm de ancho y 3 m de largo
- En la calle 25 con 0E en la bomba del barrio chaparral se observó una rejilla con las siguientes dimensiones:

Ancho: 70 cm

Profundidad: 1 m

Largo: 4 m

- En la 27 con 0E se observó otro tramo del canal Juana paula
- En la avenida 1 con calle 28 se observó una rejilla a la orilla de un anden

En las otras calles no se evidenciaron ni desniveles, ni rejillas, ni cunetas.

Las aguas pluviales son las aguas lluvia de precipitación natural, las aguas pluviales urbanas son agua de lluvia que no absorbe el suelo y escurre por edificios, calles, estacionamientos, y otras superficies; aquellas que no se filtran fluyen superficialmente y se denominan escorrentías superficiales; Fluyen hasta las alcantarillas y el sistema de drenaje pluvial. pueden originar problemas debido al volumen de agua, la intensidad de la escorrentía y los contaminantes potenciales que transporta. Durante el recorrido se observó el mal estado, el poco mantenimiento y el deterioro continuo en el que se encuentran actualmente. Las rejillas se encuentran desgastadas, tapadas, con basuras, se evidencia la carencia de aseo en estas y el abandono en el que se encuentran algunas.

Las canaletas se encuentran fundidas en concreto, pero se evidencian que muy pocas en estos barrios, es por ello que las aguas tienen que evacuar por las vías y se generan desgasten en las carreteras, y bastantes acumulaciones que causan inconformismo en los habitantes por las enfermedades e inconvenientes que estos producen.

A continuación, se presentan las imágenes del recorrido realizado y las direcciones del recorrido.

**Foto 1.**

*Rejilla de evacuación ubicada en la calle 25 con avenida 5E*

**Foto 2.**

*Canal de evacuación ubicada en la calle 28 entre avenidas 4E y 5E*



**Foto 3.**

*Canal y rejilla de evacuación ubicada en la avenida 3 con calle 27*

**Foto 4.**

*Cuneta de evacuación ubicada en la calle 34 con avenida 3*



**Foto 5.**

*Rejilla de evacuación ubicada en la avenida 1 calle 28*

**Foto 6.**

*Canal de evacuación ubicada en la avenida 1 con calle 30*



**Foto 7.**

*Rejilla de evacuación ubicada en la avenida 4E con calle 29*

**Foto 8.**

*Canal y tubería de evacuación ubicada en la calle 34 con avenida 3E*





**Foto 9.**

*Canal de evacuación ubicada en la calle 29 con avenida 4E*



**Foto 10.**

*Canal de evacuación ubicada en la avenida 5E con calle 29*

**Foto 11.**

*Canal de evacuación ubicada en la avenida 4E con calle 28*



**Foto 12.**

*Canal de evacuación ubicada en la calle 35 con avenida 4E*



## **7. Percepcion del Efecto de Aguas Lluvias en Los Barrios 12 Octubre, Chaparral, Juana Paula y Nuevas Urbanizaciones en El Municipio de Los Patios**

En áreas urbanas, las aguas pluviales urbanas son agua de lluvia que no absorbe el suelo y escurre por edificios, calles, estacionamientos, y otras superficies. Fluyen hasta las alcantarillas y el sistema de drenaje pluvial de cada ciudad. La recolección de aguas lluvia y su posterior almacenamiento, no es una práctica nueva y un ejemplo de eso son las terrazas de arroz en las filipinas, que han estado en uso por miles de años y aún en la actualidad son reconocidas como una técnica eficiente. “Los sistemas de recolección de aguas lluvia no tienen grandes variaciones entre sí; la mayoría consta básicamente de tres componentes: captación, conducción y almacenamiento” (Abdula y Al-Shareef, 2006). Pero dependiendo de los usos para los cuales el sistema esté destinado y de su complejidad, existen otros componentes adicionales, como el interceptor de las primeras aguas, el sistema de distribución por gravedad o por bombeo y el tratamiento (desinfección cuando el agua es para consumo humano), los cuales representan mayores costos (Texas Water Development Borrad, 2005). La captación y el aprovechamiento de las aguas lluvias requieren una técnica de la ingeniería que como tal tiene sus ventajas y desventajas.

Desde sus comienzos el hombre aprovecha el agua superficial como primera fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por ello el valle de los ríos es el lugar escogido para establecer las primeras civilizaciones, allí el hombre aprende a domesticar los cultivos y con ello encuentra la primera aplicación al agua lluvia; pero no depende directamente de ella para su supervivencia debido a la presencia permanente del agua superficial. Cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del

planeta comenzó el desarrollo de formas de captación de aguas lluvias, como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico. Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar recientemente. Con base en la distribución de restos de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo y el continuo uso de estas obras en la historia, se puede concluir que las técnicas de captación de agua de lluvia cumplen un papel importante en la producción agrícola y en satisfacer las necesidades domésticas, con un uso intensivo en las regiones áridas o semiáridas del planeta.

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son el resultado de las necesidades, recursos disponibles (precipitación, dinero para invertir y materiales de construcción), y las condiciones ambientales en cada región. Sólo cuando no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un costo muy alto, se piensa en buscar sistemas alternativos de abastecimiento, por ello la documentación sobre sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias, se limita a las acciones realizadas en las últimas décadas en zonas del planeta con las deficiencias mencionadas anteriormente.

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades. Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona a la que sirven. de este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de

molestias por inundación y daños materiales y humanos. La evacuación de las aguas lluvias en el municipio de los patios continuamente se evalúa y se hacen reformas para su continuo mejoramiento, pero debido al crecimiento urbanístico continuo del municipio el alcantarillado pluvial no da abasto para satisfacer las necesidades de la población y es por ello que se presentan inconvenientes en los diferentes barrios del municipio sobre todo en la zona céntrica.

Es por ello que debido a la continuidad de esta problemática y falencias en la evacuación de aguas lluvias se pretende conocer la percepción de los habitantes de los barrios 12 octubre, chaparral, Juana paula en relación con este tema mediante encuestas. Por medio del “Geoportal Análisis Estadístico” del DANE se ubicó el área de cada uno de los barrios a analizar para obtener el número de viviendas pertenecientes según al censo realizado en el 2018. Se obtuvieron 1359 viviendas en los barrios analizados. Con base en los resultados estadísticos se obtuvo una muestra de 305 en los barrios 12 octubre, chaparral y Juana paula como parte del método cuantitativo de la investigación. A partir de estas se obtuvieron los siguientes resultados usando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), un programa estadístico informático. en los anexos se presentan las tablas y gráficos generados por el software.

Cada entrevista contaba con 10 preguntas y dos, tres o cuatro opciones de respuesta. A continuación, se presenta el análisis según los porcentajes obtenidos en el barrio 12 octubre

A la pregunta Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias, el 49,5% de la población respondió que el barrio 12 de octubre, el 21,1% el barrio chaparral, el 12,8% el barrio Juana paula lo que indica que el 16,5% en el sector de las nuevas urbanizaciones.

A la pregunta en qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector, el 0,9% de la población considera que el sistema de

desagüe es excelente, el 16,5% lo califica como bueno, el 68,8% como regular y el 13,8% lo considera el sistema como malo.

A la pregunta cómo ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años, el 10,1% es nula, el 75,2% es mínima, 9,2% es óptima y el 5,5% no sabe respecto a la evolución de estos sistemas

A la pregunta considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector, el 31,2% ha aumentado la acumulación de aguas lluvias, el 28,4% ha disminuido la acumulación de aguas lluvias, 40,4% no ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias

A la pregunta identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector, el 6,4% si identifican los canales de evacuación de aguas lluvias y el 93,6% no los identifican

A la pregunta Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector, el 16,5% si realizan mejoramiento o mantenimiento de los canales de evacuación y el 83,5% opinan lo contrario.

A la pregunta Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector, el 2,8% afirmo que, entre 30 minutos a 1 hora, el 13,8% opto de 3 horas a 6 horas el 73,4 que menos de 12 horas y el 10,1% respondió que más de 24 horas

A la pregunta en qué trimestre del año llueve con más frecuencia, el 3,7% dijo que, en el primer trimestre, el 22% considera que, en el segundo trimestre, mientras que el 48,6% cree que en el tercer trimestre y el 25,7% afirma que el cuarto trimestre

A la pregunta Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias, el 14,7% dijo que si y el 85,3% de la población que no

A la pregunta Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector, el 68,8% dice que un sistema en conjunto, el 11,9% piensa que es por separado y el 19,3% afirma no saber cuál es el sistema de alcantarillado de su barrio

Análisis según porcentajes obtenidos en el barrio chaparral

A la pregunta Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias, el 19,4% de la población respondió que el barrio 12 de octubre, el 53,7% el barrio chaparral, el 14,8% el barrio Juana paula lo que indica que el 12% en el sector de las nuevas urbanizaciones.

A la pregunta en qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector, el 0% de la población considera que el sistema de desagüe es excelente, el 5,6% lo califica como bueno, el 83,3% como regular y el 11,1% lo considera el sistema como malo.

A la pregunta cómo ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años, el 13% es nula, el 70,4% es mínima, 11,1% es óptima y el 5,6% no sabe respecto a la evolución de estos sistemas

A la pregunta considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector, el 25,9% ha aumentado la acumulación de aguas lluvias, el 36,1% ha disminuido la acumulación de aguas lluvias, 38% no ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias

A la pregunta identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector, el 5,6% si identifican los canales de evacuación de aguas lluvias y el 94,4% no los identifican

A la pregunta Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector, el 16,7% si realizan mejoramiento o mantenimiento de los canales de evacuación y el 83,3% opinan lo contrario.

A la pregunta Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector, el 3,7% afirmó que, entre 30 minutos a 1 hora, el 13,9% opto de 3 horas a 6 horas el 56,5% que menos de 12 horas y el 25,9% respondió que más de 24 horas

A la pregunta en qué trimestre del año llueve con más frecuencia, el 3,7% dijo que, en el primer trimestre, el 21,3% considera que, en el segundo trimestre, mientras que el 53,7% cree que en el tercer trimestre y el 21,3% afirma que el cuarto trimestre

A la pregunta Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias, el 13,9% dijo que si y el 86,1% de la población que no

A la pregunta Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector, el 65,7% dice que un sistema en conjunto, el 6,5% piensa que es por separado y el 27,8% afirma no saber cuál es el sistema de alcantarillado de su barrio

Análisis según porcentajes obtenidos en el barrio Juana paula

A la preguntaCuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias, el 23,5% de la población respondió que el barrio 12 de octubre, el 24,7% el barrio chaparral, el 42% el barrio Juana paula lo que indica que el 9,9% en el sector de las nuevas urbanizaciones.

A la pregunta en qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector, el 2,5% de la población considera que el sistema de desagüe es excelente, el 3,7% lo califica como bueno, el 76,5% como regular y el 17.3% lo considera el sistema como malo.

A la pregunta cómo ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años, el 17,3% es nula, el 66,7% es mínima, 11,1% es óptima y el 4,9% no sabe respecto a la evolución de estos sistemas

A la pregunta considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector, el 25,9% ha aumentado la acumulación de aguas lluvias, el 42% ha disminuido la acumulación de aguas lluvias, 32,1% no ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias

A la pregunta identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector, el 7,4% si identifican los canales de evacuación de aguas lluvias y el 92,6% no los identifican

A la pregunta Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector, el 22,2% si realizan mejoramiento o mantenimiento de los canales de evacuación y el 77,8% opinan lo contrario.

A la pregunta Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector, el 1,2% afirmo que, entre 30 minutos a 1 hora, el 19,8% opto de 3 horas a 6 horas el 64,2% que menos de 12 horas y el 14,8% respondió que más de 24 horas

A la pregunta en qué trimestre del año llueve con más frecuencia, el 4,9% dijo que, en el primer trimestre, el 32,1% considera que, en el segundo trimestre, mientras que el 43,2% cree que en el tercer trimestre y el 19,8% afirma que el cuarto trimestre

A la pregunta Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias, el 25,9% dijo que si y el 74,1% de la población que no

A la pregunta Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector, el 60,5% dice que un sistema en conjunto, el 8,6% piensa que es por separado y el 30,9% afirma no saber cuál es el sistema de alcantarillado de su barrio

Análisis según porcentajes obtenidos en el barrio nuevas urbanizaciones

A la pregunta Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias, el 0% de la población respondió que el barrio 12 de octubre, el 42,9% el barrio chaparral, el 28,6% el barrio Juana paula lo que indica que el 28,6% en el sector de las nuevas urbanizaciones.

A la pregunta en qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector, el 0% de la población considera que el sistema de desagüe es excelente, el 0% lo califica como bueno, el 85,7% como regular y el 14,3% lo considera el sistema como malo.

A la pregunta cómo ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años, el 0% es nula, el 71,4% es mínima, 14,3% es óptima y el 14,3% no sabe respecto a la evolución de estos sistemas

A la pregunta considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector, el 0% ha aumentado la acumulación de aguas lluvias, el 57,1,9% ha disminuido la acumulación de aguas lluvias, 42,9% no ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias

A la pregunta identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector, el 0% si identifican los canales de evacuación de aguas lluvias y el 100% no los identifican

A la pregunta Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector, el 42,9% si realizan mejoramiento o mantenimiento de los canales de evacuación y el 57,1% opinan lo contrario.

A la pregunta Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector, el 0% afirmo que, entre 30 minutos a 1 hora, el 71,4% opto de 3 horas a 6 horas el 0% que menos de 12 horas y el 28,6% respondió que más de 24 horas

A la pregunta en qué trimestre del año llueve con más frecuencia, el 14,3% dijo que, en el primer trimestre, el 28,6% considera que, en el segundo trimestre, mientras que el 42,9% cree que en el tercer trimestre y el 14,3% afirma que el cuarto trimestre

A la pregunta Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias, el 28,6% dijo que si y el 71,4% de la población que no

A la pregunta Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector, el 42,9% dice que un sistema en conjunto, el 28,6% piensa que es por separado y el 28,6% afirma no saber cuál es el sistema de alcantarillado de su barrio

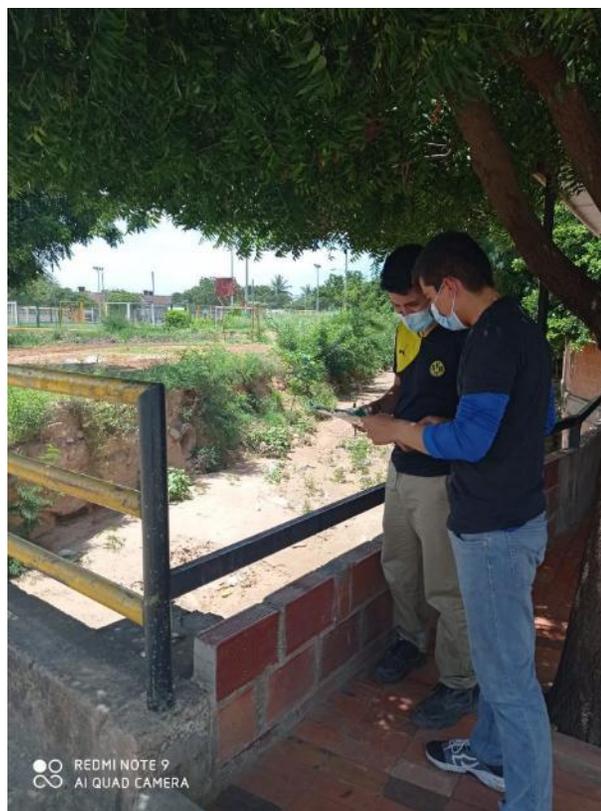
### Foto 13.

*Registro fotográfico de las encuestas aplicadas en el barrio chaparral*



**Foto 14.**

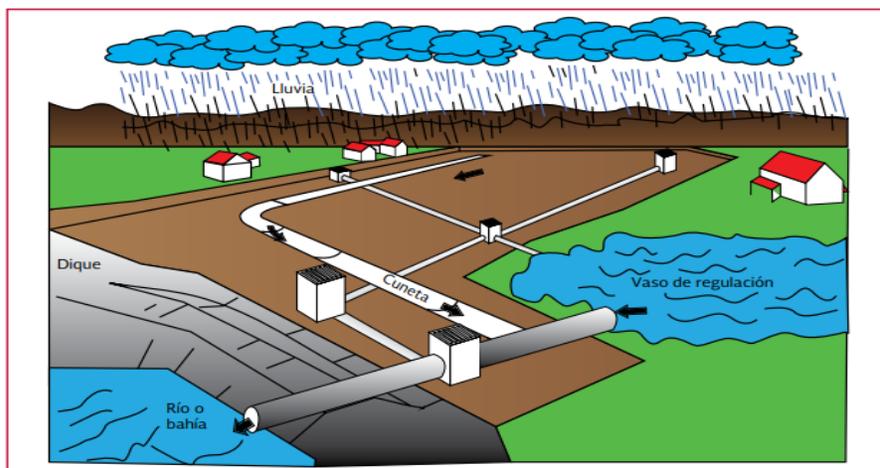
*Registro fotográfico de las encuestas aplicadas en el barrio 12 de octubre.*



## **8. Propuesta: Sistema de Evacuación de Aguas Lluvias en Los Barrios Juana Paula, Doce de Octubre y Chaparral del Municipio de Los Patios**

En las zonas urbanas, se tiene la necesidad de desalojar el agua de lluvia de tal modo que se mitiguen los riesgos para los habitantes, las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas que afectan a la población. Sin embargo, la construcción de edificios, casas, la pavimentación de calles, estacionamientos y otras construcciones modifican el entorno natural y generan superficies poco permeables; aumentando los volúmenes de escurrimiento. Así, la urbanización incrementa los volúmenes que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Esto obliga a diseñar los sistemas de drenaje artificial con mayor capacidad que la que tenían las corrientes naturales originales. El drenaje pluvial urbano, tiene como función la captación y desalojo de las aguas de lluvia hasta sitios donde se descarguen en los cuerpos de agua, de tal forma que se reduzcan los daños e inconvenientes a los habitantes donde llegan o cruzan los escurrimientos o que puedan afectar a otras cercanas.

Un sistema de drenaje está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias, que permiten el desalojo de las aguas de lluvia y que requieren de su mantenimiento para su correcta operación. Como parte de la planificación y diseño de sistemas de drenaje pluvial. Además de considerarse los niveles de superficie libre del agua en los cauces a los que descargarán los sistemas de drenaje pluvial, asociados al periodo de retorno de diseño para la protección de la población. Uno de los aspectos más relevantes en el diseño de los sistemas de drenaje pluvial urbano es reducir al mínimo los cambios del régimen de flujo natural del agua en la cuenca y los cuerpos receptores. Por lo que el diseño no debe limitarse al control de la velocidad de flujo y la descarga máxima.

**Figura 27.***Sistema de drenaje pluvial*

**Fuente:** <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro19.pdf>

**Componentes del sistema de drenaje pluvial urbano:** los componentes principales de un sistema de drenaje se agrupan según la función para la cual son empleados, así un sistema de drenaje pluvial urbano, se integra de las partes siguientes:

**1. Estructuras de captación.** Recolectan las aguas a transportar, en el caso de los sistemas de drenaje pluvial urbano se utilizan bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. en las captaciones (ubicadas convenientemente en puntos bajos del terreno y a cierta distancia en las calles) se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales

**2. Estructuras de conducción.** Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia el sitio de almacenamiento o vertido; representan la parte medular de un sistema de drenaje y se forman por conductos cerrados y/o abiertos, conocidos como tuberías y canales,

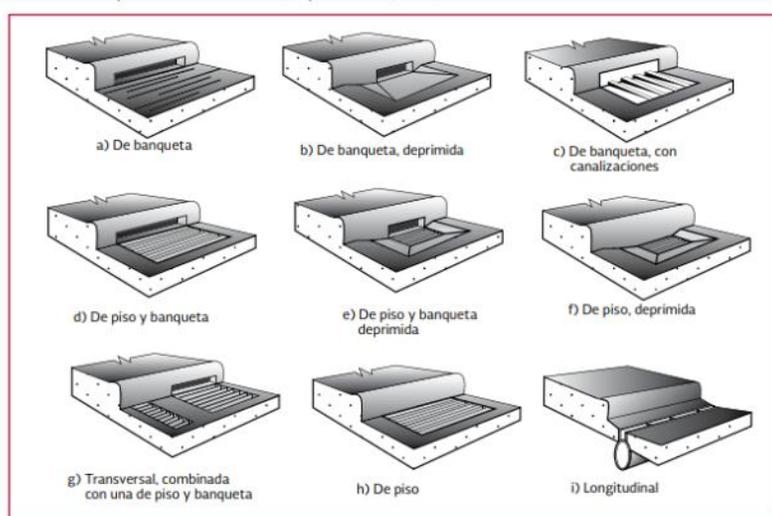
respectivamente. Por las características del sistema de drenaje se diseñan para que el flujo sea a superficie libre

**3. Estructuras de conexión y mantenimiento.** Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de drenaje, pues además de permitir la conexión de varios conductos, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un operador baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos; tales estructuras son conocidas como pozos de visita

**4. Estructuras de vertido.** Son estructuras de descarga terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del agua drenada, se diseñan para evitar posibles daños al último tramo de tubería, que pueden ser causados por la corriente a donde descarga la red o por el propio flujo de salida de la conducción. Para su diseño en su descarga al cuerpo receptor, deben considerarse los niveles de superficie libre del agua asociados al periodo de retorno establecido, para protección a la población. Lo anterior debido a que éste es mayor al de diseño del sistema de drenaje pluvial

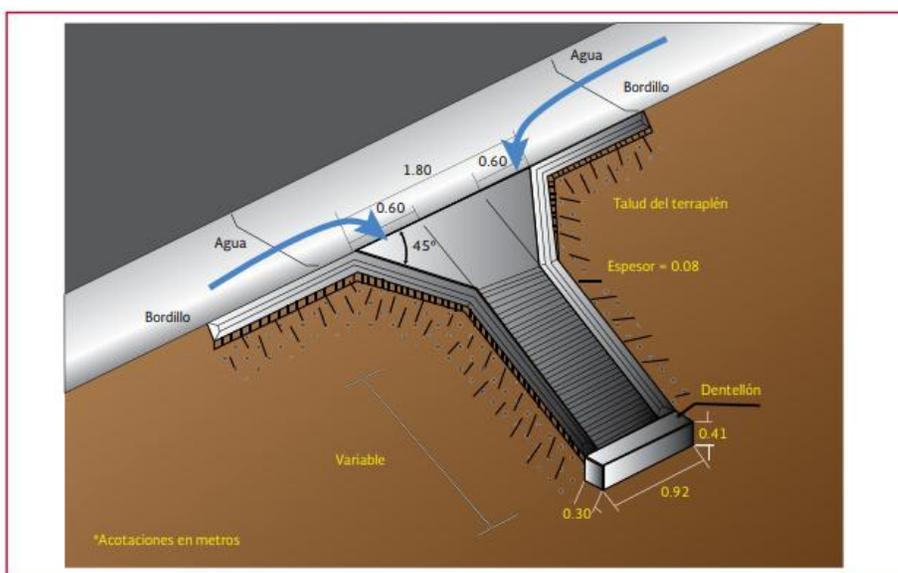
**5. Obras complementarias.** Se considera dentro de este grupo a las instalaciones que no necesariamente forman parte de todos los sistemas de drenaje, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Entre ellas se tiene a los cárcamos de bombeo, estructuras de cruce, lagunas de retención y detención, disipadores de energía, etc.

**6. Disposición final.** La disposición final de las aguas captadas por una red de drenaje no es una estructura que forme parte del sistema; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de drenaje. Su importancia radica en que, si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto, la descarga de las aguas pluviales, entonces se pueden provocar graves daños. en el sitio de vertido o aguas abajo de éste.

**Figura 28.***Tipos de boca de tormenta*

**Fuente:** <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15->

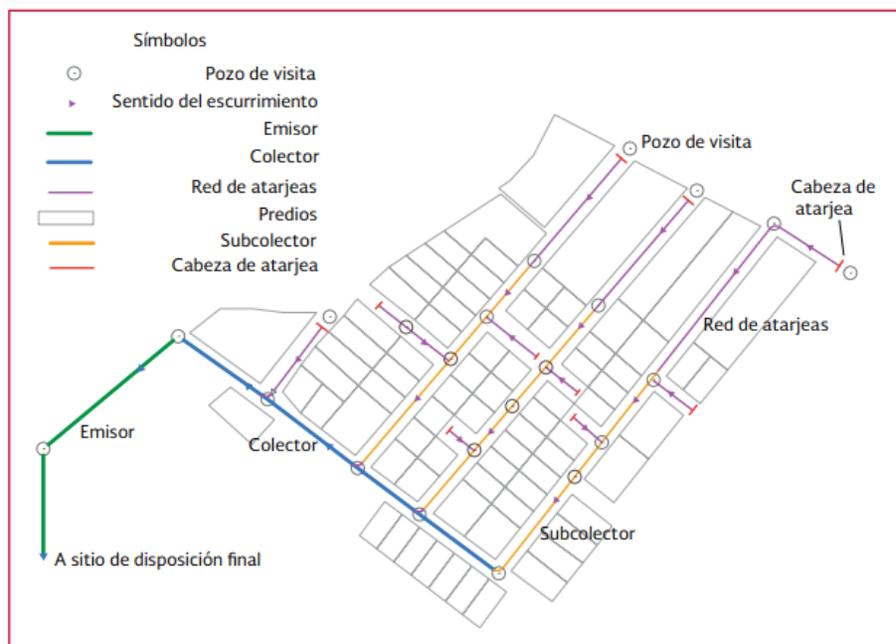
Libro19.pdf

**Figura 29.***Geometría de lavadero*

**Fuente:** <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro19.pdf>

**Figura 30.**

*Ejemplo de Trazo de una red de drenaje*



**Fuente:** <http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro19.pdf>

Estructuras de conexión y mantenimiento: Son elementos subterráneos que facilitan la conexión y el mantenimiento de las obras de conducción del sistema, permitiendo conectar tuberías de diferentes diámetros y/o material. Se les conoce como pozos de visita o cajas de visita según sus dimensiones y son de vital importancia en la red de alcantarillado, ya que gracias a estas estructuras se evitan reparaciones complicadas y costosas.

Estructuras de vertido: Se le denomina estructura de vertido a aquella obra final del sistema de alcantarillado que asegura una descarga continua a una corriente receptora. Tales estructuras

pueden verter las aguas de emisores consistentes en conductos cerrados o de canales, por lo cual se consideran dos tipos de estructuras para las descargas.

Obras complementarias: Las obras o estructuras complementarias en un sistema de drenaje, son estructuras que no siempre forman parte de una red, pero que permiten el funcionamiento adecuado. Entre ellas se pueden mencionar las estaciones de bombeo, los sifones invertidos, los cruces elevados, las alcantarillas pluviales, las obras de retención y detención, los puentes, etc.

Disposición final: Se le llama disposición final al destino que se le dará al agua captada por un sistema de drenaje. en la mayoría de los casos, las aguas se vierten a una corriente natural que pueda conducir el volumen desalojado por el colector pluvial. Para un correcto funcionamiento de la estructura de descarga se debe de cumplir.

Basado en las ideas anteriores, mis aportes para el mejoramiento y la reconstrucción de un sistema de evacuación de aguas lluvias son:

1. Campañas de aseo y de recolección de basuras en todos los tramos del canal. Todos los tramos visitados se encuentran en mal estado, abandonados y con nula vigilancia por parte de las entidades municipales, todo esto con el objetivo de recuperar y aprovechar la estructura ya existente del canal.
2. Mejoramiento de los gaviones existentes a la orilla del canal, los existentes están deteriorados y algunos ya necesitan cambio.
3. Mantenimiento y reparación de las rejillas ya existentes para aprovechar los recursos que hay.
4. Hay muchas calles y avenidas que no cuentan con rejillas o cunetas, por ello es importante la implementación de estas en todos los sectores.
5. En las calles en donde no hay cunetas, adicionarlas a cada lado de la vía.

6. Añadir tuberías de evacuación en concreto que lleven al correcto desagüe de las aguas lluvias. Tuberías que cumplan con los diámetros internos y externos establecidos por la resolución 0330 del 2017 y por el RAS
7. Implementación de colectores en puntos estratégicos de los barrios mencionados, ya que por lo que se observó no existen en los barrios mencionados.
8. Verificar las pendientes de todas las tuberías existentes y de las futuras ya que este es un factor de gran influencia.

## 9. Conclusiones

Con base el estudio hidrológico realizado en los barrios Juana paula, Chaparral y Doce de Octubre del área urbana del municipio de los Patios se concluye que el crecimiento urbanístico en los últimos años es significativo, para el año 1953 cuando los Patios era corregimiento del municipio de Villa del Rosario no se presentaba crecimiento urbanístico porque estos terrenos eran parte de los cultivos de la hacienda Patios y Colorados. Con el paso de los años se crea el municipio de los Patios en el año de 1985 e inicia formalmente el crecimiento urbanístico concentrado en el área urbana, este ha ido aumentando y actualmente el área sin construir representa el 26% es decir, 0.18 km<sup>2</sup>.

Es claro que, al aumentar el área construida, aumenta la impermeabilización de los terrenos y con ello los caudales de escorrentía superficial ya que el suelo se ve afectado y su capacidad de absorción cada vez es más reducida; por ello con el proyecto de grado se establece una relación proporcional entre los caudales de escorrentía y la expansión urbanística. Para el año 1953 el caudal de escorrentía era de 0.7 m<sup>3</sup>/s pero no existía un area urbanizada, el año 1991 el caudal de escorrentía era de 1.1 m<sup>3</sup>/s en un area urbanizada de 0.38 km<sup>2</sup> y para el año 2021 el caudal de escorrentía equivale a 1.4 m<sup>3</sup>/s en un area urbanizada de 0.51 km<sup>2</sup>

Al evaluar las condiciones actuales de estos barrios se observó y se pudo determinar que no disponen de un sistema integral de evacuación de aguas lluvias, cuentan con algunas estructuras aisladas en algunos sectores; pero estas no están unidas entre sí y no tienen la suficiente capacidad de evacuación. Algunas de estas estructuras son: rejilla de evacuación ubicada en la calle 25 con avenida 5E, cuneta de evacuación ubicada en la calle 34 con avenida 3, rejilla de evacuación

ubicada en la avenida 1 con calle 28, canal y tubería de evacuación ubicada en la calle 34 con avenida 3E, entre otras.

Con la aplicación de las encuestas realizadas se evidencio que el 53,7% de los habitantes de este sector consideran que el barrio con mayor acumulación de aguas y el más afectado en la época de lluvia es el barrio chaparral ya que es donde más se presentan inconvenientes causados por no disponer de un sistema que capte y transporte las aguas lluvias y el poco mantenimiento de las estructuras existentes.

El estudio realizado es preliminar y permite concluir en general que para el óptimo manejo de las aguas lluvias en los barrios Juana paula, Chaparral y Doce de Octubre del área urbana del municipio de los Patios se recomienda realizar estudios técnicos detallados para diseñar y construir un sistema de evacuación de aguas lluvias integral que tenga en cuenta la expansion urbanística y los caudales de esorrentía, aprovechando y mejorando el sistema existente.

## 10. Recomendaciones

Aguas lluvias o aguas pluviales es un término utilizado para hacer referencia al agua que entra en el sistema de alcantarillado que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación como resultado de la lluvia, nieve, granizo, etc. Aquellas que no se filtran fluyen superficialmente y se denominan escorrentías superficiales que pueden originar problemas debido al volumen de agua, la intensidad de la escorrentía y los contaminantes potenciales que transporta.

Por ello es que se hace necesario implementar tecnologías para el aprovechamiento del agua lluvia, tecnologías que encajan muy bien dentro de los lineamientos del desarrollo sostenible, ya que estas contribuyen al uso racional del agua y los recursos. Estas nuevas tecnologías y los materiales modernos permiten que los sistemas para el aprovechamiento de agua lluvia sean factibles y estén al alcance de las comunidades donde se carece de un suministro adecuado de agua.

En Colombia es necesario tecnificar la aplicación de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia en lo que respecta al uso en viviendas, esto debido a que la mayoría de las aplicaciones realizadas son de tipo empírico sin un diseño previo que corresponda a las características ambientales de la región y a las necesidades de los usuarios, ya que del adecuado diseño y mantenimiento del sistema depende el bienestar de la población.

Debido a esto cada vez se hace más evidente el aumento de la población y con este crece más la necesidad de reurbanizar y rediseñar la infraestructura y es justamente esta tendencia la que sugiere grandes retos para los profesionales; por ello es que a continuación presento algunas ideas y recomendaciones para futuros proyectos de planeación de evacuación de aguas lluvias.

Se sugiere reconstruir un alcantarillado pluvial que evacue correctamente la gran cantidad de agua lluvia que se encuentra en las vías después de un fuerte aguacero teniendo en cuenta el crecimiento urbanístico según las proyecciones y los censos realizados por el DANE y según la capacidad de filtración del suelo después de ser erosionado.

Otra idea, es proponer a la alcaldía municipal campañas continuas de limpieza y mantenimiento en las rejillas, canaletas y en los tramos de la quebrada Juana Paula para evitar accidentes, contaminación y enfermedades futuras debido a la acumulación de basuras. Demarcar los tramos del canal y mejorar el estado en el que se encuentran los gaviones para delimitar correctamente la quebrada Juana Paula.

Además, aprovechar las calles que están sin pavimentar para que cuando llegue ese momento realizar una pavimentación teniendo en cuenta desniveles y canaletas a cada lado de la vía para ayudar a una evacuación más rápida de las aguas lluvias, es importante colocar colectores en sectores estratégicos de los barrios Juana paula, Chaparral y Doce de octubre para reducir el tiempo de evacuación de aguas lluvias sobre las vías principales.

## Referencias Bibliográficas

Addinsoft. (17 de 07 de 2018). XLSTAT. Obtenido de <https://www.xlstat.com/es/>

Addinsoft. (17 de 07 de 2018). XLSTAT. Obtenido de <https://www.xlstat.com/es/>

Álvarez, O. G., Salas N, H., & Rivera F, S. (2011). Identificación de regiones hidrológicas homogéneas mediante análisis multivariado. *Ingeniería, investigación y tecnología*.

*Analisis de cluster y Arboles de Clasificacion*. (17 de 07 de 2018). Obtenido de <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/DM/tema6dm.pdf>

ANEC. (19 de 07 de 2018). *Sistema Integral ANEC*. Obtenido de <http://siafemor.inifap.gob.mx/anec/thiessen.php?link=thiessen>

ARISTASUR. (16 de 07 de 2018). Obtenido de <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-utm>

Ayala Ibarra, L. M. (2018). Similitud Hidrológica de Cuencas en la Zona Sur de la Región Andina de Colombia. San José de Cúcuta.

Battelle. (16 de 07 de 2018). *neon*. Obtenido de <https://www.neonscience.org/raster-res-extent-pixels-r>

Cabrera, J. (s.f.). *INSTITUTO PARA LA MITIGACIÓN de los EFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO*. Obtenido de [http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas\\_interes/modhidro\\_2.pdf](http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf)

Del Trabajo de Grado. (s.f.). en Estatuto Estudiantil Universidad Francisco de Paula Santander (págs. 50-56).

esri. (16 de 07 de 2018). *ArcGis Desktop*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/>

esri. (16 de 07 de 2018). *ArcGis Resources*. Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

esri. (16 de 07 de 2018). *Learn ArcGis*. Obtenido de <https://learn.arcgis.com/es/>

esri. (s.f.). *ArcGis Pro*. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/>

FINAGRO. (16 de 07 de 2018). *Fondo de Financiamiento para el Sector Agropecuario*. Obtenido de [https://www.finagro.com.co/sites/default/files/3.\\_inventario\\_de\\_informacion.pdf](https://www.finagro.com.co/sites/default/files/3._inventario_de_informacion.pdf)

*Forta Ingenieria*. (s.f.). Obtenido de <http://fortaingenieria.com/2015/04/23/estudios-preliminares-de-un-proyecto-de-construccion/>

Garcia Reinoso, P. L., Méndez Monroy, J. F., & Zarate Jiménez, M. F. (2017). Delimitación de Regiones Hidrológicas en Colombia. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*.

IDEAM , & SiGaia. (2016 de marzo de 30). *Hidrologia Colombiana- ArcGIS*. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Gu%C3%ADa\\_POMCAs/MAPA\\_SUBZONAS\\_hidrograficas\\_COLOMBIA.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Gu%C3%ADa_POMCAs/MAPA_SUBZONAS_hidrograficas_COLOMBIA.pdf)

IDEAM. (Noviembre de 2013). *ZONIFICACIÓN HIDROGRAFICA*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/zonificacion-hidrografica>

IDEAM. (16 de 07 de 2018). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario>

IDEAM. (s.f.). DIRECCION de GESTION INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO. Recuperado el 2017

IDEAM. (s.f.). *Modelacion Hidrologica*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrologica>

IDEAM. (s.f.). *Subzonas Hidrograficas de Colombia*. Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Gu%C3%ADa\\_POMCAs/MAPA\\_SUBZONAS\\_hidrograficas\\_COLOMBIA.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Gu%C3%ADa_POMCAs/MAPA_SUBZONAS_hidrograficas_COLOMBIA.pdf)

IESO SELLA VINARIA. (16 de 07 de 2018). *Física y Química*. Obtenido de <http://eso4fyq.cellavinaria.org/temas/los-movimientos/posicin/sistema-de-referencia>

IGAC. (16 de 07 de 2018). *Adopcion del Geocentrico Nacional de Referencias MAGNA-SIRGAS como datum de Colombia*. Obtenido de [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/UserFiles/File/MAGNAWEB\\_final/documentos/adopcion.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_final/documentos/adopcion.pdf)

IGAC. (16 de 07 de 2018). *Telecentro Regional en Tecnologias Geoespaciales*. Obtenido de [http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\\_telecentro/fundamentos\\_pr-semana2/index.php?id=2](http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/fundamentos_pr-semana2/index.php?id=2)

IGAC. (16 de 07 de 2018). *Tipos de coordenadas manejados en Colombia*. Obtenido de [http://www2.igac.gov.co/igac\\_web/UserFiles/File/MAGNAWEB\\_final/documentos/tipos%20de%20coordenadas.pdf](http://www2.igac.gov.co/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_final/documentos/tipos%20de%20coordenadas.pdf)

INEGI. (16 de 07 de 2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/queesmde.aspx>

*Ingeniería Civil*. (16 de 07 de 2018). Obtenido de <http://ingecivilcusco.blogspot.com/2009/09/sistema-geodesico-mundial-1984-wgs84.html>

*INSTITUTO NACIONAL de RECURSOS NATURALES*. (s.f.). Obtenido de Autoridad Nacional del Agua: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio\\_hidrologico\\_mala\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrologico_mala_0_0.pdf)

Langlé Campos, R. (16 de 07 de 2018). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de <https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>

- MINAMBIENTE*. (s.f.). Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-de-cuencas-hidrograficas/cuenca-hidrografica>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. (s.f.). Recuperado el 2017, de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec\\_1640\\_2012.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec_1640_2012.pdf)
- Moya, R., & Invarato, R. (17 de 07 de 2018). *Jarroba*. Obtenido de <https://jarroba.com/seleccion-del-numero-optimo-clusters/>
- Puerta Testio, R., Rengifo Trigozo, J., & Bravo Morales, N. (2011). *ArcGis Basico 10*. Tingo Maria.
- Rojo, J. (s.f.). *Julian Rojo*. Obtenido de <http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/morfometria.pdf>
- Sawicz, K. A. (2009). *Catchment Classification: An Empirical Analisis of Hydrologic Similarity*. The Pennsylvania State University.
- Sawicz, K. A. (2013). *CATCHMENT CLASSIFICATION UNDERSTANDING HYDROLOGIC SIMILARITY*. The Pennsylvania State University.
- Sawicz, K. A., Kelleher , C., Wagener, T., Troch, P., Sivapalan, M., & Carrillo, G. (2014). Characterizing hydrologic change through catchment classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(1), 273-285.
- Serrano, C., Tamayo, D., Figuero, D., & Silvestre, J. (26 de 01 de 2017). *Hidrologia. Instrumentos de medicion*.
- Taborton, D. (16 de 07 de 2018). *Hidrology Resourch Group*. Obtenido de <http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/index.html>

Vallego Huanga, D. F. (17 de 07 de 2018). *Clustering de documentos con restricciones de tamaño*.

Obtenido de <http://mugi.webs.upv.es/wp-content/uploads/2016/11/TFM-Diego-Vallejo-MUGI.pdf>

Wagener, T., Sivapalan, M., Troch, P., & Woods, R. (2007). Catchment classification and hydrologic similarity. *Geography Compass*, 1(4), 901-931.

*wikipedia la enciclopedia libre*. (s.f.). Recuperado el 13 de 05 de 2017, de Cuenca Hidrografica:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca\\_hidrogr%C3%A1fica](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica)

*Wikipedia la enciclopedia libre*. (s.f.). Obtenido de Variables Hidrometeorológicas:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Variables\\_hidrometeorol%C3%B3gicas](https://es.wikipedia.org/wiki/Variables_hidrometeorol%C3%B3gicas)

Yaselli, M. B. (20 de Abril de 2011). de *la Naturaleza de los Trabajos de Grado: Tipos de Investigación*. Obtenido de [http://educapuntos.blogspot.com.co/2011/04/modalidad-tipo-](http://educapuntos.blogspot.com.co/2011/04/modalidad-tipo-y-diseno-de-la.html)

[y-diseno-de-la.html](http://educapuntos.blogspot.com.co/2011/04/modalidad-tipo-y-diseno-de-la.html)

INSTITUTO de HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM).

“Estudio Nacional del Agua” –ENA-. Bogotá, D.C., 2000.

Análisis de cluster y Arboles de Clasificación. (17 de 07 de 2018). Obtenido de

<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/DM/tema6dm.pdf>

ANEC. (19 de 07 de 2018). Sistema Integral ANEC. Obtenido de

<http://siafemor.inifap.gob.mx/anec/thiessen.php?link=thiessen>

ARISTASUR. (16 de 07 de 2018). Obtenido de <https://www.aristasur.com/contenido/sistema-de-coordenadas-geograficas-utm>

Battelle. (16 de 07 de 2018). neon. Obtenido de <https://www.neonscience.org/raster-res-extent-pixels-r>

Cabrera, J. (s.f.). INSTITUTO PARA LA MITIGACIÓN de los EFECTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO. Obtenido de

Camargo Ramírez, Edgar. Lozada Chamarro Jonathan (2018) Diseño de sistema urbano de drenaje sostenible en Bogotá, calle 127 con autopista norte. Bogotá. Universidad católica de Colombia.

Del Trabajo de Grado. (s.f.). en Estatuto Estudiantil Universidad Francisco de Paula Santander (págs. 50-56).

DEVELOPMENT TECHNOLOGY UNIT, “Low Cost Storage for Domestic Roofwater Harvesting”, School of Engineering University of Warwick. Inglaterra

esri. (16 de 07 de 2018). ArcGis Desktop. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/>

esri. (16 de 07 de 2018). ArcGis Resources. Obtenido de

esri. (16 de 07 de 2018). Learn ArcGis. Obtenido de <https://learn.arcgis.com/es/>

esri. (s.f.). ArcGis Pro. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/>

Estrada Sánchez, Deisy. Jaimes quintero, Astrid Silene (2017) evaluar y optimizar el manejo de las aguas lluvias de la avenida 11e entre la calle 4 norte y el canal Bogotá, en la ciudad de San José de Cúcuta.

FAO, Oficina Regional de la FAO para América Latina, “Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia Experiencias en América Latina, Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N.º 13”. Chile, 2000.

FINAGRO. (16 de 07 de 2018). Fondo de Financiamiento para el Sector Agropecuario. Obtenido de [https://www.finagro.com.co/sites/default/files/3.\\_inventario\\_de\\_informacion.pdf](https://www.finagro.com.co/sites/default/files/3._inventario_de_informacion.pdf)

Geoportal Análisis Estadístico. <https://geoportal.dane.gov.co/analisisestadistico.html>

GNADLINGER, Johann, “Rainwater Harvesting in Rural Areas”. Marzo de 2000. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME –UNEP-, “Rainwater Harvesting and Utilisation”, International Environmental Technology Centre. Newsletter and Technical Publications. 2000

<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

[http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas\\_interes/modhidro\\_2.pdf](http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_2.pdf)

<http://www.rainwaterclub.org>. Página de Internet de un grupo de ingenieros y arquitectos de que estudian y promueven los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Bangalore India, 2004

LAUREANO, Pietro, “Traditional Techniques of Water Management to Fight Against Desertification”.2002

MANUAL de DRENAJE PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 2009

Molina, M. (2011). Sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS para el plan de ordenamiento zonal Norte POZN. Bogotá: Secretaria Distrital de Ambiente. Documento Soporte presentado por la Subdirección de Eco urbanismo y Gestión Ambiental Empresarial Segae.

THOMAS, Terry y REES, Dai, “Roofwater Catchment for the Rural Poor”, Development Technology Unit, Warwick University. Inglaterra

Universidad Francisco de Paula Santander. Biblioteca Eduardo Cote Lemus.

Universidad Francisco de Paula Santander. Estatuto estudiantil. Acuerdo035, 26 de agosto de 1996  
Cúcuta, Norte de Santander.

**Anexos**

Anexo 1. Formato encuesta

**ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LOS BARRIOS JUANA PAULA, DOCE DE OCTUBRE Y CHAPARRAL DEL MUNICIPIO DE LOS PATIOS Y SU RELACIÓN ENTRE LA EXPANSIÓN URBANÍSTICA Y LOS CAUDALES DE ESCORRENTÍA DESDE SU FUNDACIÓN HASTA LA FECHA**

Nombre: \_\_\_\_\_

Barrio: \_\_\_\_\_

Objetivo: El instrumento que tiene en sus manos se realiza con el fin de adquirir información que sea útil para determinar la percepción que tienen los habitantes de este sector acerca del efecto producido por las aguas lluvias.

Agradezco responder cada una de las siguientes preguntas, estas son de gran ayuda para la elaboración de dicho estudio.

- I. ¿Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias?
  1. 12 de octubre
  2. Chaparral
  3. Juana paula
  4. Nuevas urbanizaciones
  
- II. ¿En qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?
  1. Excelente
  2. Bueno
  3. Regular
  4. Malo
  
- III. ¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años?
  1. Nula
  2. Mínima
  3. Óptima
  4. No se
  
- IV. Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector:
  1. Ha aumentado la acumulación de aguas lluvias
  2. Ha disminuido la acumulación de aguas lluvias
  3. No ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias
  
- V. Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector:
  1. Si
  2. No
 Mencione uno: \_\_\_\_\_
  
- VI. Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector.
  1. Si
  2. No
 ¿Con que frecuencia se realizan estas actividades? \_\_\_\_\_
  
- VII. ¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumularon en este sector?
  1. De 30 minutos a 1 hora
  2. 3 horas a 6 horas
  3. Menos de 12 horas
  4. Mas de 24 horas
  
- VIII. ¿En qué trimestre del año llueve con más frecuencia?
  1. Primer trimestre del año
  2. Segundo trimestre del año
  3. Tercer trimestre del año
  4. Cuarto trimestre del año
  
- IX. ¿Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?
  1. Si
  2. No
 ¿Por qué?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
  
- X. ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector?
  1. Un sistema que en conjunto transporta aguas residuales y aguas lluvias
  2. un sistema que separ por completo el agua lluvia del alcantarillado sanitario
  3. No sé.

ENERO 2021  
 WILSON GERARDO PARADA RIVERA  
 CODIGO: 1112937  
 ESTUDIANTE INGENIERIA CIVIL

*Anexo 2. Análisis de Fiabilidad Barrio 12 octubre*

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	109	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	109	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,817	,863	10

## Estadísticas de elemento de resumen

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo / Mínimo	Varianza	N de elementos
Medias de elemento	2,058	1,495	2,688	1,193	1,798	,237	10
Varianzas de elemento	,879	,201	1,461	1,260	7,258	,268	10
Covariables entre elementos	,271	-,118	,897	1,015	-7,610	,039	10
Correlaciones entre elementos	,386	-,133	,798	,931	-6,020	,040	10

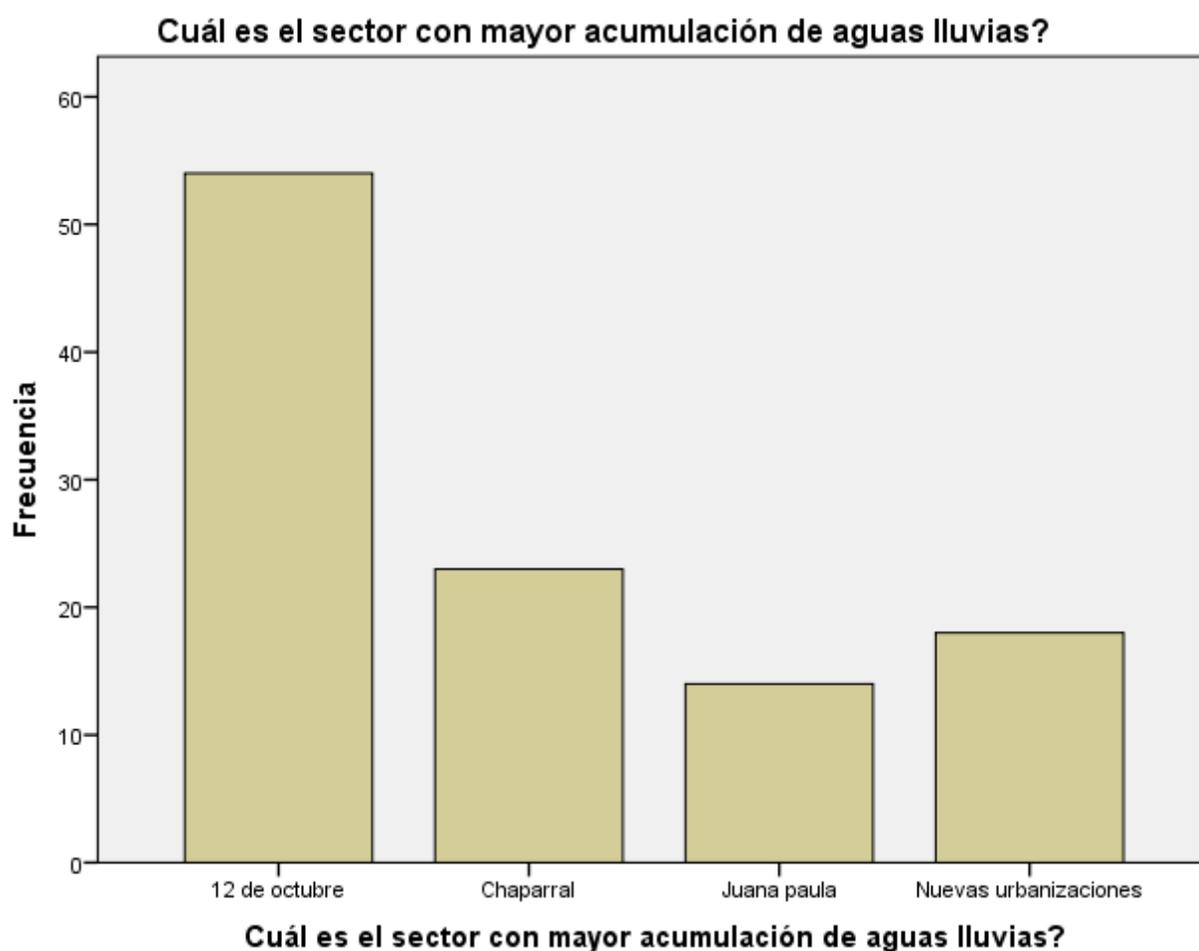
## Estadísticas de escala

Media	Varianza	Desviación estándar	N de elementos
20,5780	33,154	5,75791	10



¿Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias?

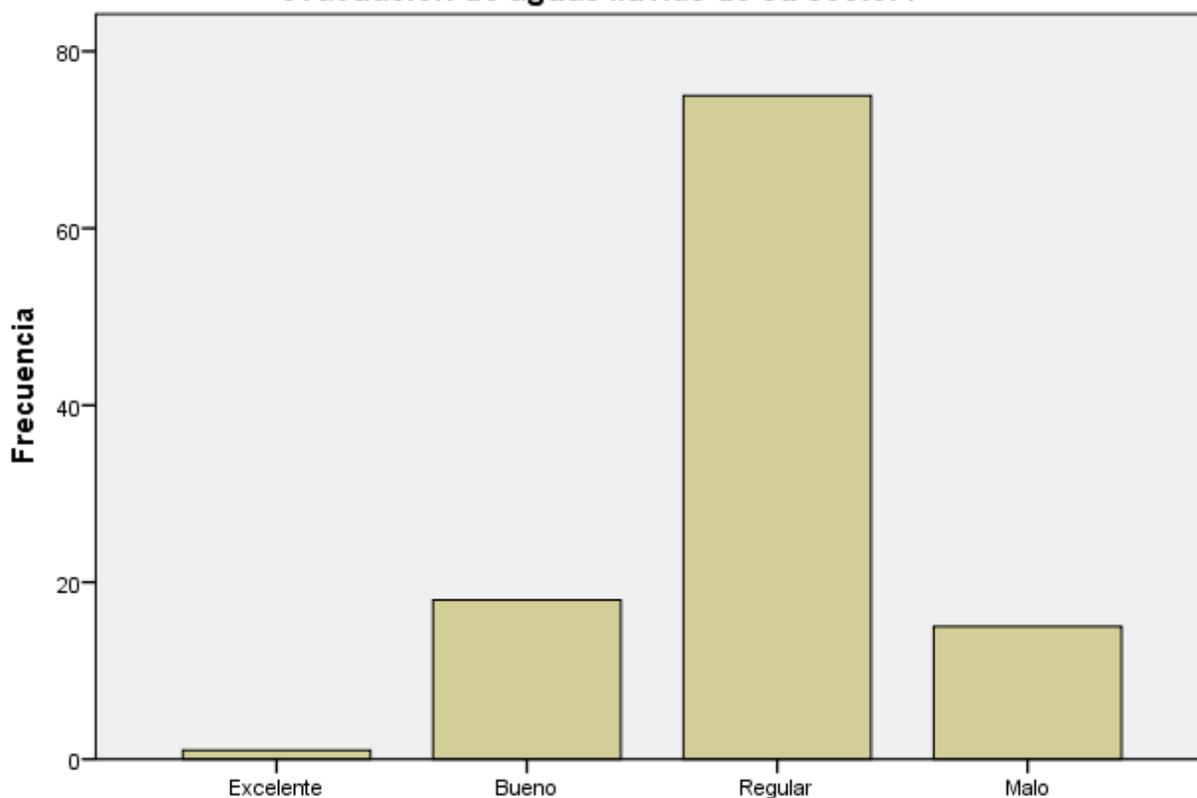
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 12 de octubre	54	49,5	49,5	49,5
Chaparral	23	21,1	21,1	70,6
Juana paula	14	12,8	12,8	83,5
Nuevas urbanizaciones	18	16,5	16,5	100,0
Total	109	100,0	100,0	



¿ en qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Excelente	1	,9	,9	,9
Bueno	18	16,5	16,5	17,4
Regular	75	68,8	68,8	86,2
Malo	15	13,8	13,8	100,0
Total	109	100,0	100,0	

¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

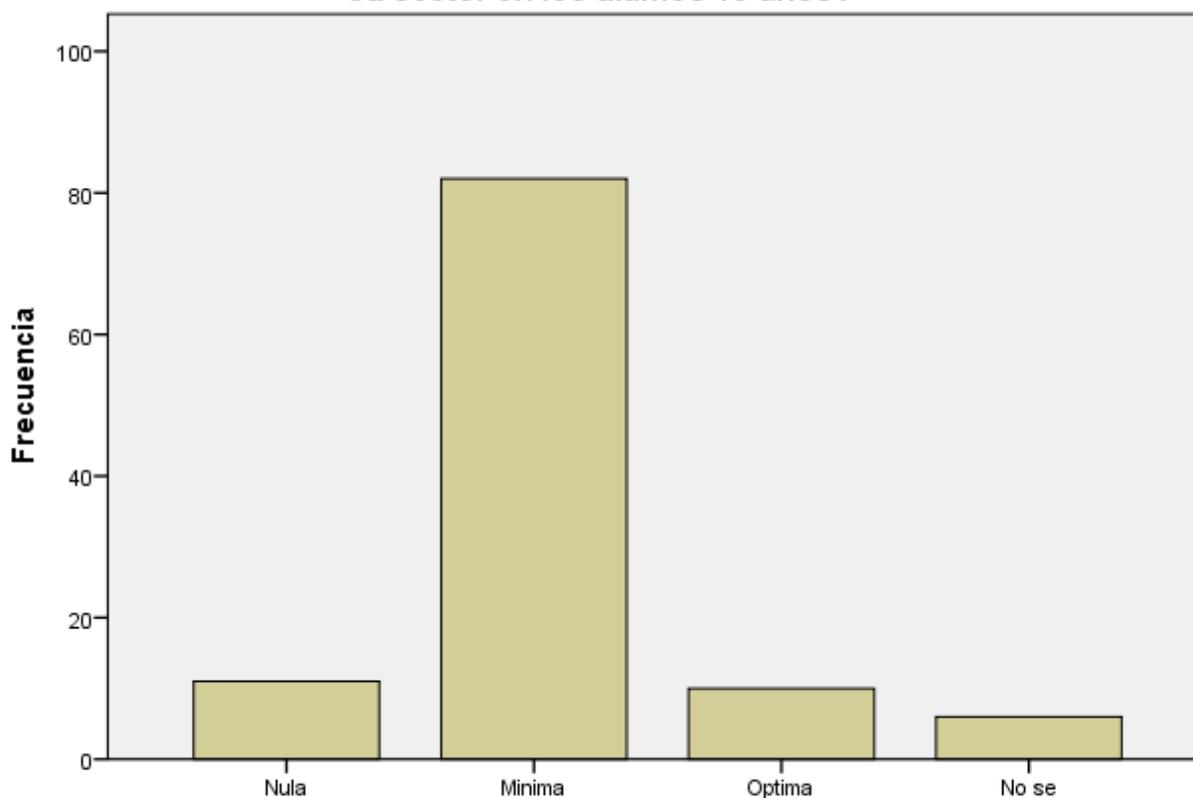


¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Nula	11	10,1	10,1	10,1
Mínima	82	75,2	75,2	85,3
Optima	10	9,2	9,2	94,5
No se	6	5,5	5,5	100,0
Total	109	100,0	100,0	

¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?

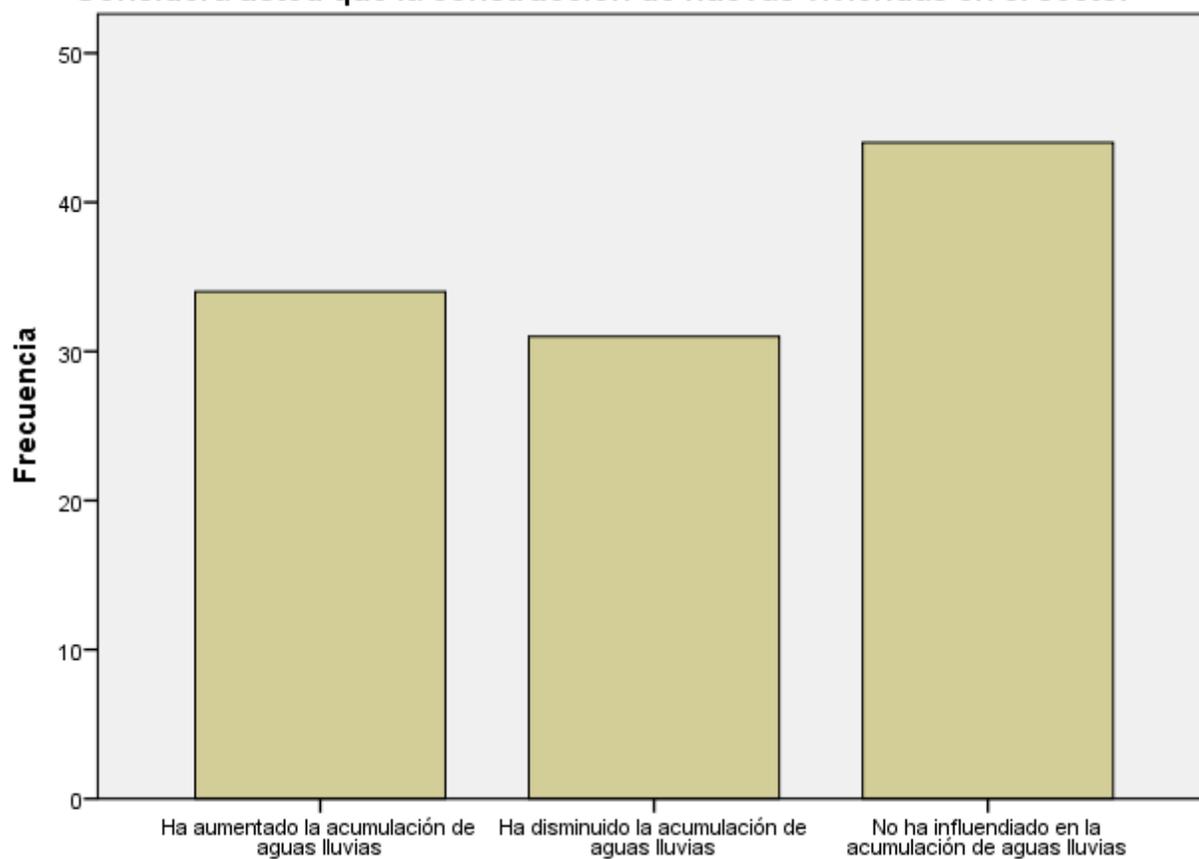


¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?

Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Ha aumentado la acumulación de aguas lluvias	34	31,2	31,2	31,2
	Ha disminuido la acumulación de aguas lluvias	31	28,4	28,4	59,6
	No ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias	44	40,4	40,4	100,0
	Total	109	100,0	100,0	

Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector

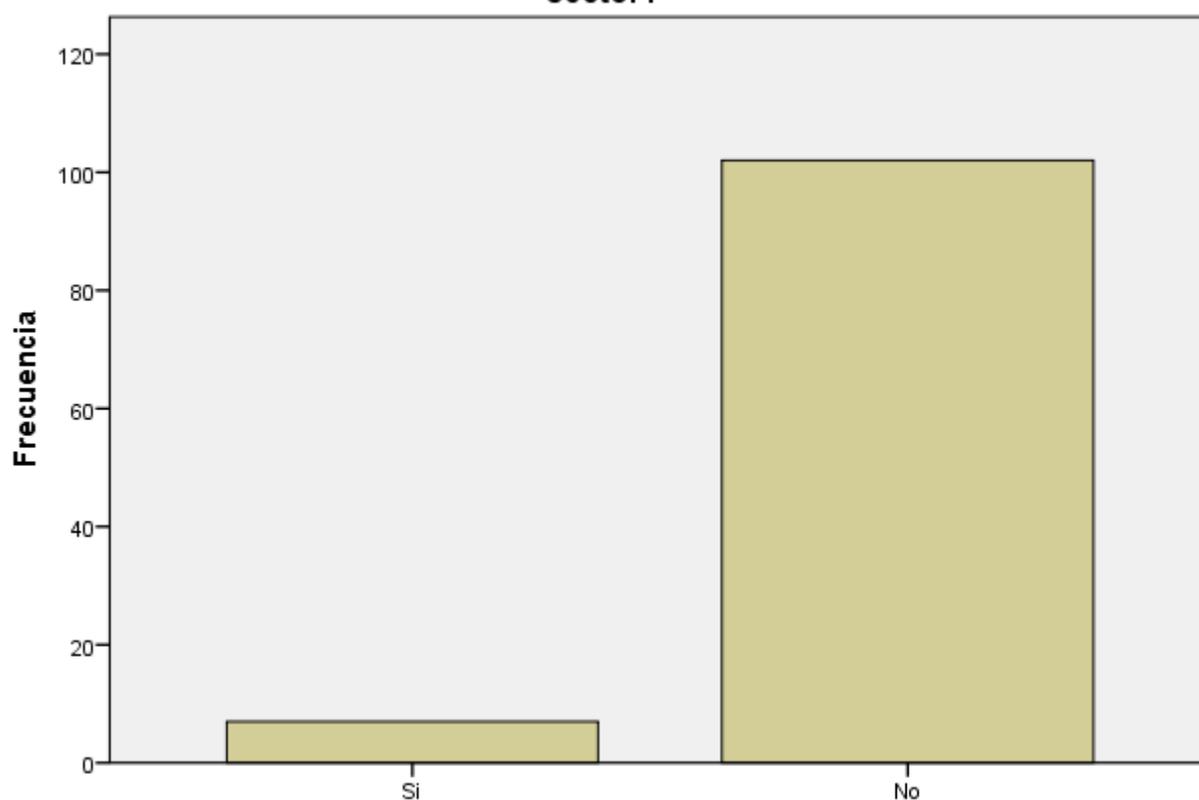


Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector

¿Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	7	6,4	6,4	6,4
No	102	93,6	93,6	100,0
Total	109	100,0	100,0	

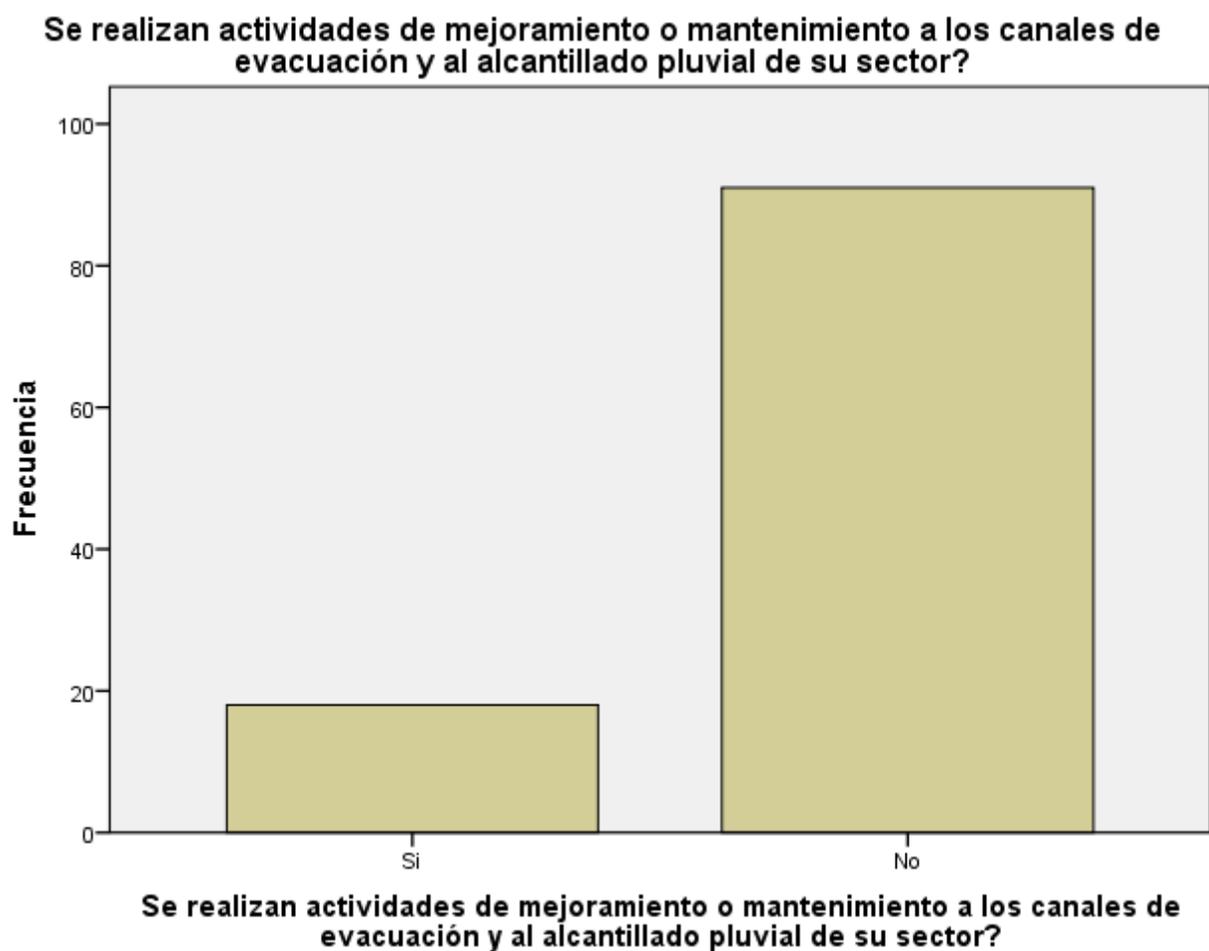
**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**



**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**

¿Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?

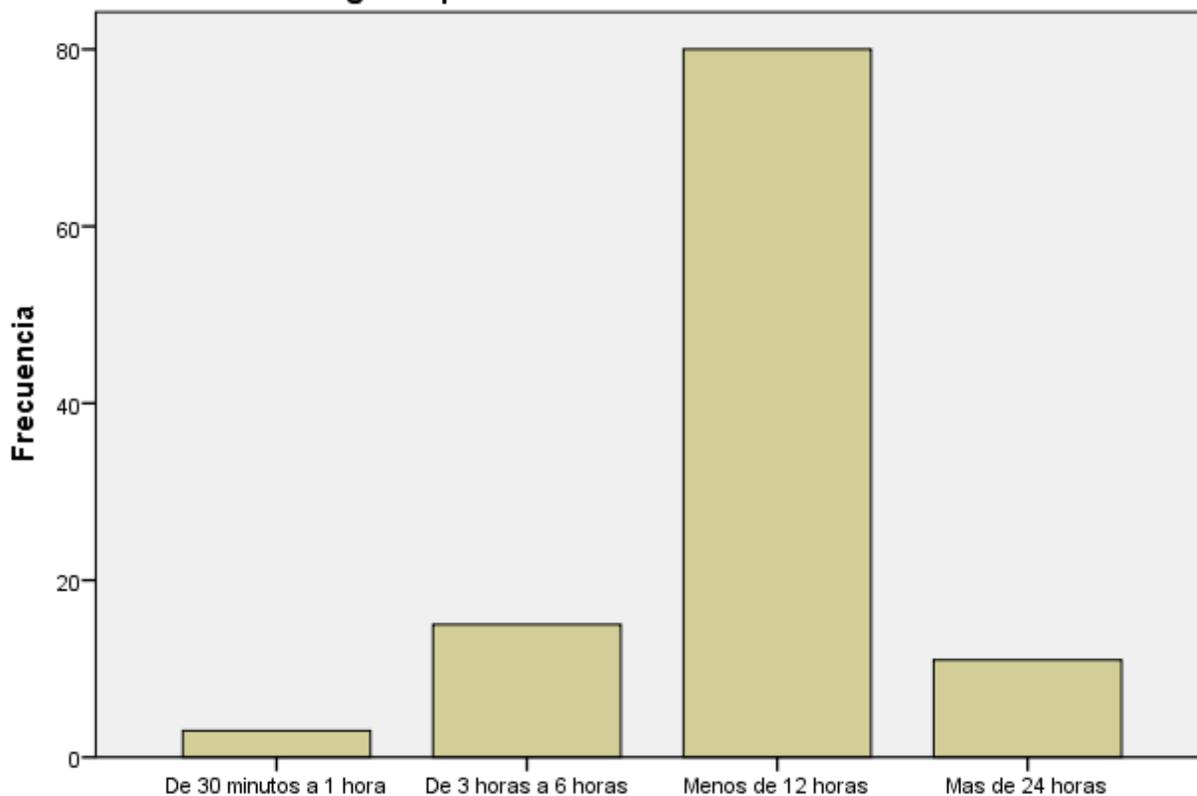
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	18	16,5	16,5	16,5
No	91	83,5	83,5	100,0
Total	109	100,0	100,0	



¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido De 30 minutos a 1 hora	3	2,8	2,8	2,8
De 3 horas a 6 horas	15	13,8	13,8	16,5
Menos de 12 horas	80	73,4	73,4	89,9
Mas de 24 horas	11	10,1	10,1	100,0
Total	109	100,0	100,0	

¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?



¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

¿En qué trimestre del año llueve con más frecuencia?

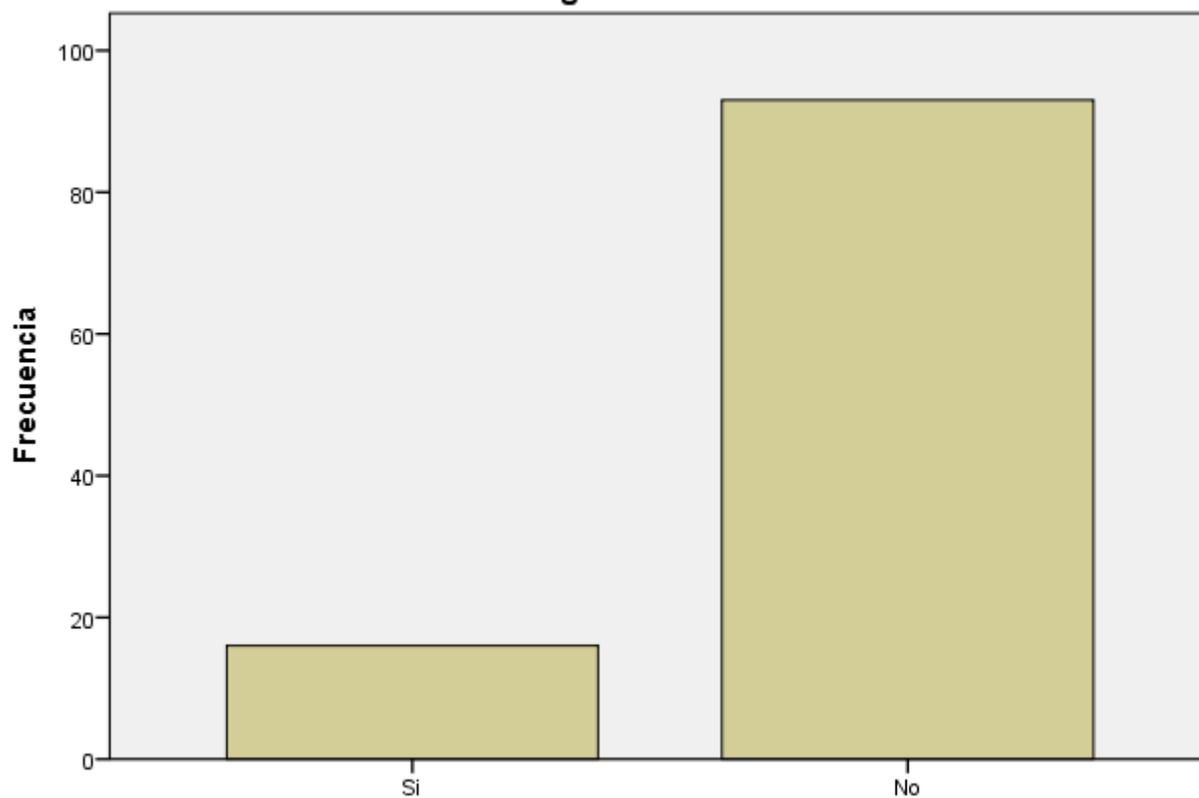
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Primer trimestre del año	4	3,7	3,7	3,7
Segundo trimestre del año	24	22,0	22,0	25,7
Tercer trimestre del año	53	48,6	48,6	74,3
Cuarto trimestre del año	28	25,7	25,7	100,0
Total	109	100,0	100,0	



¿Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	16	14,7	14,7	14,7
No	93	85,3	85,3	100,0
Total	109	100,0	100,0	

**Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?**

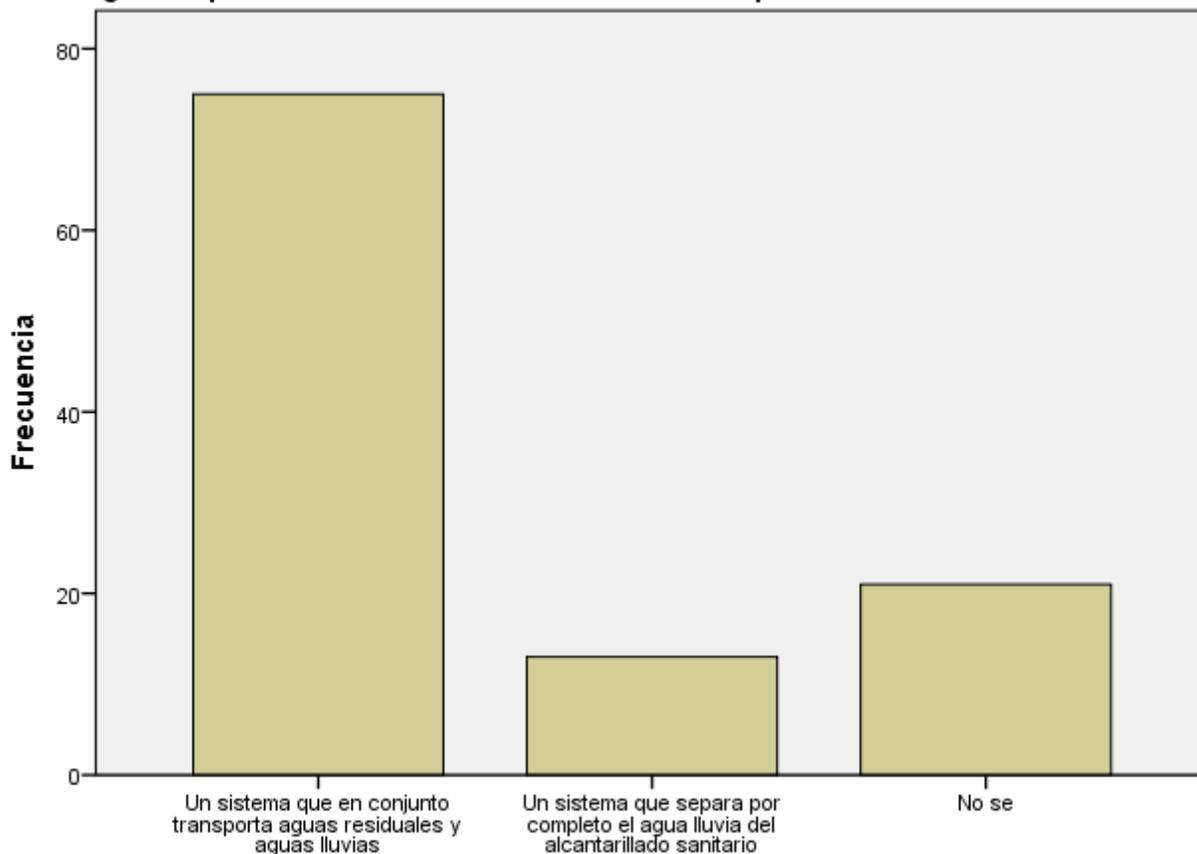


**Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?**

¿Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Un sistema que en conjunto transporta aguas residuales y aguas lluvias	75	68,8	68,8	68,8
Un sistema que separa por completo el agua lluvia del alcantarillado sanitario	13	11,9	11,9	80,7
No se	21	19,3	19,3	100,0
Total	109	100,0	100,0	

¿Que tipo de sistema de alcantarillado esta presente en su sector?



¿Que tipo de sistema de alcantarillado esta presente en su sector?

Anexo 4. Análisis de Fiabilidad Barrio chaparral

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	108	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	108	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,830	,867	10

Estadísticas de elemento de resumen

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo / Mínimo	Varianza	N de elementos
Medias de elemento	2,023	1,500	2,500	1,000	1,667	,183	10
Varianzas de elemento	,812	,248	1,376	1,127	5,544	,209	10
Covariables entre elementos	,267	-,062	1,056	1,118	-17,165	,052	10
Correlaciones entre elementos	,394	-,062	,878	,940	-14,165	,067	10

Estadísticas de escala

Media	Varianza	Desviación estándar	N de elementos
20,23	32,105	5,666	10



¿Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias?

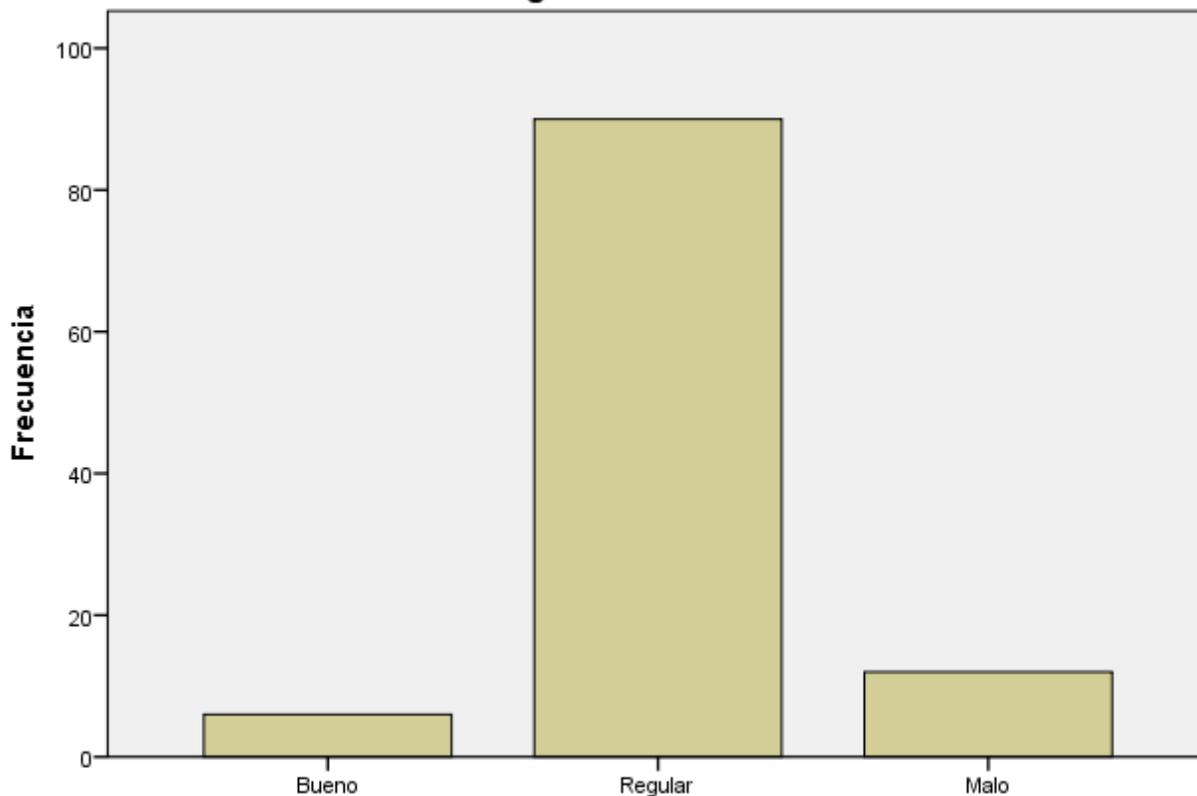
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 12 de octubre	21	19,4	19,4	19,4
Chaparral	58	53,7	53,7	73,1
Juana paula	16	14,8	14,8	88,0
Nuevas urbanizaciones	13	12,0	12,0	100,0
Total	108	100,0	100,0	



¿ en qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Bueno	6	5,6	5,6	5,6
Regular	90	83,3	83,3	88,9
Malo	12	11,1	11,1	100,0
Total	108	100,0	100,0	

¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

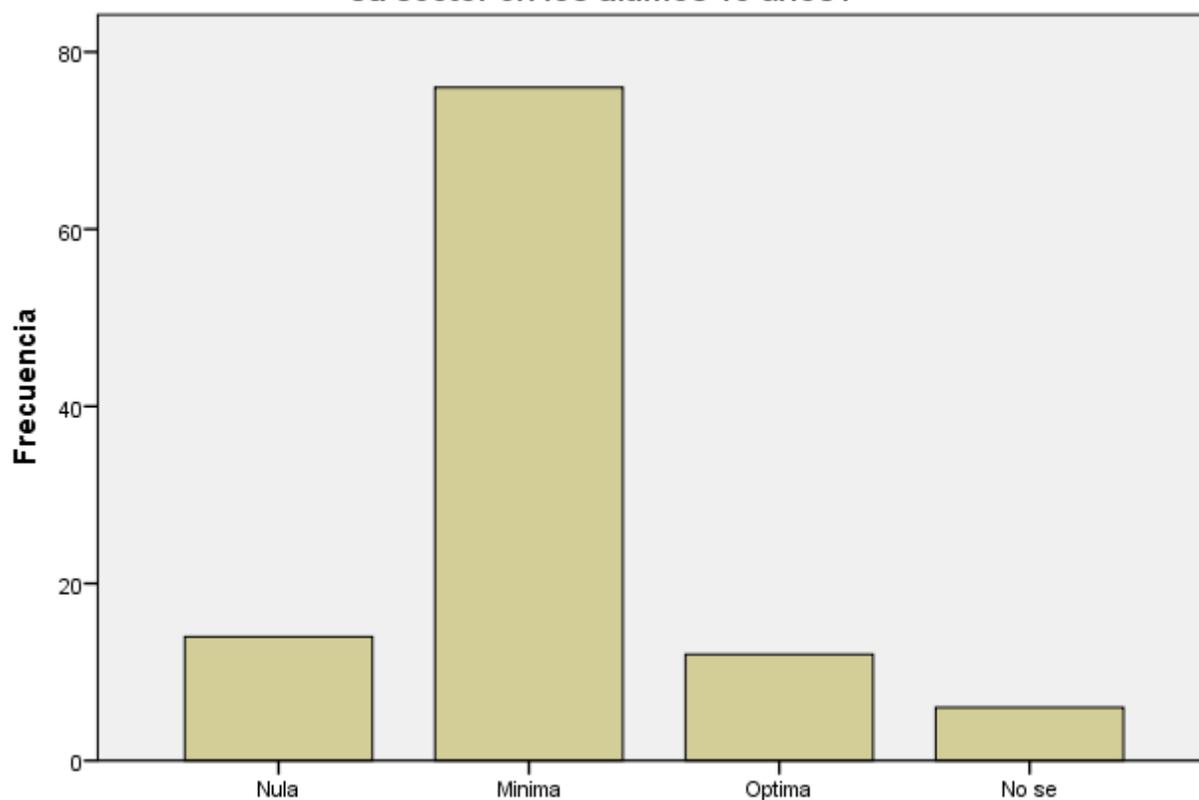


¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Nula	14	13,0	13,0	13,0
Minima	76	70,4	70,4	83,3
Optima	12	11,1	11,1	94,4
No se	6	5,6	5,6	100,0
Total	108	100,0	100,0	

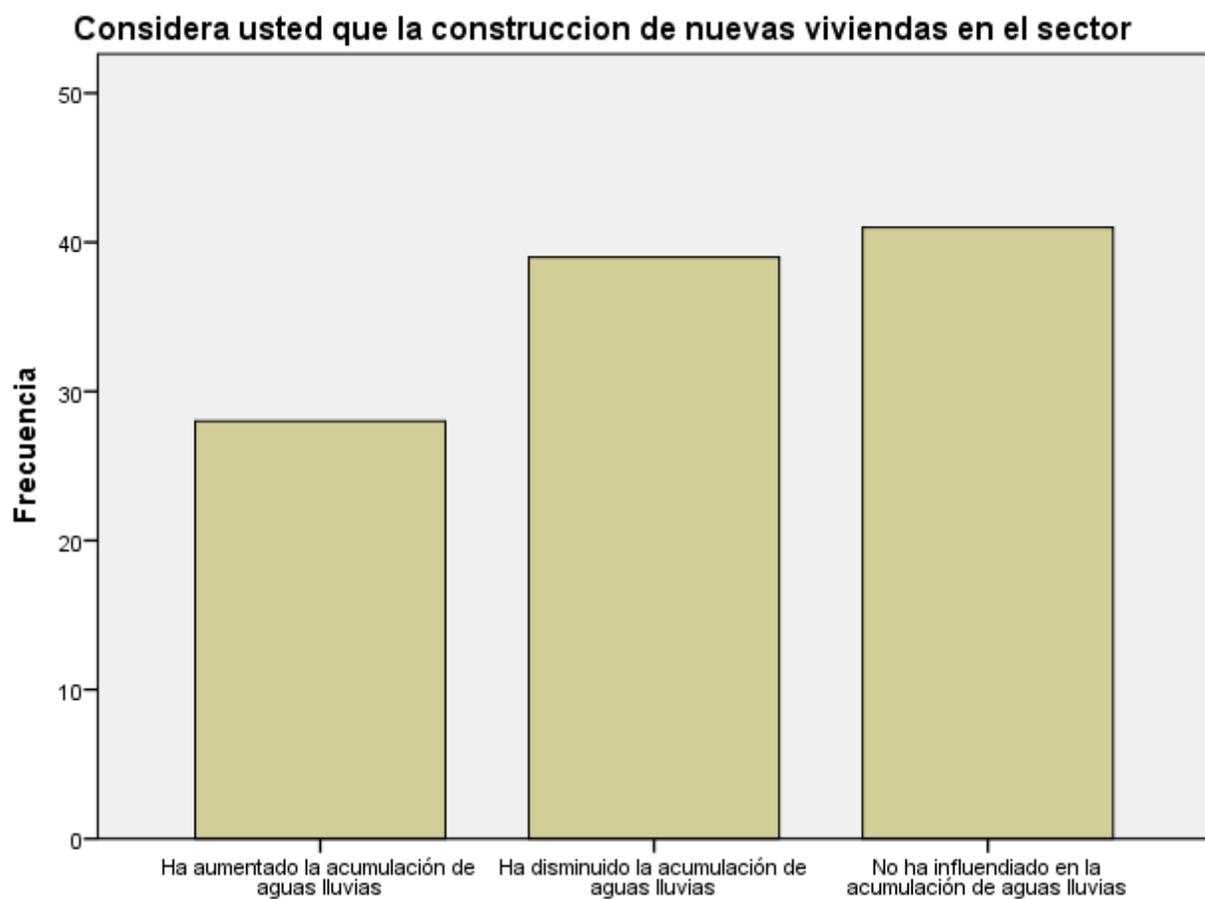
¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?



¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?

Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Ha aumentado la acumulación de aguas lluvias	28	25,9	25,9	25,9
Ha disminuido la acumulación de aguas lluvias	39	36,1	36,1	62,0
No ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias	41	38,0	38,0	100,0
Total	108	100,0	100,0	

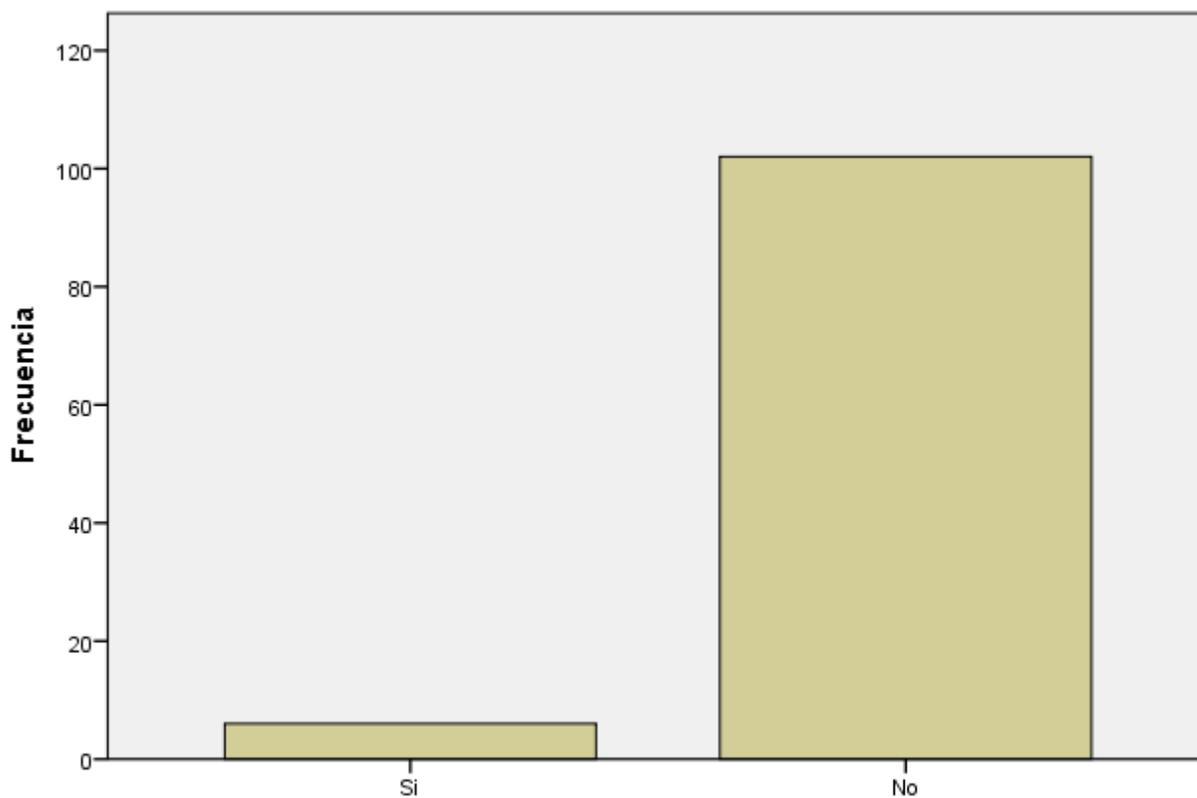


**Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector**

¿Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	6	5,6	5,6	5,6
No	102	94,4	94,4	100,0
Total	108	100,0	100,0	

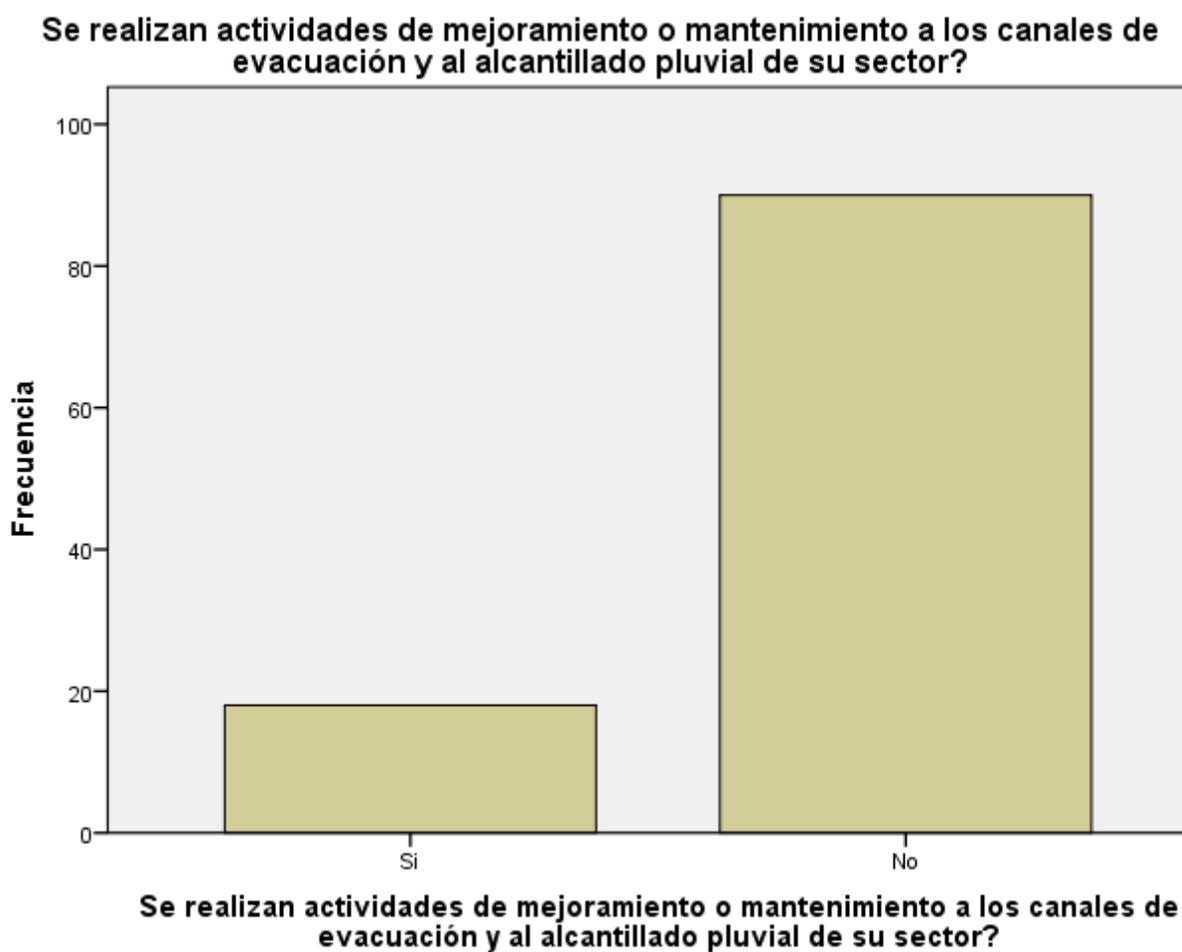
**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**



**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**

¿Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?

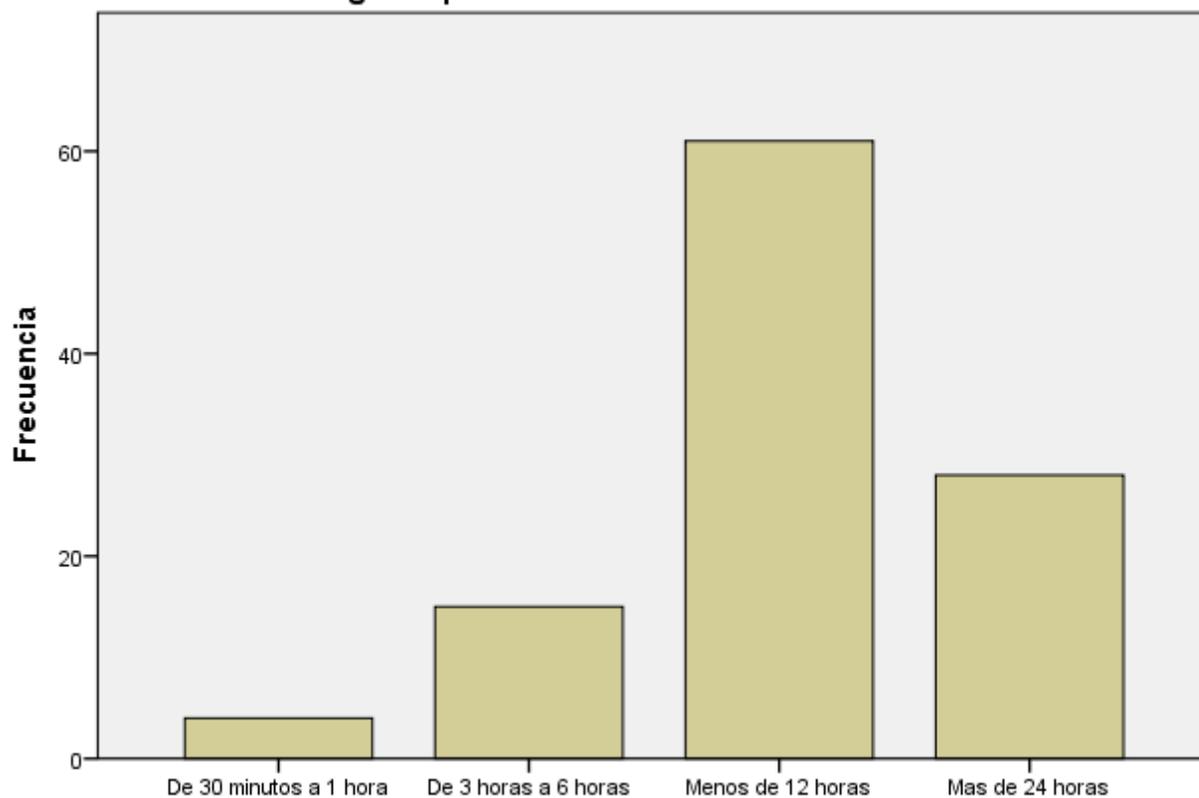
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	18	16,7	16,7	16,7
	No	90	83,3	83,3	100,0
	Total	108	100,0	100,0	



¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido De 30 minutos a 1 hora	4	3,7	3,7	3,7
De 3 horas a 6 horas	15	13,9	13,9	17,6
Menos de 12 horas	61	56,5	56,5	74,1
Mas de 24 horas	28	25,9	25,9	100,0
Total	108	100,0	100,0	

¿Despues de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?



¿Despues de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

¿En qué trimestre del año llueve con más frecuencia?

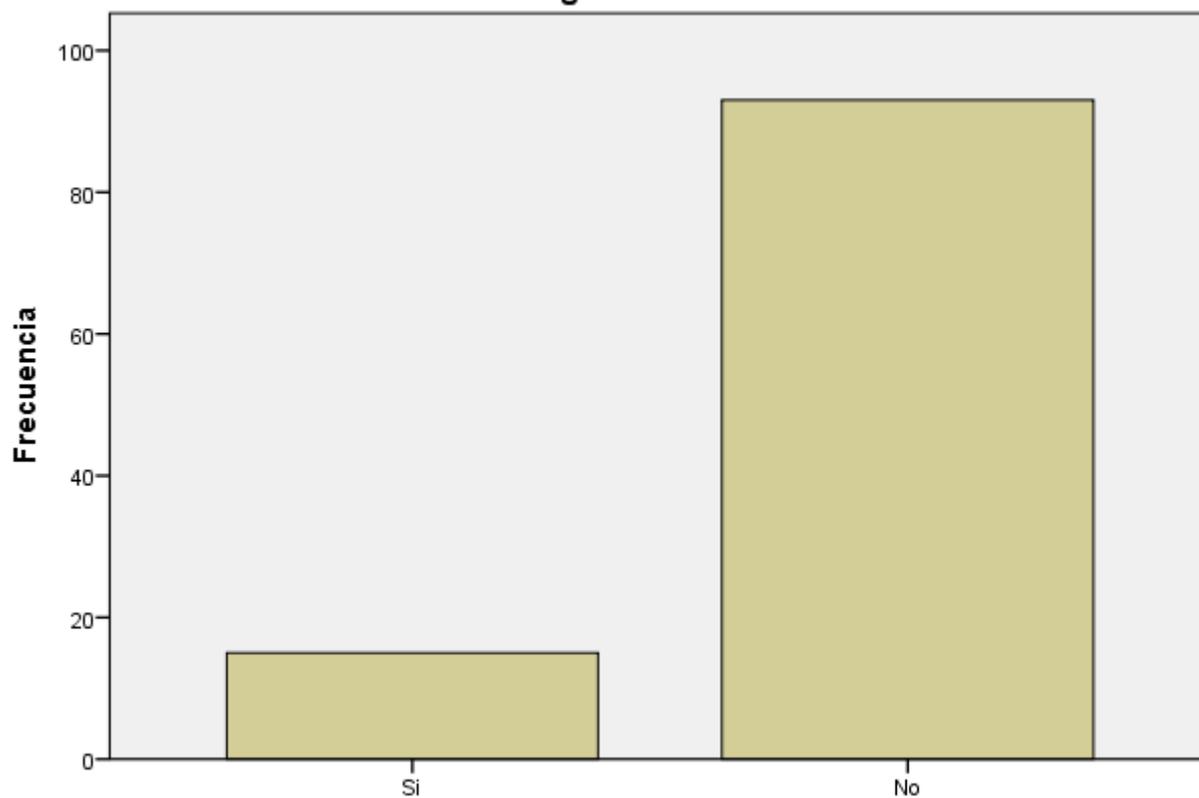
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Primer trimestre del año	4	3,7	3,7	3,7
Segundo trimestre del año	23	21,3	21,3	25,0
Tercer trimestre del año	58	53,7	53,7	78,7
Cuarto trimestre del año	23	21,3	21,3	100,0
Total	108	100,0	100,0	



¿Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	15	13,9	13,9	13,9
No	93	86,1	86,1	100,0
Total	108	100,0	100,0	

**Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?**

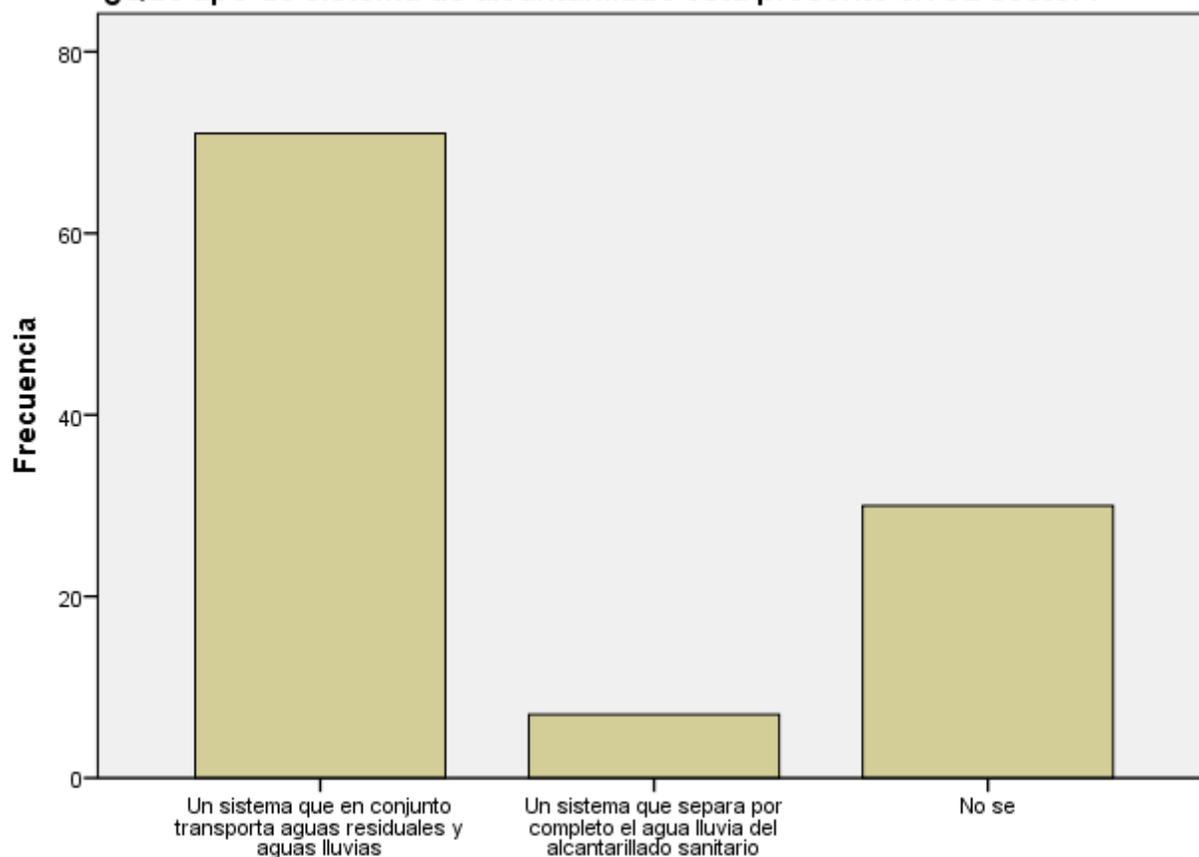


**Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?**

¿Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Un sistema que en conjunto transporta aguas residuales y aguas lluvias	71	65,7	65,7	65,7
Un sistema que separa por completo el agua lluvia del alcantarillado sanitario	7	6,5	6,5	72,2
No se	30	27,8	27,8	100,0
Total	108	100,0	100,0	

¿Que tipo de sistema de alcantarillado esta presente en su sector?



¿Que tipo de sistema de alcantarillado esta presente en su sector?

Anexo 6. Análisis de Fiabilidad barrio Juana paula

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	81	100,0
	Excluido	0	,0
	Total	81	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,806	,827	10

Estadísticas de elemento de resumen

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo / Mínimo	Varianza	N de elementos
Medias de elemento	2,065	1,494	2,519	1,025	1,686	,201	10
Varianzas de elemento	,806	,244	1,278	1,033	5,227	,196	10
Covariables entre elementos	,237	,032	,950	,919	30,034	,029	10
Correlaciones entre elementos	,324	,064	,784	,720	12,286	,026	10

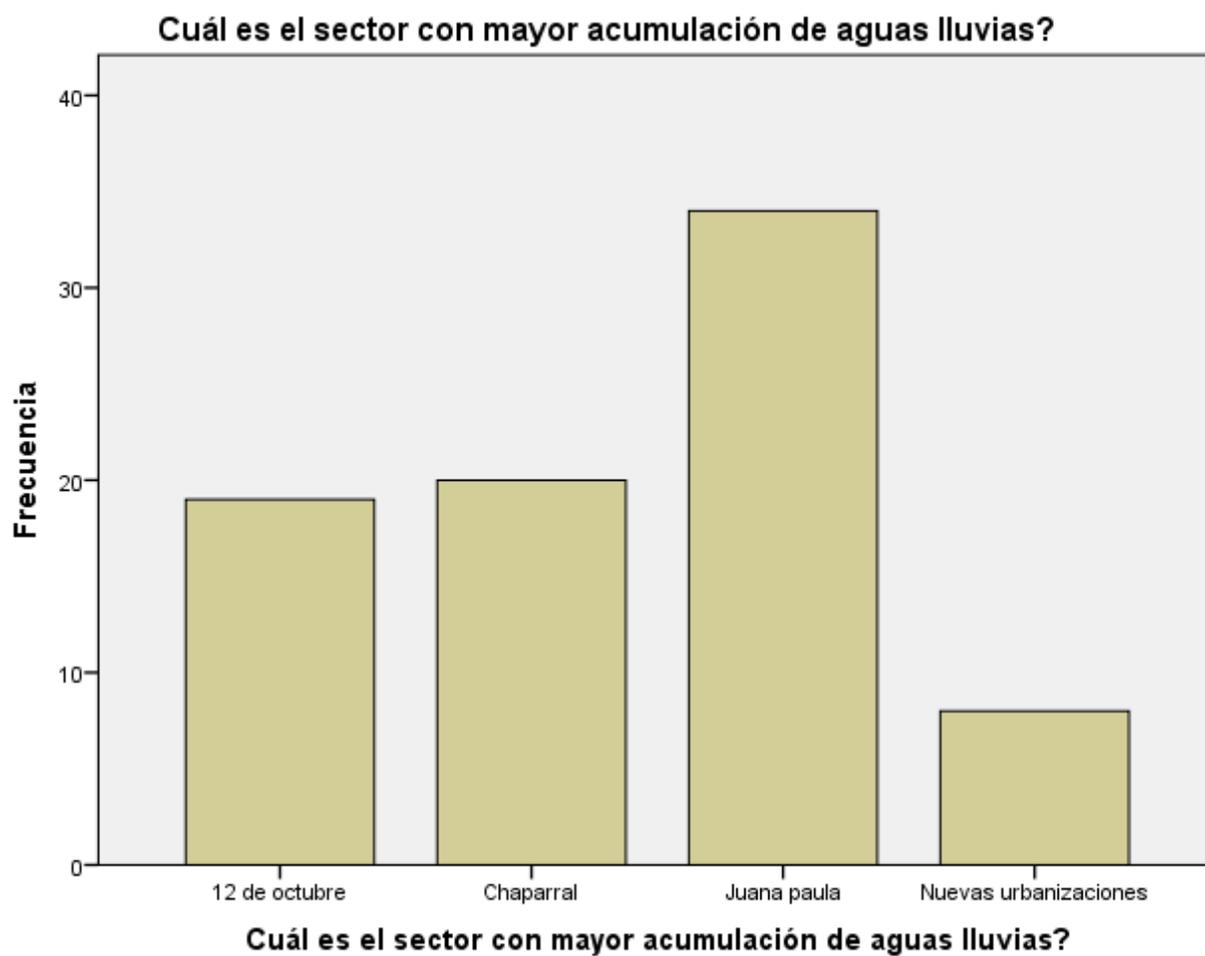
Estadísticas de escala

Media	Varianza	Desviación estándar	N de elementos
20,65	29,379	5,420	10



¿Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias?

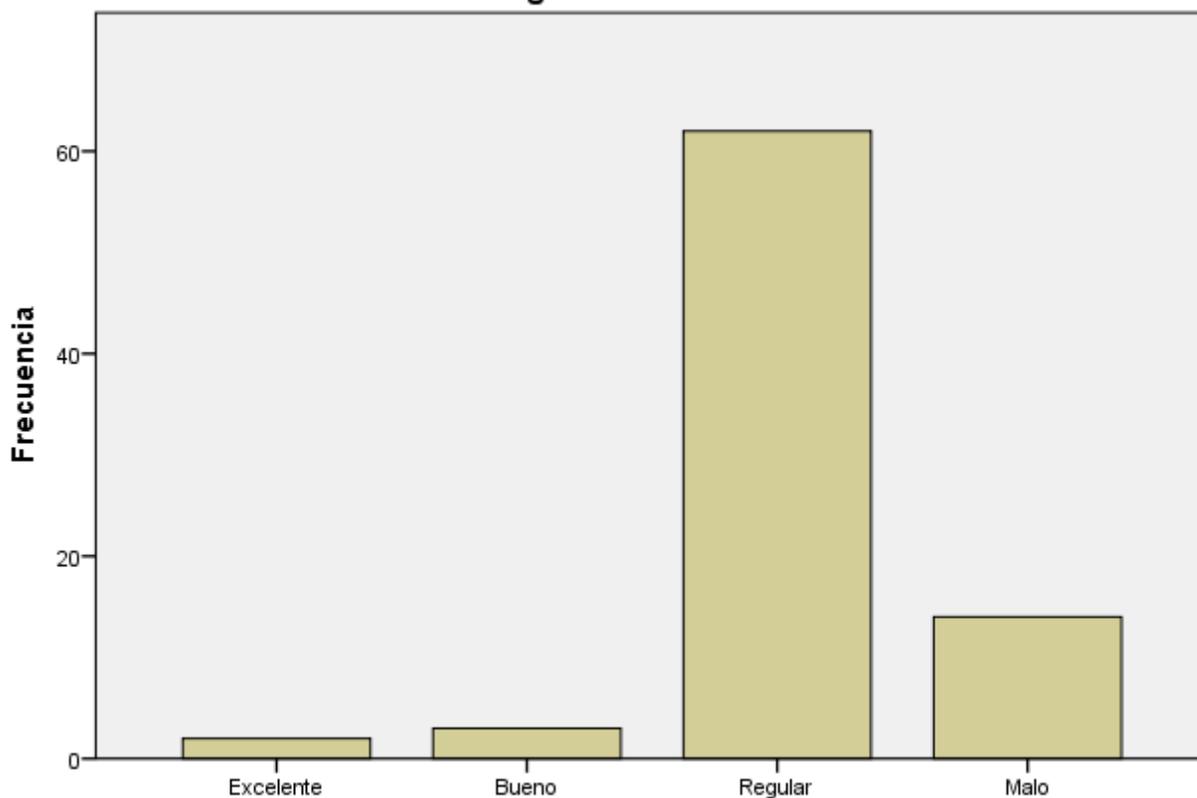
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 12 de octubre	19	23,5	23,5	23,5
Chaparral	20	24,7	24,7	48,1
Juana paula	34	42,0	42,0	90,1
Nuevas urbanizaciones	8	9,9	9,9	100,0
Total	81	100,0	100,0	



¿En qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Excelente	2	2,5	2,5	2,5
	Bueno	3	3,7	3,7	6,2
	Regular	62	76,5	76,5	82,7
	Malo	14	17,3	17,3	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

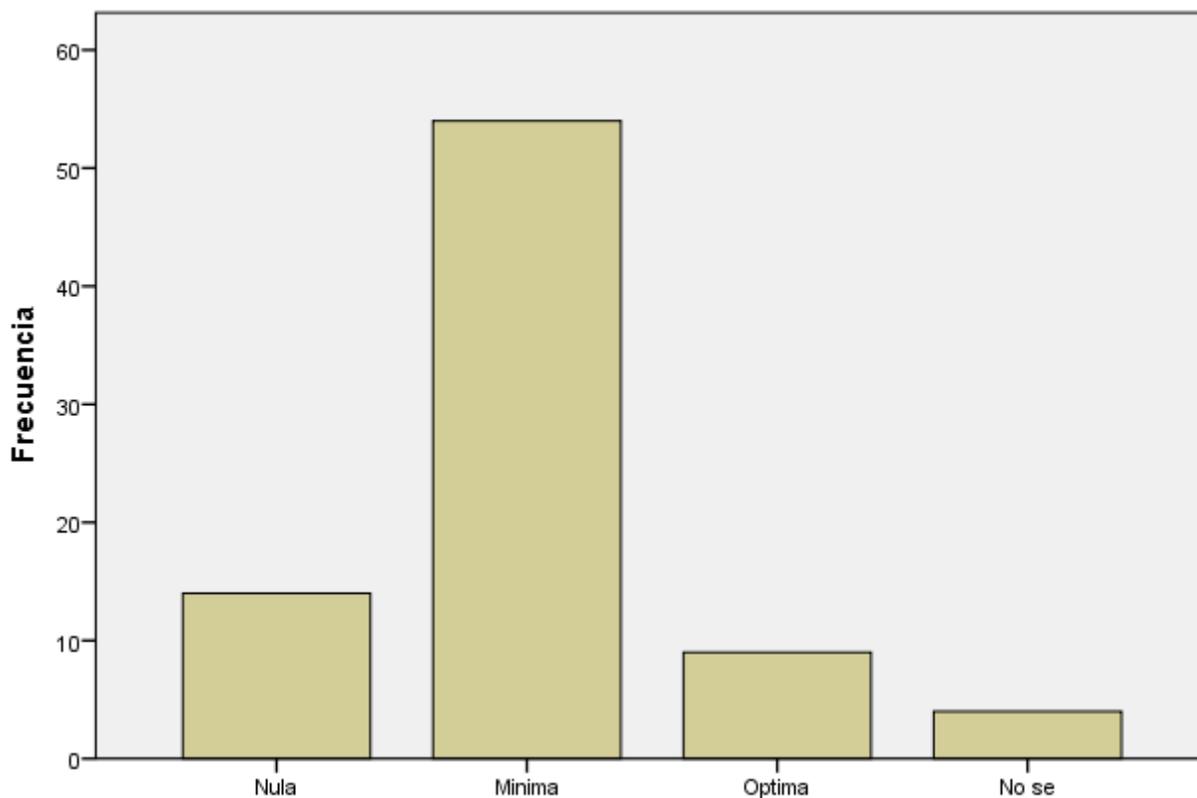


¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Nula	14	17,3	17,3	17,3
Minima	54	66,7	66,7	84,0
Optima	9	11,1	11,1	95,1
No se	4	4,9	4,9	100,0
Total	81	100,0	100,0	

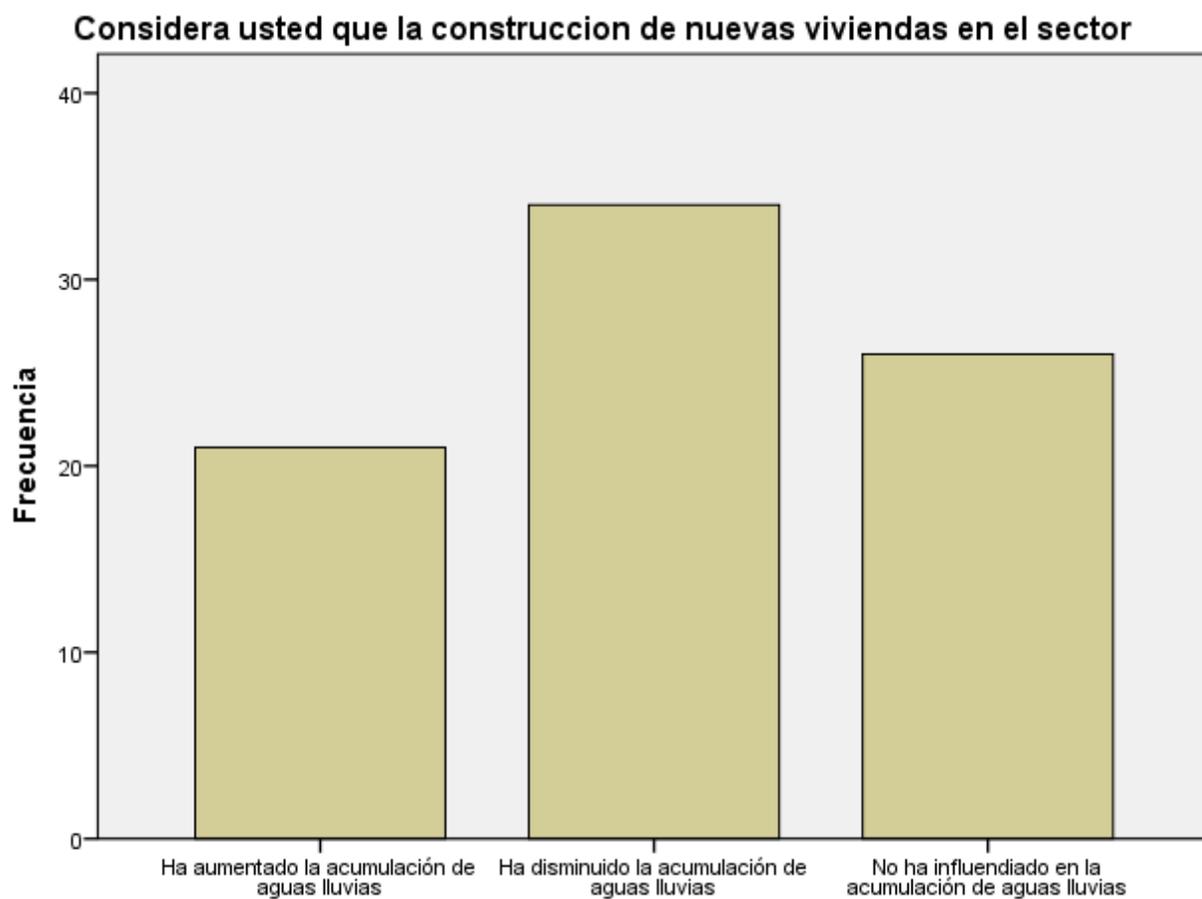
¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?



¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?

Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Ha aumentado la acumulación de aguas lluvias	21	25,9	25,9	25,9
Ha disminuido la acumulación de aguas lluvias	34	42,0	42,0	67,9
No ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias	26	32,1	32,1	100,0
Total	81	100,0	100,0	

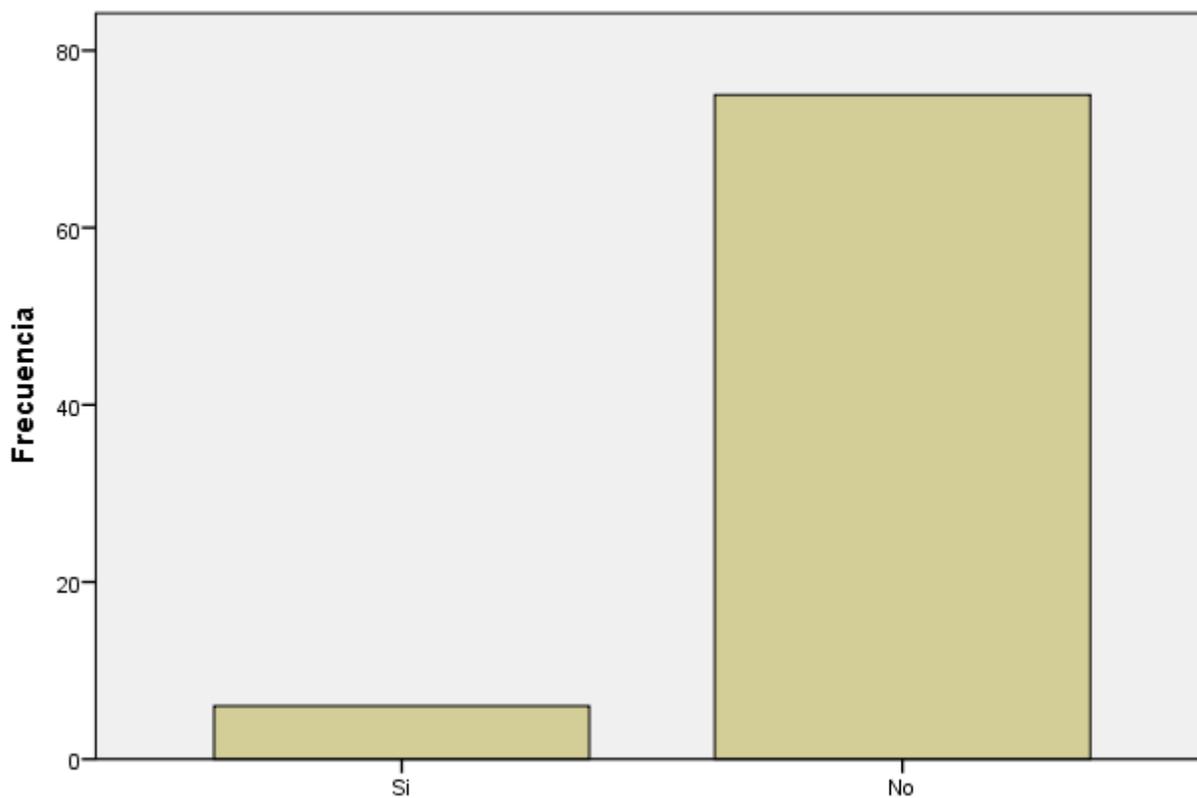


**Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector**

¿Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	6	7,4	7,4	7,4
No	75	92,6	92,6	100,0
Total	81	100,0	100,0	

**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**

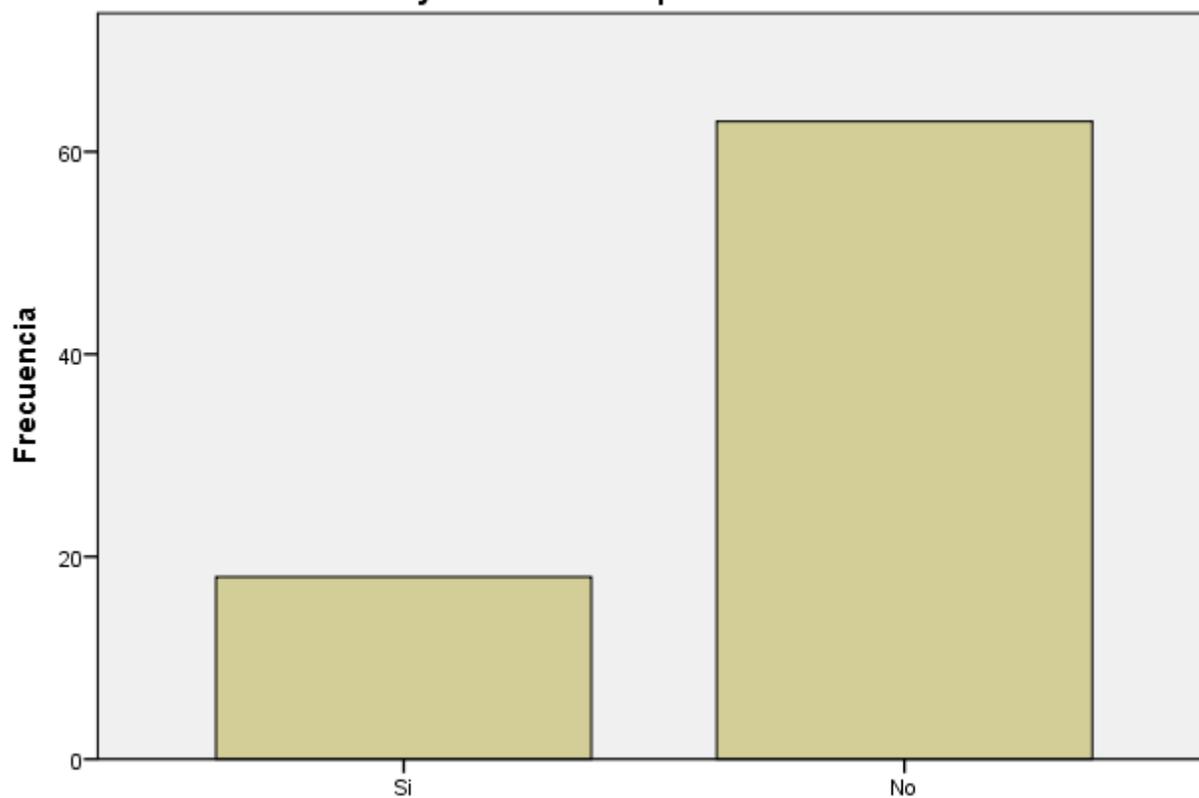


**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**

¿Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	18	22,2	22,2	22,2
No	63	77,8	77,8	100,0
Total	81	100,0	100,0	

**Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?**

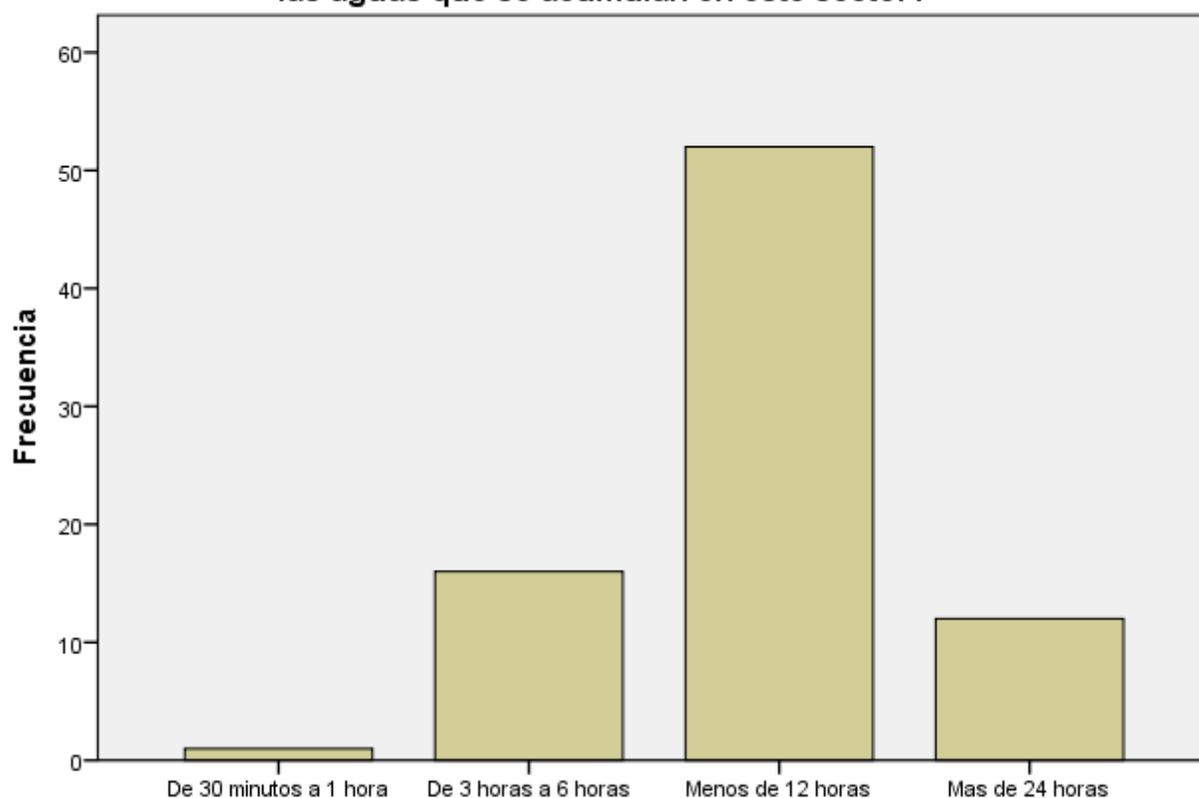


**Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?**

¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido De 30 minutos a 1 hora	1	1,2	1,2	1,2
De 3 horas a 6 horas	16	19,8	19,8	21,0
Menos de 12 horas	52	64,2	64,2	85,2
Mas de 24 horas	12	14,8	14,8	100,0
Total	81	100,0	100,0	

¿Despues de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?



¿Despues de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

¿En qué trimestre del año llueve con más frecuencia?

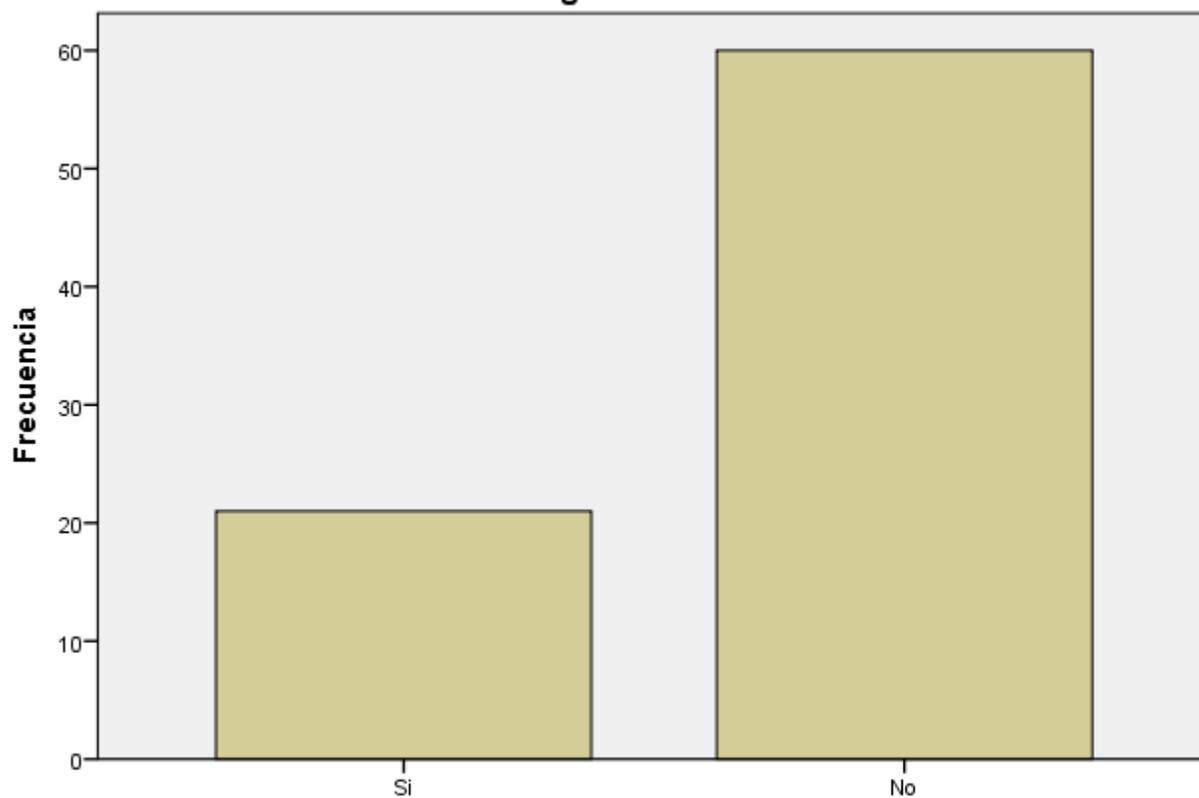
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Primer trimestre del año	4	4,9	4,9	4,9
Segundo trimestre del año	26	32,1	32,1	37,0
Tercer trimestre del año	35	43,2	43,2	80,2
Cuarto trimestre del año	16	19,8	19,8	100,0
Total	81	100,0	100,0	



¿Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	21	25,9	25,9	25,9
No	60	74,1	74,1	100,0
Total	81	100,0	100,0	

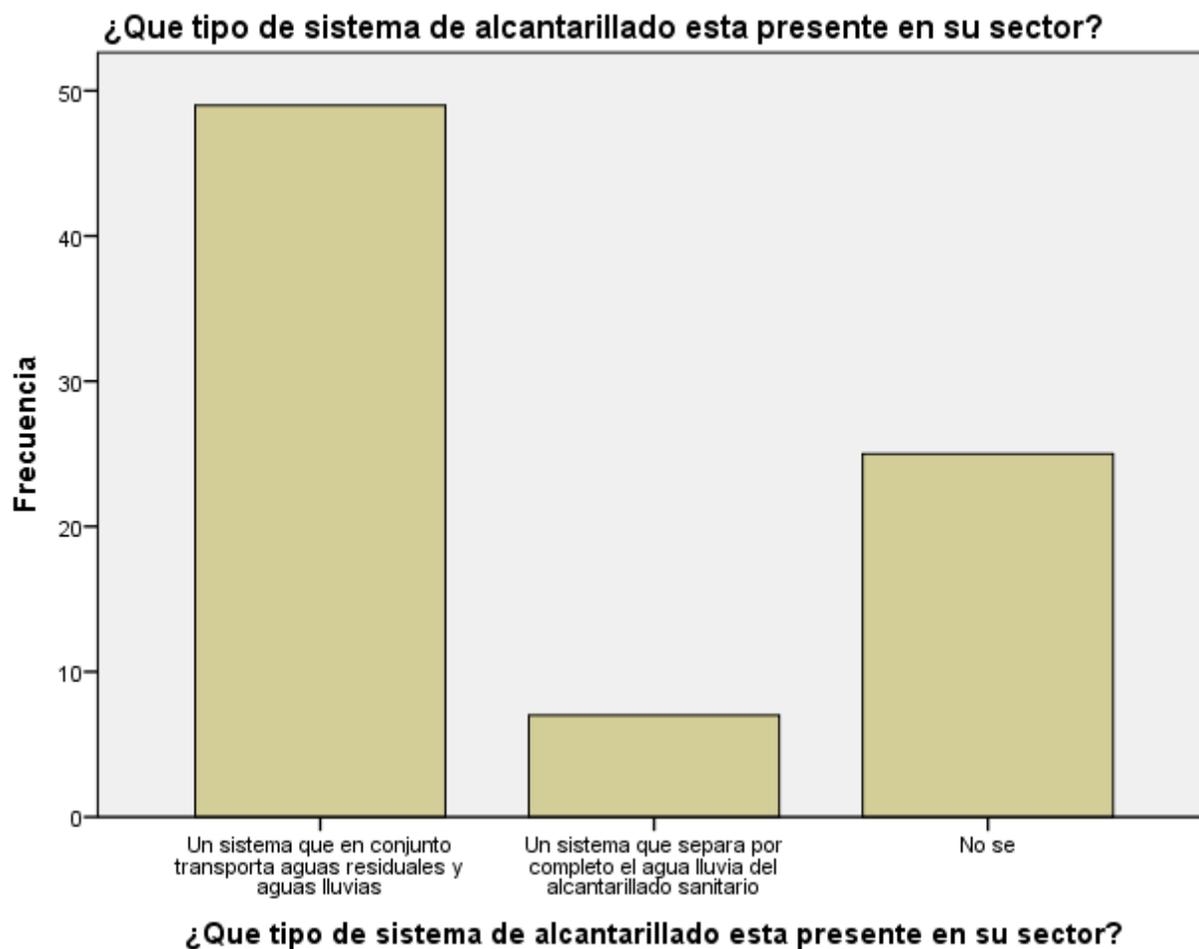
**Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?**



**Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?**

¿Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Un sistema que en conjunto transporta aguas residuales y aguas lluvias	49	60,5	60,5	60,5
Un sistema que separa por completo el agua lluvia del alcantarillado sanitario	7	8,6	8,6	69,1
No se	25	30,9	30,9	100,0
Total	81	100,0	100,0	



Anexo 8. Análisis de fiabilidad de las nuevas urbanizaciones

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	7	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	7	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,100	,445	9

Estadísticas de elemento de resumen

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo / Mínimo	Varianza	N de elementos
Medias de elemento	2,429	1,571	3,286	1,714	2,091	,378	9
Varianzas de elemento	,487	,143	,952	,810	6,667	,096	9
Covariables entre elementos	,006	-,405	,405	,810	-1,000	,038	9
Correlaciones entre elementos	,082	-,842	,750	1,592	-,891	,183	9

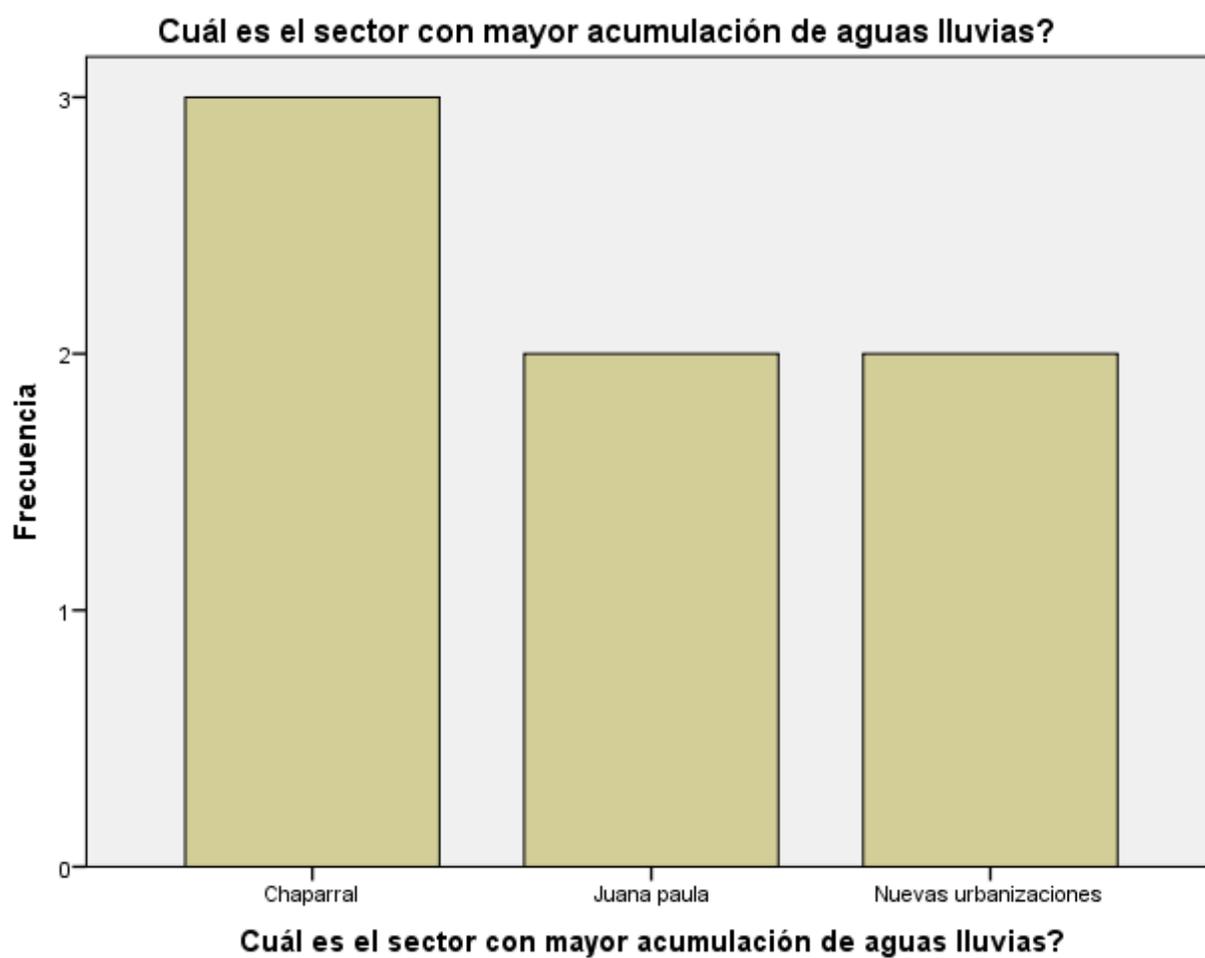
Estadísticas de escala

Media	Varianza	Desviación estándar	N de elementos
21,86	4,810	2,193	9



¿Cuál es el sector con mayor acumulación de aguas lluvias?

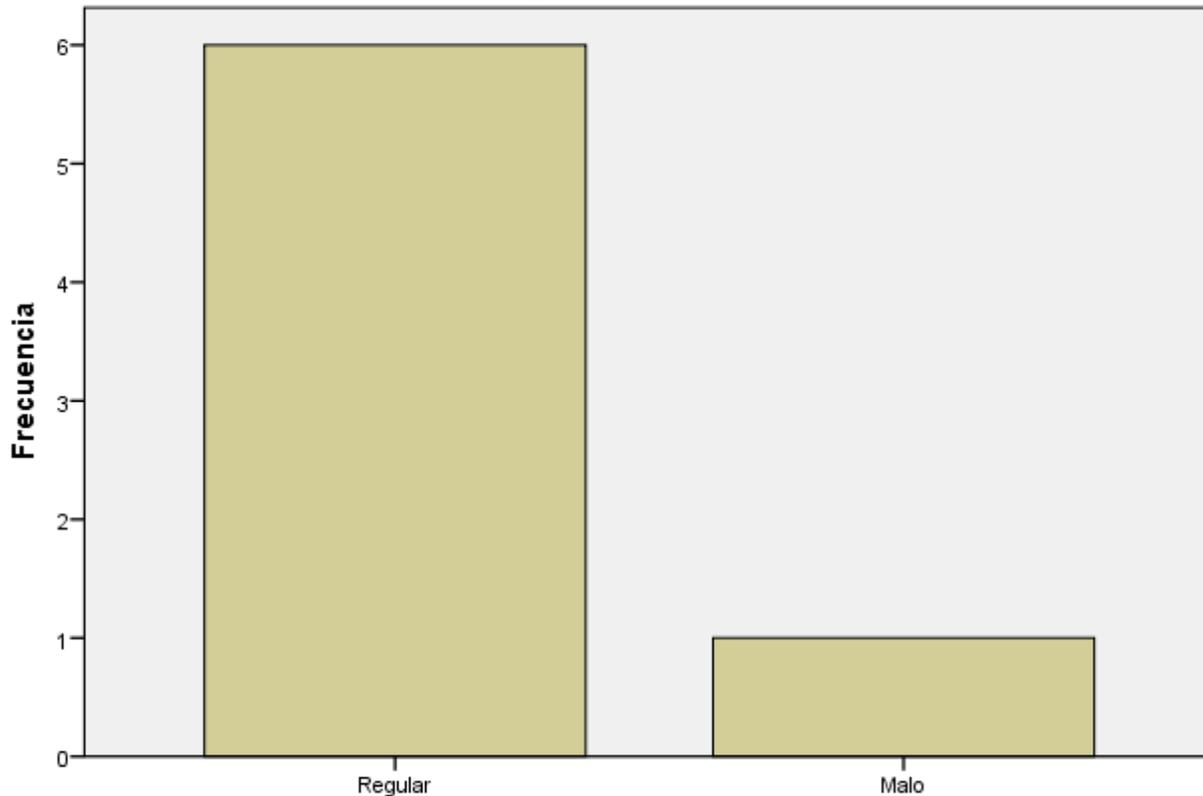
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Chaparral	3	42,9	42,9	42,9
Juana paula	2	28,6	28,6	71,4
Nuevas urbanizaciones	2	28,6	28,6	100,0
Total	7	100,0	100,0	



¿En qué estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Regular	6	85,7	85,7	85,7
Malo	1	14,3	14,3	100,0
Total	7	100,0	100,0	

¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

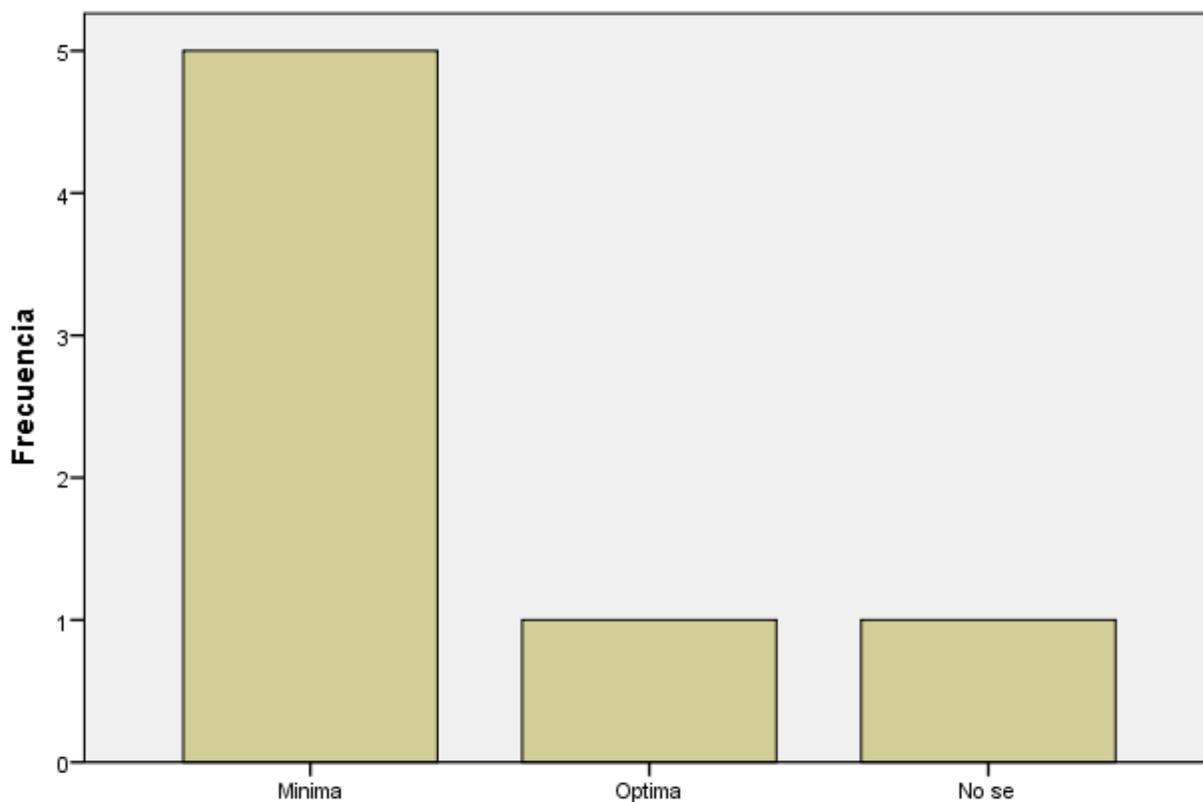


¿ En que estado considera usted que actualmente se encuentra el sistema de evacuación de aguas lluvias de su sector?

¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los últimos 10 años?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Mínima	5	71,4	71,4	71,4
Optima	1	14,3	14,3	85,7
No se	1	14,3	14,3	100,0
Total	7	100,0	100,0	

¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?



¿Como ha sido la evolución de los sistemas de alcantarillado de aguas lluvias en su sector en los ultimos 10 años?

Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Ha disminuido la acumulación de aguas lluvias	4	57,1	57,1	57,1
No ha influenciado en la acumulación de aguas lluvias	3	42,9	42,9	100,0
Total	7	100,0	100,0	

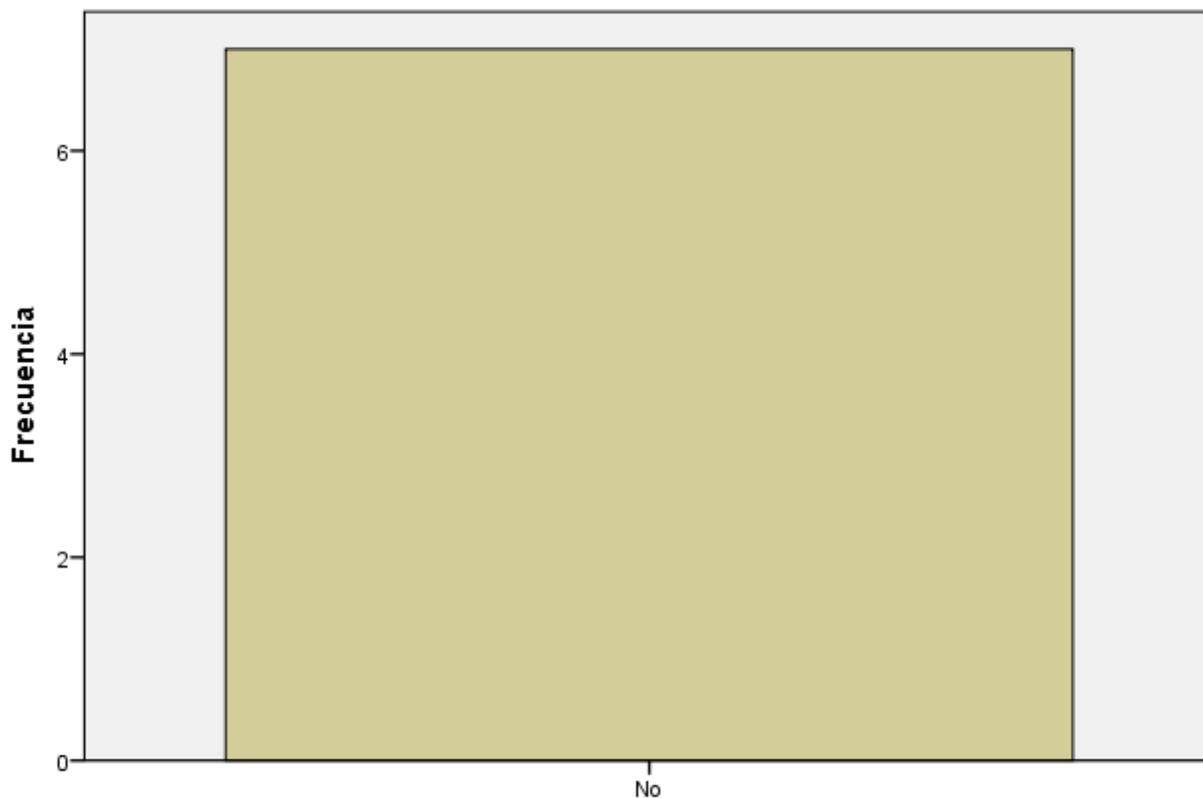


Considera usted que la construcción de nuevas viviendas en el sector

¿Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido No	7	100,0	100,0	100,0

**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**

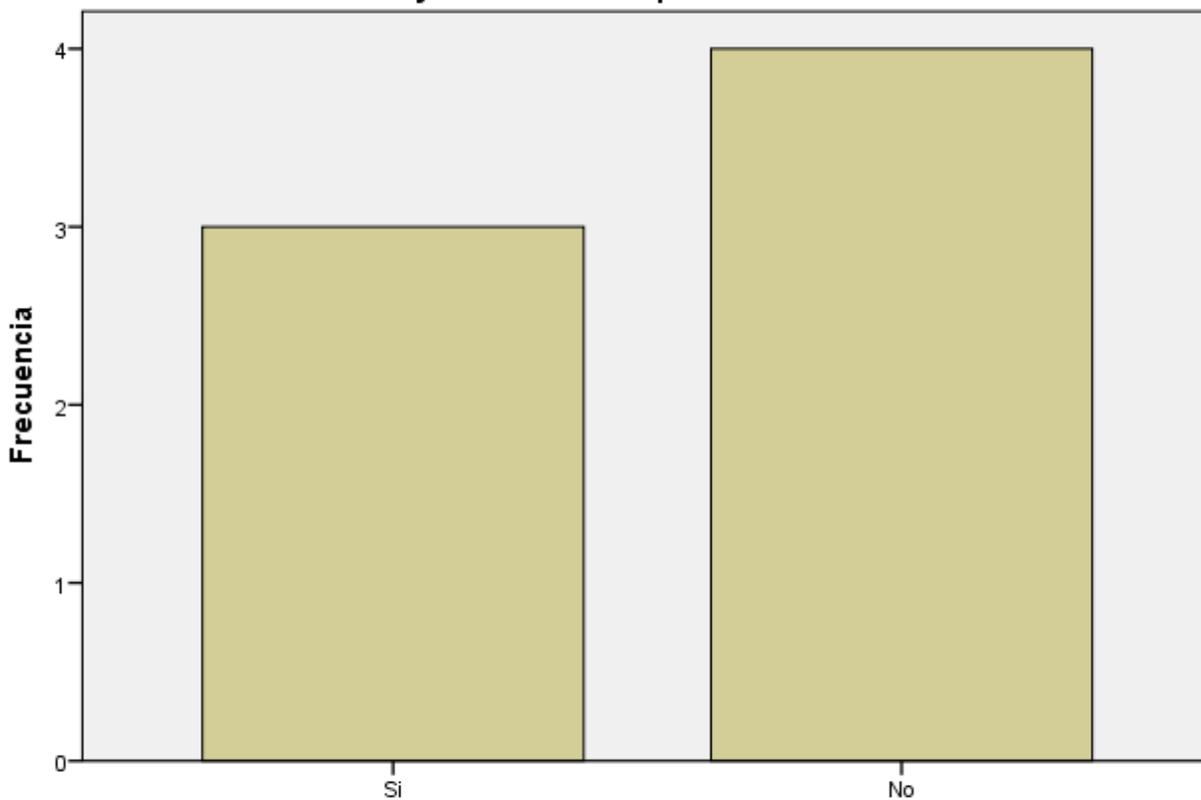


**Identifica usted los canales de evacuación de aguas lluvias presentes en su sector?**

¿Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	3	42,9	42,9	42,9
No	4	57,1	57,1	100,0
Total	7	100,0	100,0	

**Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?**

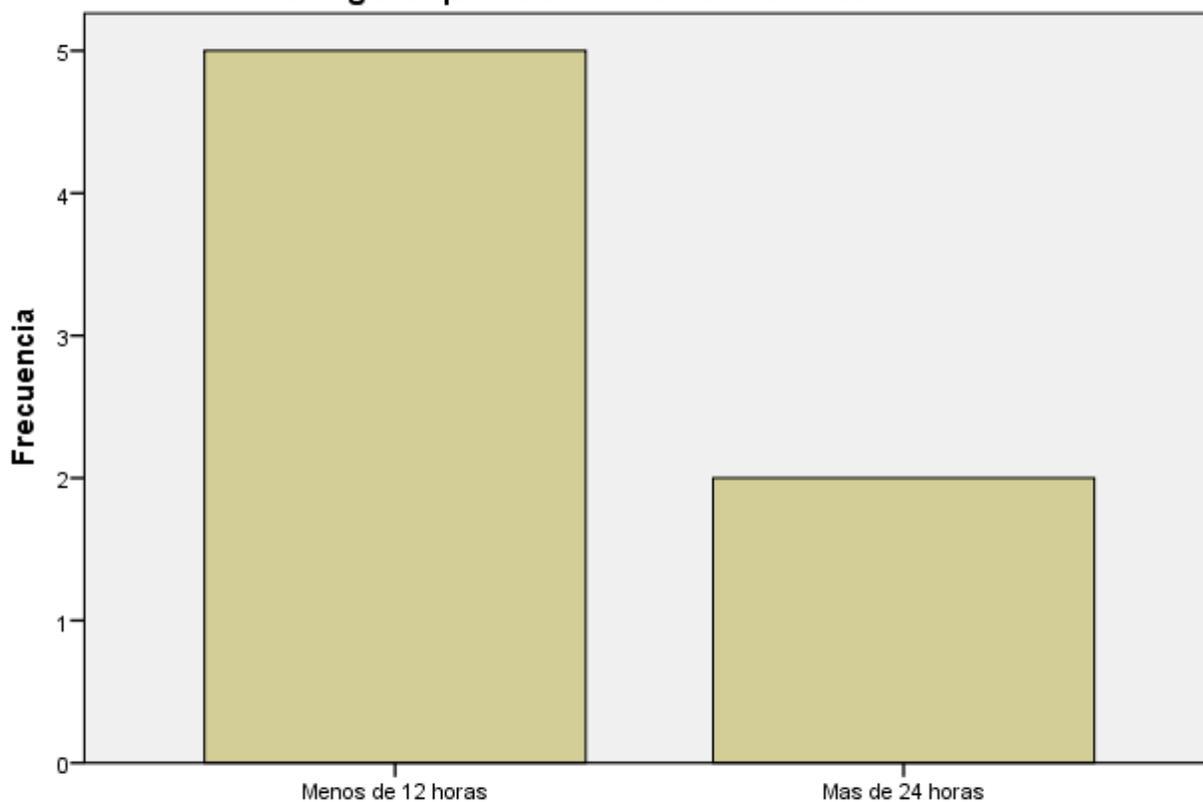


**Se realizan actividades de mejoramiento o mantenimiento a los canales de evacuación y al alcantarillado pluvial de su sector?**

¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Menos de 12 horas	5	71,4	71,4	71,4
Mas de 24 horas	2	28,6	28,6	100,0
Total	7	100,0	100,0	

¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?



¿Después de presentarse una fuerte lluvia cuanto tiempo duran en ser drenadas las aguas que se acumulan en este sector?

¿En qué trimestre del año llueve con más frecuencia?

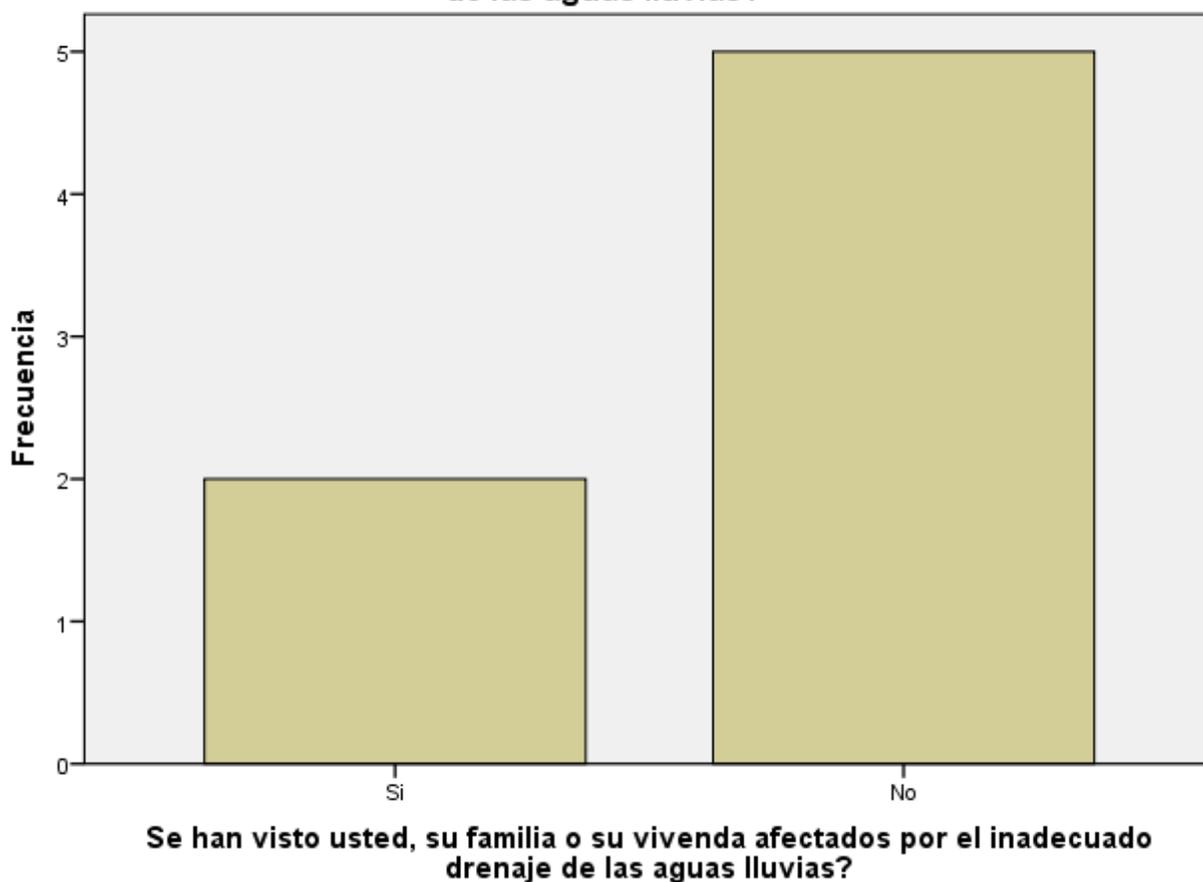
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Primer trimestre del año	1	14,3	14,3	14,3
Segundo trimestre del año	2	28,6	28,6	42,9
Tercer trimestre del año	3	42,9	42,9	85,7
Cuarto trimestre del año	1	14,3	14,3	100,0
Total	7	100,0	100,0	



¿Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Si	2	28,6	28,6	28,6
No	5	71,4	71,4	100,0
Total	7	100,0	100,0	

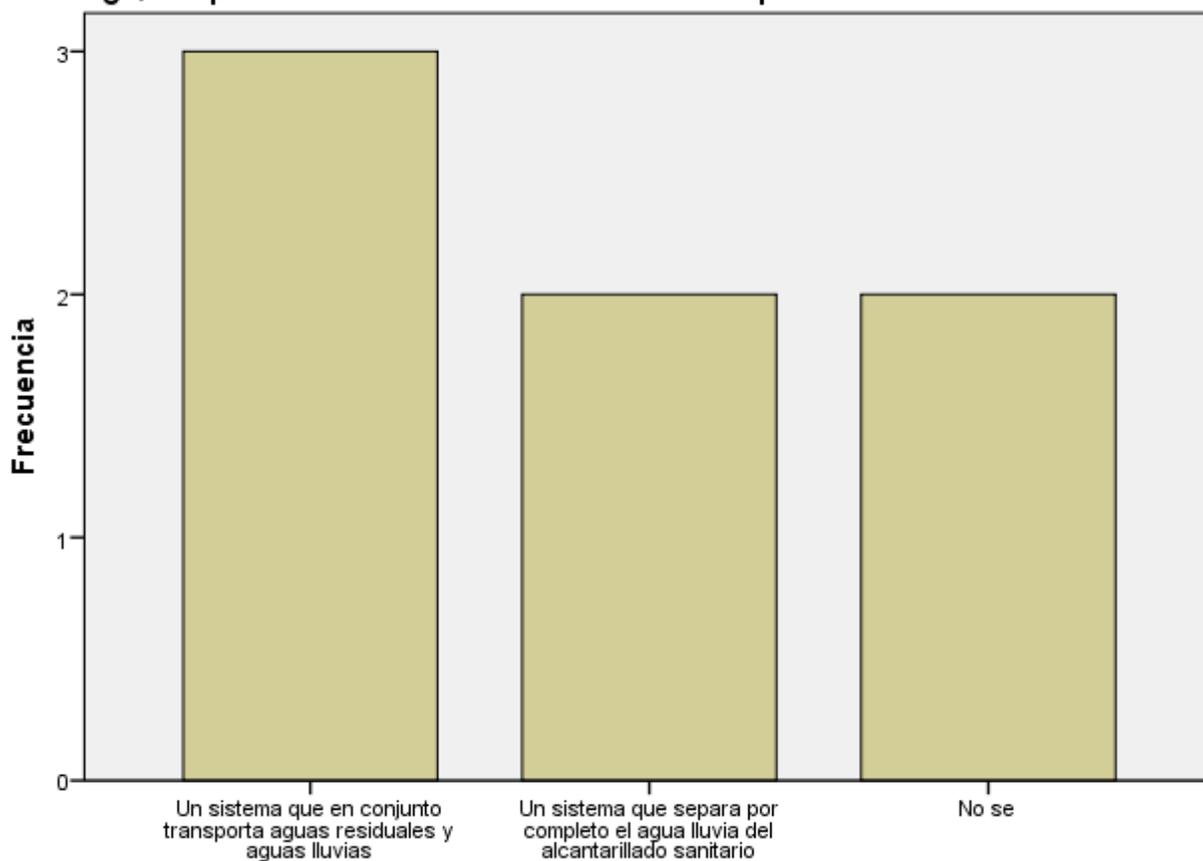
**Se han visto usted, su familia o su vivienda afectados por el inadecuado drenaje de las aguas lluvias?**



¿Qué tipo de sistema de alcantarillado está presente en su sector?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido Un sistema que en conjunto transporta aguas residuales y aguas lluvias	3	42,9	42,9	42,9
Un sistema que separa por completo el agua lluvia del alcantarillado sanitario	2	28,6	28,6	71,4
No se	2	28,6	28,6	100,0
Total	7	100,0	100,0	

¿Que tipo de sistema de alcantarillado esta presente en su sector?



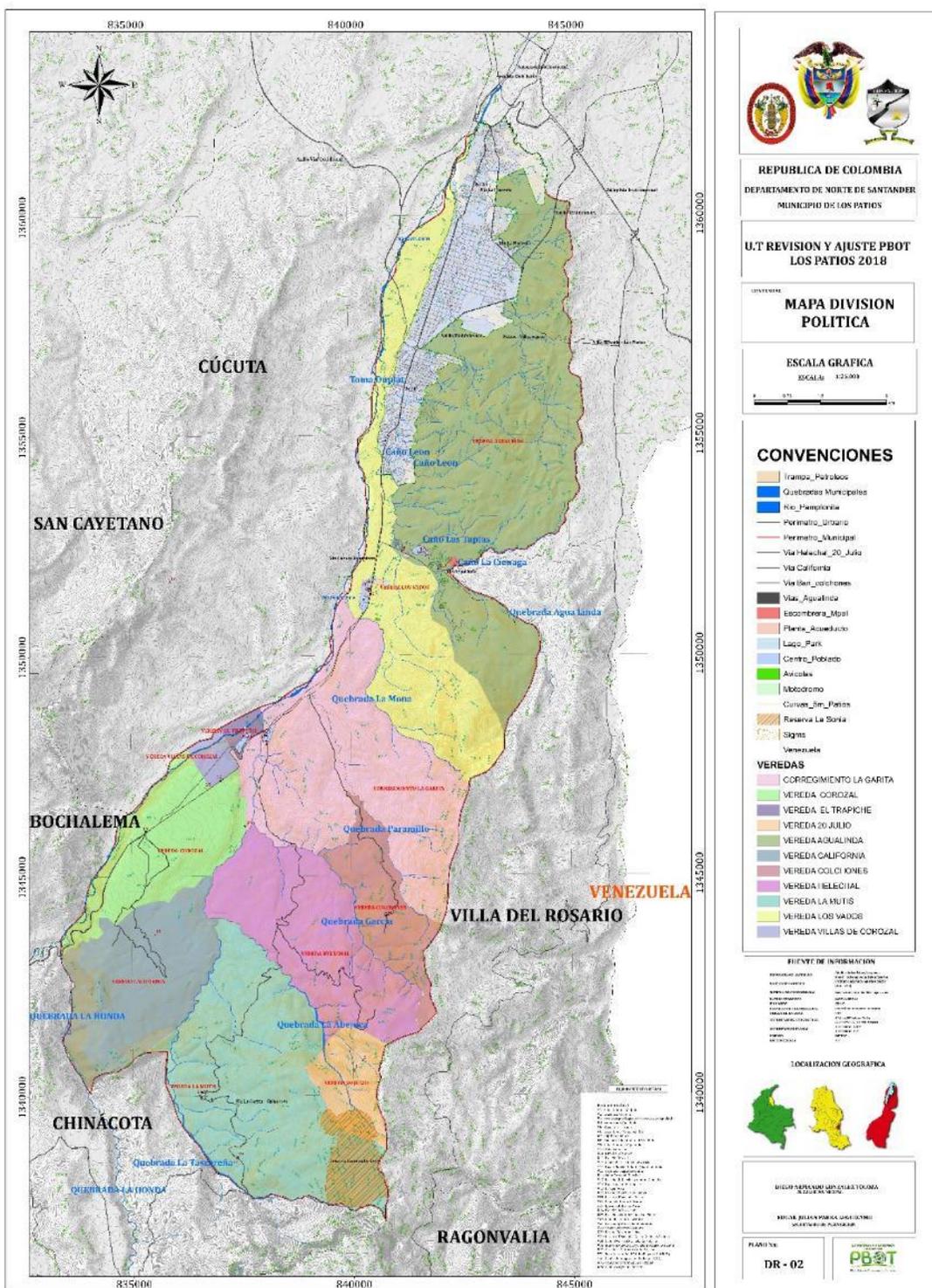
¿Que tipo de sistema de alcantarillado esta presente en su sector?

Anexo 10. Hacienda los patios y los colorados 1953

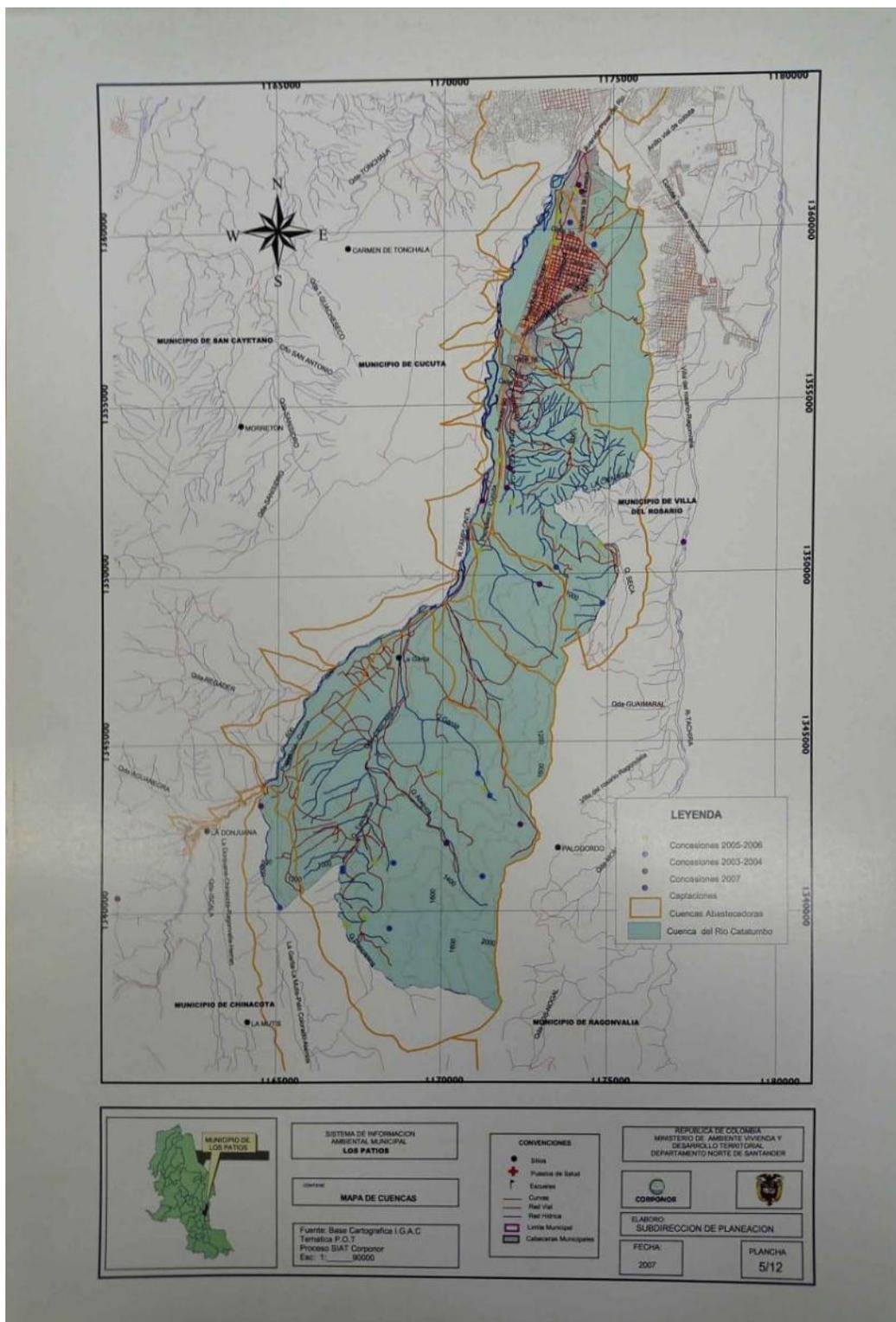




Anexo 12. Mapa división política 2018



Anexo 13. Mapa de cuencas 2007



Anexo 14. Mapa de microcuencas 2007

