



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES
Y ANTROPOGÉNICOS,
UN INSTRUMENTO PARA
LA PREVENCIÓN DE DESASTRES.
ZONA NORTE DEL MUNICIPIO
SAN DIEGO. ESTADO CARABOBO.**

Autor: Carlos Sanjuan



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

**EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS,
UN INSTRUMENTO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES.
ZONA NORTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO. ESTADO CARABOBO.**

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

Autor: Carlos Sanjuan
C.I.: 26.400.512
Tutor: Ing. Emerly Castillo
C.I.: 4.464.524

San Diego, 2019



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

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Emerly Castillo portador de la cédula de identidad N° 4.464.524, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Carlos Sanjuan, portador de la cedula de identidad N° 26.400.512, titulado **EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS, UN INSTRUMENTO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES. ZONA NORTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO. ESTADO CARABOBO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los _____ días del mes de _____ del 2019

Ing. Emerly Castillo.
C.I.: 4.464.524



FI-L-012-2019-2CR (TG)

Valencia, 26 de Junio de 2019

Ciudadanos:
Carlos Sanjuan
C.I:26.400.512
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 26-06-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS, UN INSTRUMENTO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES. ZONA NORTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO. ESTADO CARABOBO** Presentado por usted como requisitos para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Emerly Castillo C.I: 4.464.524 y la Ing. Alicia De Pizzela C.I:4.598.880 como Tutores Académicos y Metodológicos que los asesoraran en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

LI/c.

ÍNDICE

RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del Problema	6
1.3 Objetivos de la Investigación	6
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación de la Investigación	7
1.5 Alcance	8
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes	9
2.2 Bases Teóricas	16
2.2.1 Análisis hidrográficos de cuencas.....	16
2.2.2 Cuenca Hidrológica.....	17
2.2.3 Perímetro, Cauce principal y Longitud	18

2.2.4 Elevación media de la cuenca (E).....	18
2.2.5 Escurrimientos superficiales.	19
2.2.6 Tiempo de concentración.	19
2.2.7 Pendiente promedio del cauce principal:	20
2.2.8 Medición de la precipitación.....	21
2.2.9 Tipos de lluvias	21
2.2.9.1 Según su origen.....	21
2.2.9.2 Según la intensidad	22
2.2.9.3 Según su Precipitación	22
2.2.10 Creación de las curvas intensidad – duración – frecuencia (IDF).	23
2.2.11 Probabilidad de la lluvia esperada	23
2.2.12 Distribución de Gumbel (Método gráfico).....	23
2.2.13 Estimación de intensidades para períodos de retorno utilizando graficas Gumbel.....	24
2.2.14 Curvas IDF.....	24
2.2.15 Inundaciones y sus Causas.....	25
2.2.16 método de Muskingum.....	26
2.3 Bases Legales	28
2.4 Definición de Términos Básicos	31
 CAPÍTULO III	
MARCO METODOLÓGICO.....	33

3.1. Tipo de Investigación	33
3.2. Nivel de la Investigación	33
3.3. Diseño de la Investigación	34
3.4 Población y muestra.....	34
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	34
3.6 Fases Metodológicas de la Investigación	36
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS.....	37
4.1 Fase I: Recopilación de registros históricos de desastres en la zona.	37
4.5 Delimitación y descripción de los riesgos	38
4.5.1 Inundaciones en la zona norte del municipio San Diego	38
4.5.2 Calidad de agua en la zona norte del municipio San Diego:.....	39
4.5.3 Derrumbe en el parque nacional San Esteban:.....	39
4.6 Análisis de inundación	40
4.6.1 Recopilación de registros históricos:	40
4.6.3 Probabilidades de ocurrencia e intensidades por hora:	42
4.6.3 Método Estadístico para IDF:	44
4.6.4 Coeficientes para períodos de retorno:.....	45
4.6.5 Creación de curvas IDF:	46
4.6.6 Ubicación de la cuenca del río San Diego:	49

4.6.7 Cálculo de la pendiente promedio del río San Diego:.....	50
4.6.8 Tiempo de concentración:	52
4.6.10 Coeficiente de escorrentía:.....	53
4.6.11 Determinación de intensidades en curvas IDF:.....	54
4.6.12 Patrones para hidrograma total.....	55
4.6.13 Método de Muskingum:	55
4.6.14 análisis de inundación mediante el software HEC-RAS:.....	58
4.7 Análisis de calidad de agua de Los ríos San Diego y Cúpira	66
4.8 Análisis de derrumbe	71
4.8.1 Ubicación:	71
4.8.2 cálculo de pendientes:	71
4.8.3 Determinación de metros cúbicos de sedimentos arrastrados:.....	73
4.9 Determinación de las zonas de riesgo y vulnerabilidad del municipio San Diego	76
4.10 Punto de vista desde los objetivos de la sostenibilidad	81
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
Apéndice A	
Cálculo de pendientes promedio del río San Diego	89
Apéndice B	

Patrones de intensidades probables.....	94
Apéndice C	
Método de Muskingum e hidrogramas totales.....	97
Anexo A	
Estudios de suelo del municipio San Diego.....	121
Anexo B	
Estudios de Calidad de agua de los ríos San Diego y Cúpira	126

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA

1: Inundación sector Valle de Oro 28/09/2012	10
2: Inundaciones 08/09/2016	11
3: Puente sector Bomba Mobil (11/10/2016).....	13
4: Análisis de la cuenca hidrográfica del río Patanemo.	17
5: Tributarios, y cauce principal de una cuenca hidrográfica	18
6: Distribución Gumbel para 15 y 30 minutos, cuenca de Patanemo.	24
7: Curva IDF para minutos. Patanemo	25
8: Grafico K-tiempo de concentración.	27
9- Zona de derrumbe	40
10- Cuenca del río San Diego	50
11 – Red de drenaje.....	52
12- Fragmento de la cuenca con curvas de nivel.	59
13- Exportación de civil 3d.....	59
14- Introducción del coeficiente de Manning.	60
15- Coeficientes de Manning.	60
16- Condiciones hidráulicas.....	60

17- Tirante de agua máximo para TR = 5 años.....	61
18- Tirante de agua máximo para TR = 10 años.....	62
19- Tirante de agua máximo para TR = 15 años.....	62
20- Tirante de agua máximo para TR = 25 años.....	63
21: Tirante de agua máximo para TR = 50 años.....	63
22- Tirante de agua máximo para TR = 100 años.....	64
23- Mancha de inundación total del río San Diego.....	65
24- Mancha de inundación Tr = 100 Años.....	66
25: Puntos de captación.....	70
26- Ubicación de la zona de derrumbe.....	71
27- Delimitación del derrumbe.....	74
28 – Curvas de nivel en la zona de derrumbe.....	74
29- Mapa de riesgo por inundación del río Cúpira.....	77
30 – Mapa de riesgo por inundación del río San Diego.....	78
31: Mapa de vulnerabilidad por la calidad del agua de los ríos.....	79
32- Mapa de riesgo por derrumbe.....	80

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

1- Catástrofes calamitosas.....	4
2- Máximas precipitaciones registradas por la estación San Diego (1968-2000).....	41
3- períodos de retorno.....	42
4- Probabilidades e intensidades.....	43
5- Método estadístico.....	45
6- factores de ajuste para Tr.....	46
7- Datos para IDF en minutos.....	47
8- Datos para IDF en horas.....	47
9- Pendiente del tramo 1.....	51

10- Áreas entre curvas isócronas.....	53
11-Tu por cada área de isócrona	53
12- Coeficiente de esorrentía.....	54
13- intensidades.....	54
14- Patrón A - intensidades probables	55
15- Factores de Muskingum.....	56
16- Áreas entre curvas isócronas.....	56
17- Método de Muskingum.....	57
18- Caudales máximos de la cuenca por cada Tr.....	58
19- Aspectos microbiológicos del río Cúpira.....	67
20- Aspectos microbiológicos del río San Diego.....	67
21- Aspectos Físico – Químicos del río Cúpira	68
22- Aspectos Físico – Químicos del río San Diego	69
23- Pendiente promedio de la zona de derrumbe	72
24- Determinación del volumen total.....	74

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO

1- Curvas IDF para minutos.....	48
2- Curvas IDF para horas	48
3- Hidrograma Patrón A - 5 años	58
4- Perfil longitudinal de la zona de derrumbe	73



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

**EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS,
UN INSTRUMENTO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES.
ZONA NORTE DEL MUNICIPIO SAN DIEGO. ESTADO CARABOBO.**

Autor: Carlos Sanjuan

Tutor: Ing. Emerly Castillo.

Fecha: enero, 2019

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como finalidad desarrollar un análisis de riesgo y vulnerabilidad para la zona Norte del municipio San Diego desde el parque nacional San Esteban hasta la entrada del pueblo de San Diego, donde se evaluarán los diferentes factores de riesgo naturales y antropogénicos, adicionalmente la investigación del suelo en la adyacencia de diferentes tramos de la zona junto con la data hidrológica que ha ocasionado inundaciones en el municipio por el desborde del río Cúpira y la revisión de data relacionada a incendios forestales y daños por movimientos telúricos. Para el desarrollo de este trabajo se hará uso de software de cálculo, así como también métodos de cálculo de caudal que aporta la cuenca en estudio y análisis de resultados de laboratorio para las muestras de suelo. Permitiendo con los resultados arrojados, hacer reflexiones y conclusiones que permitan brindar y ofrecer información a la población y a los entes de seguridad y protección civil sobre las consideraciones que deben tener todos los habitantes del municipio San Diego con el fin de facilitar la creación y toma de decisiones para actividades correctivas. Todos los lineamientos teóricos para la creación de este trabajo de grado serán consignados como normas, leyes, criterios, consideraciones y demás que sean lo más acertadas posible con el fin de abarcar todos los puntos principales a analizar los parámetros que definan el riesgo y la vulnerabilidad del área de estudio y las influencias que este tiene en el municipio. Se hará uso de todo registro y data topográfica, hidrológica y de suelo, correspondiente a la zona.

Descriptor: Vulnerabilidad, Riesgo, Inundación, Incendio, Suelos, Cuenca, software.

INTRODUCCIÓN

La población de Venezuela se ha visto afectada por múltiples catástrofes naturales en la historia, las cuales han sido las bases para la creación de medidas de emergencia y planes de acción por organismos especializados, dando origen a estudios necesarios en el ámbito de la gestión de riesgos para el control de calamidades; pero en los últimos años debido a la creciente densidad demográfica se han intensificado las pérdidas humanas y materiales ante los fenómenos no solo naturales sino también de origen antropogénico por la influencia descontrolada del hombre en su entorno como fue el caso de la tragedia de Vargas, convirtiéndose en el evento más impactante en el país. Dando como resultado la necesidad de nuevos estudios mediante el análisis de los factores de riesgo que afectan a cada zona, desde lluvias torrenciales, deslaves, modificación de taludes e incendios forestales; siendo estos solo una parte de los riesgos que pueden generar ambientes de vulnerabilidad en las zonas pobladas.

Aplicando los conocimientos y metodologías generadas por organismos internacionales enfocados en la prevención se pueden generar mapas con zonas probables a riesgo de cualquier naturaleza, considerando que Venezuela se encuentra en una zona intertropical de carácter bi-estacionaria presenta un clima cálido y húmedo, pero gracias a su orografía particular posee una parte de la cordillera de los Andes, convirtiendo a Venezuela en uno de los pocos países con todos los climas del planeta. Por lo que un análisis en cuanto a factores de riesgos debe limitarse a cada zona en especial, pudiendo presentar grandes variaciones en los factores de riesgos entre cada zona del país.

En el mismo orden de ideas se encuentra que el municipio San Diego está ubicado en la zona central del país, en el estado Carabobo dentro de un valle por lo que posee un clima cálido y una topografía con grandes pendientes alrededor de la ciudad, a su vez cuenta con dos ríos importantes como los son el Cúpira y el San Diego, presentando así factores de riesgo como inundaciones, incendios forestales y aludes

torrenciales. Actualmente también ha presentado movimientos telúricos de magnitud y duración considerable provocando daños materiales a la sociedad. Uno de los grandes factores que aumentan la vulnerabilidad de la zona es la creciente población e incremento de construcciones y asentamientos urbanos lo que se traduce en una modificación a los suelos y un cambio considerable en los coeficientes de escorrentía superficial, sustituyendo suelos capaces de absorber agua por material asfáltico que cuya composición aporta un incremento proporcional al agua que escurre siendo así mucho más probable el riesgo de inundaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

A lo largo de la historia la humanidad ha sufrido múltiples catástrofes por factores ambientales y antropogénicos, que han causado pérdidas incontables ya sea por factores naturales como inundaciones, sismos, erupciones volcánicas entre otros, u alteraciones humanas a la naturaleza como lo es la transformación de la topografía, mala gestión de planeamiento urbano o poblamiento de espacios no aptos para la construcción. Por lo que la humanidad ha tenido que desarrollar planes y estudios para reducir las vulnerabilidades ante las tragedias que siempre están presentes.

Asimismo, los riesgos naturales están definidos como la probabilidad de que un territorio y la sociedad que habita en él se vean afectados por fenómenos naturales extraordinarios, aunque la Organización de las Naciones Unidas (O.N.U) también lo define como “El producto de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza o peligro natural, por la vulnerabilidad en tanto por uno y la exposición.” (Ayala-Carcedo, 1993); es decir, los factores dependen de variables como la ubicación, intensidad y magnitud, pudiendo ocasionar daños a la población y sus bienes, llegando a categorizarse como desastres o catástrofes en el caso de una pérdida humana importante; estas eventualidades se multiplican en ciudades donde existe una disparidad social importante e insuficiencia en los niveles de infraestructura y equipamiento. El análisis de los riesgos incluye considerar las fuentes, sus consecuencias positivas y negativas y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir.

Aun cuando los riesgos naturales siempre están presentes resulta necesaria la identificación y categorización de las diferentes amenazas pudiendo producirse también por factores antropogénicos, estando directamente relacionados a la intervención humana en la naturaleza, “El riesgo es el resultado de la confluencia entre

un fenómeno natural peligroso y una sociedad..., esto constituye diversas historias que se relacionan con el desastre” (García, 1996), por lo tanto, todos estos tipos de peligros pueden coexistir en la zona de estudio, necesiéndose la evaluación de los factores de exposición de cada sector, además de cartografiar cada eventualidad para así evitar el poblamiento en zonas de riesgo; todos siendo datos de suma relevancia para la planificación de actividades correctivas y planes de emergencia dedicadas a cada división, requiriendo un control y actualización constante para así lograr ensamblar sistemas de alertas tempranas, pudiendo informar a tiempo y de forma clara a la población expuesta.

Sin embargo, la lista de amenazas naturales existentes en una zona puede categorizarse según el cuadro 1 a continuación, determinando las diferencias entre factores geofísicos y biológicos, además de la incidencia humana.

Cuadro 1
Catástrofes calamitosas

Tipologías	Sub-tipologías de fenómenos		Fenómenos	Nivel de responsabilidad del hombre
Naturales	Geofísicos	Subsuelo	Terremotos, erupciones	Ninguna o responsabilidad indirecta
		Superficie terrestre	Inundaciones, deslizamientos	
		Atmosfera	Huracanes, calor y frío intenso, tormentas eléctricas	
	Biológicos	Macro fauna	Plaga de langostas, termitas	

Tipologías	Sub-tipologías de fenómenos		Fenómenos	Nivel de responsabilidad del hombre
Naturales	Biológicos	Micro fauna	Infecciones causadas por bacterias, virus	Ninguna o responsabilidad indirecta
		Flora	Plantas venenosas, la fiebre del heno	
Socio-ambientales			Smog, desertificación, avalancha, calentamiento global	Acentuadas por el hombre
Antropogénicos			Contaminación, desastres industriales, guerras	Provocadas por el hombre

Fuente: Capacci, A. y Mangano, S. (2014)

En el mismo orden de ideas, los principales desastres que han ocurrido en la historia de Venezuela se ven representados por la tragedia de Vargas ocurrida en el año 1999 la cual resultado del conjunto de deslaves e inundaciones en la zona, aunque no hubo un conteo oficial de las pérdidas humanas se estima que fueron de centenares a miles; mientras que las personas damnificadas se calcularon entre decenas de miles; es considerado como el peor desastre en la historia de Venezuela detrás del terremoto de 1812. También se han presentado sismos como el ocurrido en Caracas en el año 1967 dejando un total de 300 muertes, 2000 heridos y una pérdida de 10.465.116 de dólares en la época. Con todo lo sucedido en cada de una de las tragedias se han dedicado planes de emergencia para la recuperación de las ciudades, a su vez, se han desarrollado nuevos planes en la gestión de riesgos para cada zona de vulnerabilidad posible con el objetivo de reducir las tragedias y pérdidas humanas.

El concepto de riesgo de desastre, ha sido aceptado como una interrelación entre las amenazas y las condiciones de vulnerabilidad, lo que implica un conocimiento integrado por diversos conocimientos disciplinares referentes a las múltiples amenazas con diversa magnitud y funcionamiento, y su interrelación con las condiciones de vulnerabilidad, para lograr identificar las condiciones de un sistema específico. (Martínez Rubiano, 2015, p.24).

Hoy en día debido a la creciente densidad demográfica de la zona Norte del municipio San Diego, este ha desarrollado actividades industriales, comerciales y residenciales cada vez más importantes, lo que ha causado el avance constructivo y a su vez el incremento de los riesgos antropogénicos y socio-ambientales por los procesos de deforestación y modificación a la topografía; generando así una mayor probabilidad de desastres a causa de la ocupación de estos espacios. Aunque se han tomado medidas para evitar desastres por fenómenos de origen hidrometeorológico, siendo estos los que más han afectado al área en cuestión; aún no se han identificado, sectorizado y cartografiado todas las amenazas que existen en la zona de estudio.

El punto de partida para reducir los riesgos de desastre y promover una cultura de resiliencia consiste en conocer las amenazas y los factores físicos, sociales, económicos y ambientales de vulnerabilidad a los desastres a que se enfrentan la mayoría de las sociedades, así como la evolución de las amenazas y los factores de vulnerabilidad a corto y largo plazo, para luego adoptar las medidas oportunas en función de ese conocimiento (Marco de Hyogo 2005-2015, p.7)

1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera se han identificado los riesgos antropogénicos, naturales y socio-ambientales existentes en la zona Norte del municipio San Diego?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar los riesgos naturales y antropogénicos de la zona norte del municipio San Diego del Estado Carabobo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recopilar registros históricos de desastres en la zona.
- Identificar los diferentes factores de riesgo.
- Determinar las zonas de riesgo en la zona norte del municipio San Diego.
- Diagnosticar los ambientes de vulnerabilidad.

1.4 Justificación de la Investigación

Una investigación en el ámbito de la gestión de desastres resulta de gran relevancia ya que la información presentada podrá utilizarse como base para la creación de las diferentes actividades correctivas y planes de emergencia, beneficiando no solo a los organismos pertinentes sino también a la creciente población de la zona comprendida desde la fila montañosa de San Esteban hasta la entrada al pueblo de San Diego, logrando así disminuir la probabilidad de tragedias o catástrofes en el municipio; además el estudio representará el gran impacto ecológico que eventos de tales magnitudes pueden causar, fundamentando la creación de mecanismos de respuesta ante las catástrofes.

Así mismo la prevención de desastres no solo beneficia a la parte física de la sociedad sino también a la económica, gracias a la identificación, categorización y consiguiente toma de decisiones ante los eventos catastróficos, traerá como resultado la disminución de pérdidas materiales en sectores públicos y privados; traduciéndose en menor reposición monetaria por parte de los sectores afectados.

A su vez, el estudio aplicará la metodología desarrollada por organizaciones internacionales, dando el punto de partida para el análisis de riesgos naturales, antropogénicos y socio-ambientales en las zonas adyacentes, siendo de gran ayuda para las futuras investigaciones a realizarse. De esta manera, los desastres pueden reducirse de manera considerable si la población está bien informada y motivada a la creación de una cultura de prevención ante los riesgos, por lo que la difusión de material relacionado resulta fundamental para los fines de la investigación.

1.5 Alcance

La presente investigación se encargará de la Evaluación de los riesgos naturales y antropogénicos, presentes en la zona Norte del municipio San Diego del Estado Carabobo. Representados por las inundaciones, calidad de agua de los ríos San Diego y Cúpira, junto al análisis de derrumbes, para así poder determinar y cartografiar las zonas de riesgo del área en cuestión.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Márquez (2017) presentó en su investigación titulada, **“Estudio de riesgo de inundación y caracterización del suelo para un proyecto urbanístico”** para optar por el título de ingeniero geofísico en la universidad Simón Bolívar, teniendo como objetivo el estudio de los riesgos de inundación, determinó los estudios necesarios mediante técnicas para el tratamiento digital de imágenes multiespectrales con el fin de identificar inundaciones y humedad en la zona afectada empleando una metodología basada en análisis de datos proporcionados en diferentes períodos de tiempos por equipos satelitales como el Landsat, para respaldar las imágenes satelitales obtuvo muestras sedimentarias para observar e interpretar las diferencias obteniendo resultados mediante estudios de la mecánica del suelo de la zona de estudio basados en granulometría y determinación de materia orgánica para así integrar ambos estudios. Una vez obtenidos los datos necesarios se logró determinar la zona ideal para un planeamiento urbanístico. desarrollando así una zona de bajo riesgo y poca vulnerabilidad ante los efectos de inundaciones y aludes de barro.

La metodología empleada para la determinación de los riesgos por inundación resulta fundamental para el análisis de la presente investigación.

En el mismo orden de ideas, Cupen y Hernandez (2017) en su investigación **“Análisis integral de la vulnerabilidad y riesgo a inundaciones en la cuenca del río Cúpira desde el sector tulipán hasta la confluencia con el río San Diego, sector valle verde del municipio San Diego, estado Carabobo”** para optar por el título en ingeniería civil de la Universidad José Antonio Páez, presentando como objetivo general analizar la vulnerabilidad y riesgo de inundaciones en la cuenca del río Cúpira presentaron no solo las herramientas de recolección sino también los registros de inundaciones previos en la zona de San Diego los cuales describen de la siguiente manera:

Fuerte lluvia en San Diego mantiene a los habitantes en alerta y en “pleno caos” por desbordamiento de río (28/09/2012). Fuente: Noticias 24 Carabobo

Citando el texto de la noticia: “Desesperados ante el desbordamiento de una de las corrientes del río La Cumaca que atraviesa por la urbanización Valle de Oro en el municipio San Diego, se encuentran los habitantes de esta zona, pues asegura que desde aproximadamente las 10:00 de la mañana de este viernes los accesos hacia el lugar están inundados.

Perdomo comentó que funcionarios del Cuerpo de Bomberos de San Diego le informaron a la colectividad que, el desbordamiento se produjo presuntamente por los escombros de una construcción cercana al caudal. Por su parte, José Alexander Gómez, habitante del sector, manifestó que por suerte el agua no llegó a entrar a ninguna vivienda del sector, sin embargo, la zona que resultó más afectada fue el Conjunto Residencial Las Aldabas, donde sólo se llegaban los vehículos rústicos. Por tal motivo, hizo un llamado al alcalde del municipio San Diego, Enzo Scarano y al Gobernador del estado Carabobo, Henrique Fernando Salas Römer, para que se aboquen a solventar esta situación que afecta a los habitantes del sector”. (Ver Figura 1).



Figura 1: Inundación sector Valle de Oro 28/09/2012

Fuente: Noticias 24 Carabobo

- Fuertes lluvias causaron inundaciones en varias zonas de Carabobo (08/09/2016). Fuente: Noticias 24 Carabobo

Citando el texto de la noticia: “En el municipio San Diego, las precipitaciones provocaron inundaciones en la Urbanización Las Trinitarias, en la cual al menos 30 viviendas terminaron afectadas con pérdida de enseres, áreas verdes y recreativas.

En el sector Macomaco lucieron las vías anegadas, así como tres hogares. Asimismo, en el sector las Majaguas perteneciente también a la localidad, 24 viviendas aproximadamente fueron perjudicadas, así como diversas calles del sector, debido a la obstrucción de un puente por desechos sólidos.

Personal del Sistema Integrado de Emergencia, fue desplegado por toda la zona para atender cada una de las afectaciones.” (ver figura 2).



Figura 2: Inundaciones 08/09/2016

Fuente: Noticias 24 Carabobo

- Eventos pasados guardados en la Data de FUNVISIS

(01/10/2007): “Las fuertes lluvias que se registraron durante más de dos horas de la tarde causaron anegaciones y colapso en calles y avenidas de la población de San Diego, en el municipio homónimo del estado Carabobo. La avenida Don Julio Centeno se inundó. El tránsito vehicular quedó interrumpido por dichas vías. No se registraron afectaciones a viviendas ni personas damnificadas”.

(26/10/2013): “El puente que comunica a los sectores La Cumaca y La Josefina del municipio San Diego del estado Carabobo, se desplomó por el socavamiento de sus bases tras las fuertes precipitaciones registradas. Las lluvias causaron la crecida del río La Cumaca y la fuerte corriente del agua socavó las bases de la estructura derrumbándola por el extremo sur. Con la caída de esta estructura quedaron incomunicadas las comunidades de La Cumaca y La Josefina, además de afectar a docentes y estudiantes de la Universidad Arturo Michelena (UAM), por ser ésta la vía que utilizan para llegar hasta esta casa de estudios. Al sitio acudieron comisiones de la Policía de Carabobo, de la Policía Municipal de San Diego, del Instituto de Protección Civil y del Cuerpo de Bomberos de San Diego. Funcionarios del Instituto de Protección Civil colocaron cintas de acordonamiento para indicar el lugar como zona de peligro para conductores y transeúntes. Afortunadamente no se reportaron víctimas”.

(04/08/2015): “Debido a las fuertes lluvias, acompañadas de fuertes vientos, registrados en varios municipios del estado Carabobo hubo afectaciones en calles y viviendas. Unas diez (10) viviendas ubicadas en el sector Valle Fresco Norte de San Diego, en el municipio San Diego, se inundaron. Al menos unas diez (10) familias resultaron afectadas debido a la condición en la que quedaron las viviendas; es decir, unas cuarenta y cinco (45) personas. También se reportó la caída de varios árboles. El evento fue atendido por funcionarios del Cuerpo de Bomberos”.

Urge hacer limpieza en cauce de río Cúpira en San Diego (11/10/2016). Fuente: Notitarde

Citando el texto de la noticia: “Debido las fuertes lluvias que han azotado la

entidad carabobeña por estos días, los habitantes de la urbanización Chalet's Country, en el municipio San Diego, manifestaron sentirse preocupados ante el posible desborde del río Cúpira y como consecuencia, la anegación de sus viviendas. El urbanismo está conformado por unas 160 familias entre casas y edificios, mientras que los habitantes de otras urbanizaciones como Sansur, Valle de Oro y las viviendas construidas en terrenos cercanos a éstas, también podrían ser afectadas.

Gregorio Maldonado, residente de Chalet's Country, comentó que el cauce del río fue dragado hace dos años aproximadamente y desde entonces solo han monitoreado su estado. Aseguró que la limpieza ideal sería con máquinas, pero el problema es que puede ceder el terreno por sus condiciones naturales”. (Ver Figura 3).



Figura 3: Puente sector Bomba Mobil (11/10/2016)

Fuente: Notitarde

Fuertes lluvias causan inundaciones en San Diego, Carabobo (01/12/2016),
Fuente Noticias al Día

Citando el texto: “Tras las fuertes lluvias registradas la madrugada de este jueves se generaron inundaciones en el municipio San Diego. Vecinos compartieron a través de la red social Twitter imágenes alarmantes que muestra como el agua cubrió sus casas y autos a una altura de un metro aproximadamente. La alcaldía de San Diego explicó que la acumulación de sedimentos en el puente de Los Guayos a la altura de la ARC es

causante de los altos niveles de agua en la entidad.

En este sentido, las autoridades hacen un llamado para abstenerse de transitar por la avenida Don Julio Centeno y el Distribuidor de Divenca para permitir el tránsito libre a las unidades de emergencia. Las clases fueron suspendidas en el municipio. Informaron que bomberos de la entidad se encuentran atendiendo las emergencias, recomiendan a los vecinos mantenerse en sus casas”.

Una vez obtenida la información por parte de registros históricos, procedieron a realizar el análisis de la cuenca del río Cúpira mediante la utilización de software especializado para la delimitación, determinación de área y perímetro, trazado de cauces principales y afluentes, una vez realizado, procedieron a los cálculos de las propiedades intrínsecas a la cuenca hidrográfica del río mediante teoremas aplicados al estudio hidrológico, junto a eso obtuvieron la información de los tipos de suelo mediante análisis de laboratorio previamente realizados en la zona. Concluyendo que las principales razones de las inundaciones son la acumulación de sedimentos y la falta de mantenimiento de los sistemas de drenaje urbano.

Gracias a la investigación presentada por Cupel y Hernandez se destaca la metodología de análisis para la cuenca del río Cúpira el cual está ubicado dentro de la zona de estudio de la presente investigación, además de señalar los diferentes factores de inundación, registros históricos y tipos de suelo de la zona, por lo que será una base fundamental para el desarrollo de la investigación.

Así mismo, Silva (2016) en su tesis titulada **“Análisis preliminar de la vulnerabilidad física ante desbordes en la zona de influencia”** para optar al título en ingeniería civil en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo de Peru, teniendo como objetivo categorizar las zonas de vulnerabilidad física mediante el empleo de la metodología desarrollada para el trabajo de campo partiendo de la revisión de los instrumentos en la recopilación de datos, la delimitación de la microcuenca, el levantamiento topográfico del área de estudio, obtención de datos pluviométricos de las estaciones meteorológicas así como la identificación de las características de las

viviendas que se encuentran ubicadas en el margen del río a través de una ficha técnica, para estimar el peligro de desborde en la zona de influencia y determinar posteriormente el nivel de vulnerabilidad de las viviendas frente a desbordes. La metodología obedece a procedimientos estándares de métodos cuantitativos de la gestión del riesgo de desastres para la determinación de las áreas susceptibles a esta amenaza. Para el cálculo de caudales se realizó el análisis de frecuencias de eventos hidrológicos máximos, aplicables a precipitación máxima de 24 horas aplicando el método racional.

El análisis de cuencas, resultados topográficos, revisión de registros de precipitación, chequeo de edificaciones en la zona afectada y caudales para precipitaciones máximas mediante el método racional representan la metodología correcta a emplearse en la presente investigación para el análisis de riesgos ambientales por parte de las precipitaciones e inundaciones en la zona afectada.

Por último, Leal (2014) en su trabajo de grado titulado, “**Lineamientos para la gestión de riesgos de desastre por aludes torrenciales**” optando al título en especialista en gestión ambiental de la universidad Simón Bolívar, teniendo como objetivo formular los lineamientos para la gestión de riesgos determinó las múltiples amenazas mediante datos catastrales del municipio Chacao y resultados obtenidos del plan de desarrollo urbano local, logrando cuantificar la cantidad de personas afectadas en caso de presentarse un desastre tan importante como son los aludes torrenciales; realizando mapas de vulnerabilidad la cual separó bajo 3 categorías en cuanto al uso de las edificaciones:

1. Instalaciones esenciales como todas aquellas cuyas funciones contemplen la seguridad pública o aquellas cuya inhabilitación pueda ser catastrófica tales como edificaciones educativas, medico asistenciales, gubernamentales, estratégicas y de seguridad, atención y respuesta ante emergencias.

2. Instalaciones críticas, como aquellas estructuras con alta densidad de ocupación cuya falla provocaría numerosas muertes y lesiones, tales como hoteles, centros comerciales, centros culturales, recreativos y religiosos.

3. Concentración de edificaciones con uso residencial, abarcando viviendas unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares.

Con los datos obtenidos mediante los estudios realizados logró obtener la información necesaria para la realización de los mapas de vulnerabilidad determinando las zonas posiblemente afectadas por aludes torrenciales. Siendo así una herramienta indispensable para la toma de decisiones ante las medidas correctivas y planes de acción por parte de las autoridades y organismos competentes.

La generación de mapas de vulnerabilidad y la categorización de edificaciones en la zona junto a la metodología aplicada para la recolección y análisis de data describen los pasos para la realización de la presente investigación en cuanto a desastres por parte de los aludes torrenciales en la zona se refiere.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Análisis hidrográficos de cuencas.

El análisis hidrográfico se basa principalmente en conocer las características topográficas e hidrológicas de una cuenca para lograr determinar las propiedades intrínsecas de la zona. Para ello es necesaria la recolección de data para su consecuente análisis, los datos necesarios son:

- Determinación y delimitación de la cuenca hidrológica.
- Trazado del cauce principal, afluentes y cauces secundarios dentro de la cuenca.
- Identificación de las curvas de nivel.
- Localización de carreteras y asentamientos urbanos
- Descripción de las coberturas superficiales.
- Análisis de los registros de precipitaciones evaluados en las estaciones pluviométricas.
- Recolección de data sobre condiciones climáticas y registros históricos referentes al ciclo hidrológico en la zona.

Una vez recolectada toda la información se procederá a la determinación de

características tales como:

- Elevación media de la cuenca:

Para este análisis es necesario conocer la disposición de las curvas de nivel en el terreno y mediante softwares de análisis lograr conocer el área total entre cada curva consecutiva y el área total de la cuenca (ver figura 4).

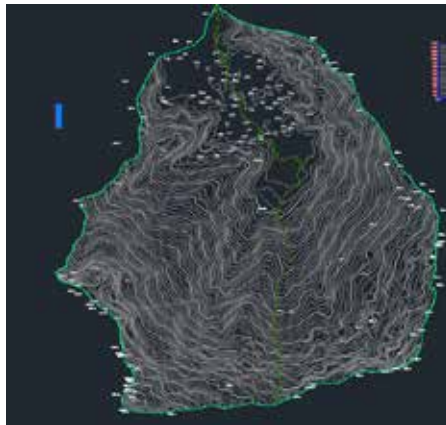


figura 4: Análisis de la cuenca hidrográfica del río Patanemo.

Fuente: Bernal, Loaiza, Mesa, Sanjuan, 2018.

2.2.2 Cuenca Hidrológica

La cuenca hidrológica es un concepto que involucra al territorio y a la dinámica del agua en éste, es decir, es un concepto geográfico e hidrológico y se define como el área de la superficie terrestre por donde el agua de lluvia escurre y transita o drena, a través de una red de corrientes, que fluyen hacia una corriente principal y por ésta, hacia un punto común de salida o almacenamiento.

Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas" (Su contorno o perímetro se encuentra limitado por el lomo o filo de las montañas, denominado parteaguas). El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes, pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden

inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios.

2.2.3 Perímetro, Cauce principal y Longitud

El Perímetro (P) se corresponde con la longitud del polígono que define los límites de la cuenca y depende de la superficie y forma de ésta.

Antes de definir la propiedad Longitud es importante aquí destacar que se define como Cauce Principal de la Cuenca Hidrográfica a aquél que pasa por el punto de salida de la misma y el cual recibe el aporte de otros cauces, de menor envergadura y que son denominados tributarios. (ver Figura 5)

figura 5: Tributarios, y cauce principal de una cuenca hidrográfica

Fuente: Tutoriales al día, Ing. Civil, 2017

2.2.4 Elevación media de la cuenca (\bar{E}).

$$\bar{E} =$$

2.2.5 Escurrimientos superficiales.

Es la porción de la precipitación que fluye hacia los arroyos, canales, ríos, lagos u océanos como corriente superficial. De dicha definición se concluye que, el escurrimiento superficial es solo una parte de la precipitación, ya que el resto puede ser interceptado por la vegetación, puede ser almacenada, infiltrarse o ser retenida por el suelo, o bien puede evaporarse.

Para estimar los escurrimientos superficiales, es necesario considerar la porción de la precipitación que es interceptada en sus diferentes formas y posteriormente estimar la cantidad de lluvia que forma el escurrimiento.

Para calcular el volumen de agua que puede almacenarse, basta con conocer el escurrimiento medio de la cuenca y el área de la misma, sin embargo, para la mayoría de las obras de conservación, es necesario determinar los escurrimientos máximos. Estos pueden dividirse en dos grupos, los asociados a:

- Precipitación.
- Cuenca o área de drenaje.

Estos consideran la precipitación media, distribución de la lluvia en el área de drenaje, la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia.

2.2.6 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración es el parámetro característico de una cuenca que define el tiempo que debe perdurar un evento de precipitación sobre los terrenos considerados para que cada uno de los cauces de la red de drenaje descargue sus aguas al punto de concentración establecido. Tal valor marca la condición hidrológicamente más desfavorable en el comportamiento de la cuenca, en función de la cual deben proyectarse las obras existentes o por materializar en el punto de concentración para procurar un mayor grado de seguridad, funcionalidad y perdurabilidad. Esto deja ver que la estimación del parámetro en cuestión es un proceso en extremo delicado, en el cual pueden intervenir diferentes formulaciones y del cual, por lo tanto, pueden surgir diversos resultados, no necesariamente similares.

Para ello se utiliza la ecuación de la Dirección general de carreteras, considerando que, según los análisis de Intensidad-Duración-Frecuencia de precipitaciones, la intensidad de las precipitaciones disminuye conforme pasa el tiempo (ya que aumenta el tiempo de concentración y, con ello, la duración del evento); mientras que el segundo se obtiene en función a las distancias, pendientes y coberturas superficiales de los cauces aislados.

- Dirección general de carreteras:

$$T_v = 0,0003455 * \left(\frac{L}{J^{1/2}} \right)^{0,77}$$

donde: $\begin{cases} T_v: \text{Tiempo de viaje.} \\ L: \text{Longitud del cauce principal} \\ J: \text{Pendiente del cauce principal.} \end{cases}$

2.2.7 Pendiente promedio del cauce principal:

La pendiente del cauce se conoce como el porcentaje de inclinación entre dos puntos del río, necesitando datos como diferencias entre cotas y longitudes horizontales. la pendiente promedio se puede obtener de múltiples formas, pero la más utilizada resulta con la ecuación de Taylor – Schwartz a partir de un perfil longitudinal.

$$L_p = \frac{L_c}{N} \quad ; \quad \bar{S} = \left[\frac{N}{\sum_{i=1}^N (S_i)^{-1/2}} \right]^2$$

Dónde: $\begin{cases} L_p: \text{Longitud del tramo constante a considerar.} \\ L_c: \text{Longitud del cauce principal.} \\ N: \\ S_i: \text{Pendiente por tramo } L_p. \end{cases}$

2.2.8 Medición de la precipitación

Se mide por la altura que alcanza la lámina de agua resultante. Dicha medición se efectúa mediante pluviómetros entre los que se pueden mencionar el de cántaro, que recoge el agua sobre él y solamente proporciona volumen de la precipitación ocurrida entre dos mediciones el de cubeta basculante, el cual el peso de una pequeña cantidad de agua hace bascular una cubeta que activa un mecanismo y marca el hecho mediante una aguja quedando registrado en un cilindro con papel el volumen y el tiempo y, por último, otros métodos, incluidos los basados en instrumentos como radares. Multiplicando la altura de la precipitación por el área de la cuenca se obtendrá el volumen de la lluvia.

2.2.9 Tipos de lluvias

2.2.9.1 Según su origen

- **Lluvias convectivas:** También denominada como lluvias por corrientes ascendentes de aire cálido. Este tipo de lluvia se origina cuando una zona de la tierra se llega a calentar mucho más que en otra, llegando a transmitirse el calor a la masa de aire que está por encima, la cual poco a poco se eleva como si se tratara de una burbuja, y luego al bajar se enfría. En presencia de humedad se crea una nube, se da inicio a la condensación y de allí comienza la lluvia. Este tipo de lluvia es muy común en zonas húmedas y cálidas; y en lugares templados durante los veranos secos.
- **Lluvias ciclónicas:** Se le suele conocer como lluvias frontales. Este tipo de lluvia se suele dar en latitudes medias y altas, donde una masa de aire frío se mantiene, por ser más densa, por debajo de una masa de aire más cálidas, pero estas nunca se llegan a mezclar. Ahora bien, cuando la masa caliente llega a topar a la masa de aire fría rápidamente asciende y al mismo tiempo se condensa, creando así nubes y luego aparecen las lluvias. Estas lluvias se producen específicamente en el área donde ambas masas de aire hicieron el contacto.

- **Lluvias de relieve:** Llamadas también lluvias orográficas. Ocurren cuando tropiezan los vientos húmedos del mar con un relieve alto o con una montaña, donde rápidamente suben para mantener la barrera orográfica, donde a medida en que se levanta esa masa de aire se va condensando, dando a lugar a nubes cargadas de agua, y de allí se da inicio a la lluvia. En ocasiones cuando sube o va descendiendo y no llega a chocar con una fuente humedad, se considera el aire como seco, por lo tanto, la lluvia no se desencadena. Es por esta última razón que se originan las sombras pluviométricas y los desiertos orográficos.

2.2.9.2 Según la intensidad

- **Torrenciales:** Son lluvias que tienen una intensidad superior a los 60 mm/h.
- **Lluvias muy fuertes:** Describe a las lluvias que tienen una cantidad de precipitación entre los 30 y los 60 milímetros por hora.
- **Lluvias fuertes:** En este tipo de lluvia la cantidad de precipitación por hora es entre los 15 y 30 mm.
- **Lluvias moderadas:** Son lluvias que en cantidad de precipitación por hora se mantienen entre los 2 y los 15 mm.
- **Lluvias débiles:** Se trata de lluvias que precipitan a una cantidad menor de los 2 milímetros por hora.

2.2.9.3 Según su Precipitación

- **Llovizna:** Se trata de lluvias tan débiles que el viento la pulveriza.
- **Chubasco:** Tipo de lluvia con una precipitación entre fuerte y moderada, la cual dura muy poco. Suele estar acompañada de vientos fuertes.
- **Lluvia pasajera:** En este tipo de lluvia la precipitación es muy intensa y dura muy poco tiempo. En cantidad es mucha el agua precipitada frente al tiempo que dura la lluvia.
- **Monzón:** Al igual que la lluvia pasajera, su precipitación es muy intensa y viene acompañado de vientos fuertes, pero la diferencia estriba en que la precipitación

dura mucho tiempo. Este tipo de lluvia suele suceder en países cálidos y húmedos.

- **Tromba:** También se le conoce como manga de agua. Esta suele suceder raramente, donde la precipitación es muy débil y viene acompañada de vientos muy fuertes, donde usualmente toman la forma de un remolino.

2.2.10 Creación de las curvas intensidad – duración – frecuencia (IDF).

Las curvas representan la intensidad de la lluvia para cada período de retorno, logrando así estimar estadísticamente la probabilidad de las precipitaciones en la zona. La información que representan las curvas es de suma importancia para el análisis de cualquier obra hidráulica. Para la obtención de las gráficas es necesario analizar registros de precipitaciones para poder calcular las intensidades.

2.2.11 Probabilidad de la lluvia esperada

Se consideran los valores de lluvia de una estación meteorológica obtenidos en varios años de registro. Estos se ordenan de mayor a menos y se establece la probabilidad de ocurrencia, de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$P = (m / n + 1) * 100$$

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia, %

m = número de orden,

n = número total de observaciones

2.2.12 Distribución de Gumbel (Método gráfico).

La distribución en papel Gumbel tipo 1 permite conocer las intensidades para cada uno de los períodos de retorno requeridos en cada uno de los análisis, utilizando las probabilidades de ocurrencia y las intensidades calculadas se procede a realizar la gráfica.

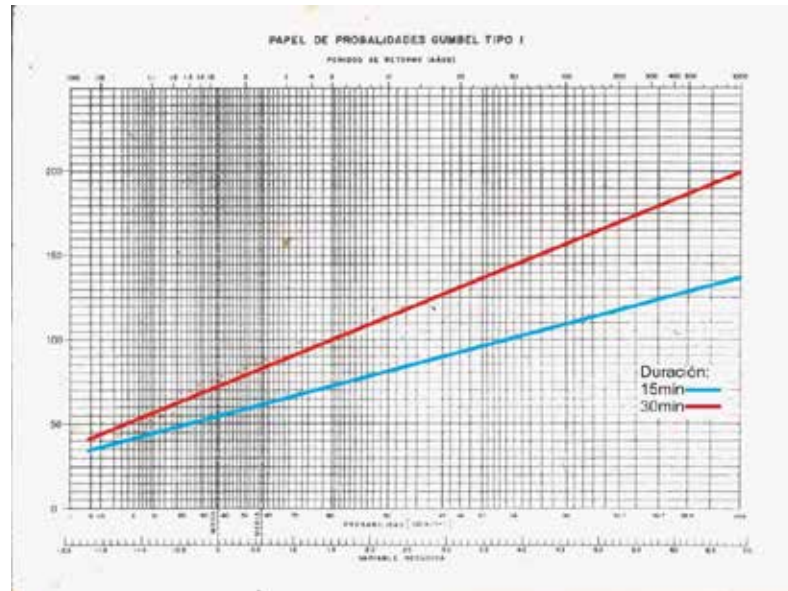


figura 6: Distribución Gumbel para 15 y 30 minutos, cuenca de Patanemo.

fuentes: Bernal, Loiza, Mesa, Sanjuan

2.2.13 Estimación de intensidades para períodos de retorno utilizando graficas Gumbel

Una vez graficados los datos de precipitación obtenidos en las distribuciones Gumbel tipo1 se procede a estimar las intensidades mediante la apreciación de las gráficas

2.2.14 Curvas IDF

Con los estimados se procede a graficar la curva IDF la cual representará las intensidades en cada período de retorno requerido en la investigación y análisis. (Ver figura 7)

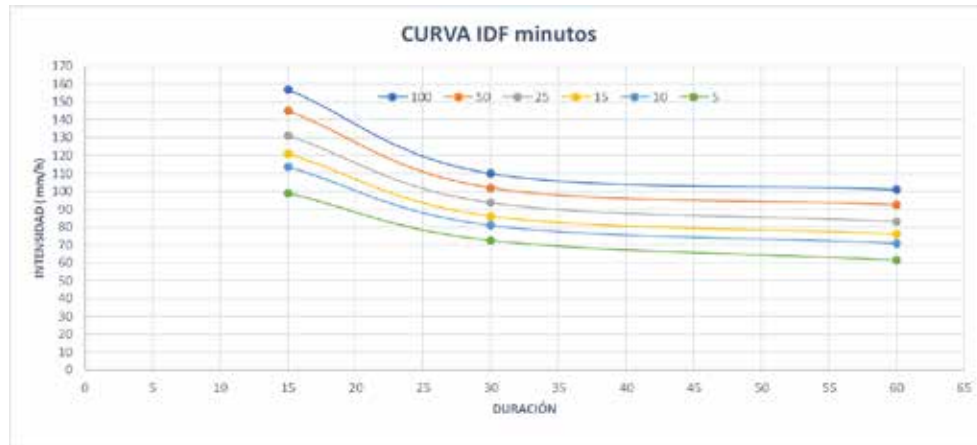


figura 7: Curva IDF para minutos. Patanemo

fuelle: Bernal, Loaiza, Mesa, Sanjuan, 2018

2.2.15 Inundaciones y sus Causas

WHITTOW (1988) define el proceso como la sumersión bajo el agua de una zona terrestre que normalmente no está cubierta por la misma, debido a un cambio relativamente rápido del nivel de la masa de agua en cuestión.

No todas las crecidas producen inundaciones y no todas las inundaciones proceden de crecidas de sistemas fluviales. Mientras las crecidas siempre tienen lugar en sistemas fluviales, aunque su mecanismo y sus efectos no afectan sólo a los cauces, las inundaciones pueden producirse por desbordamiento de un cauce, pero también por elevación del nivel del mar o del nivel freático, dificultades de drenaje, represamientos, etc. En las crecidas fluviales las inundaciones reducen la punta de caudal, ya que expanden el flujo y ralentizan el paso del agua, retardan la descarga, constituyendo por tanto una laminación natural de la crecida.

Las principales causas de inundación son las siguientes: Desbordamiento de un cauce como consecuencia de una crecida. Es lo que se puede denominar inundación fluvial, que será diferente según nos encontremos en un cono de deyección, en un curso alto, en un curso bajo o en una llanura de inundación próxima a la costa en la que la zona inundable adquiere forma irregular afectando a marismas o albuferas (MATEU,

1990). En Venezuela las cuencas hidrográficas en las que se divide el territorio presentan diversidad de tipos de paisaje que se asocian a los cursos de agua. Las inundaciones en el país se reportan cada año asociadas al periodo de lluvias. La cuenca del Lago de Maracaibo, los tramos inferiores del Sistema Coriano, los Llanos Occidentales y Centrales, los llanos Meridionales, los tramos medios e inferiores de las cuencas nororientales y las vegas y el Delta del Río Orinoco, han presentado inundaciones en el pasado haciendo un extenso historial de eventos en el país.

En el caso de las zonas urbanas, la mayoría de las ciudades venezolanas se encuentran localizadas históricamente en la cercanía de cursos de agua. La expansión física de estas ciudades ha ido gradualmente invadiendo los lechos de inundación creando zonas de riesgos. Aunado a ello, el fuerte grado de intervención y consiguiente modificación de la cuenca como las alteraciones a la topografía original, la impermeabilización producto de la consolidación de vías y viviendas en los cursos de agua y sus adyacencias, ha generado cambios en las condiciones de escurrentía e infiltración, haciendo del escurrimiento superficial fuente de inundaciones repentinas en áreas urbanas.

2.2.16 método de Muskingum

Cuando se habla de tránsito de crecida, se habla de una técnica hidrológica que busca de considerar el efecto de almacenamiento que se produce tanto en canales (naturales o no), como en las planicies de inundación y sobre la superficie del terreno.

A medida que aumenta el caudal de un río, aumenta también el nivel del agua, y con él la cantidad almacenada temporalmente en el canal. Durante la recesión de la creciente el canal debe producir una cantidad de agua equivalente al volumen almacenado. Teniendo el caudal en un punto aguas arriba, el proceso de tránsito puede utilizarse para calcular el caudal en un punto aguas abajo. El método de tránsito de crecidas puede aplicarse para calcular el hidrograma que resultara de un patrón específico de lluvias de exceso.

El modelo matemático de Muskingum está dado por:

$$Qs2 = Co Qe2 + C1 Qe1 + C2Qs1$$

Donde:

$$Co = \frac{(Kx - 0.5)}{(K - Kx + 0.5 Tu)} \quad C1 = \frac{(Kx + 0.5 Tu)}{(K - Kx + 0.5Tu)}$$

$$C2 = \frac{(Kx + 0.5 Tu)}{(K - Kx + 0.5Tu)}$$

$X = 0$ (valor para un embalse)

K = se obtiene de la gráfica $K - Tc$ (ver figura 15)

Qe = Caudal de entrada, en m^3/s .

Qs = Caudal de salida, m^3/s .

$$Qi = \frac{100 Ai Pi}{n \Delta t} = ci Pi$$

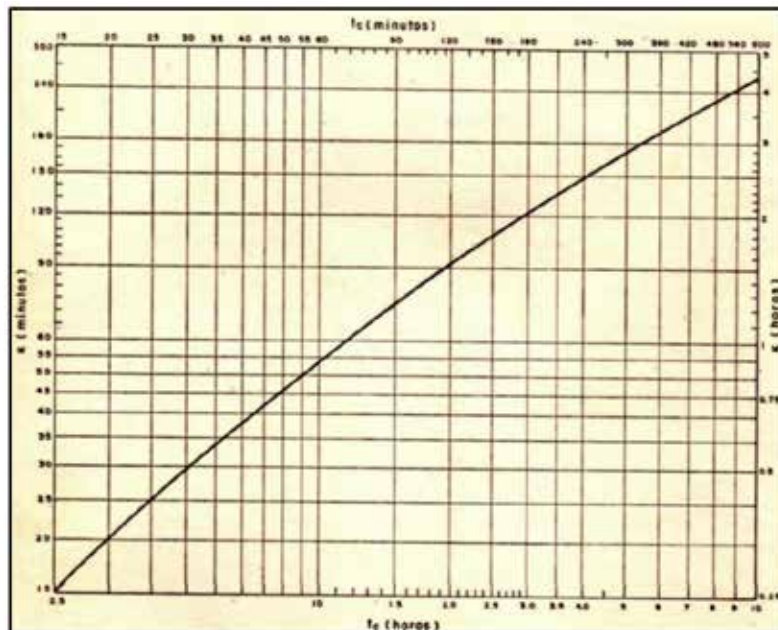


figura 8: Grafico K-tiempo de concentración.

Fuente: Luis Franceschi, 1983

2.3 Bases Legales

Las bases legales de la presente investigación se encuentran representadas en primer lugar por la ley de organización nacional de protección civil y administración de desastre (2001) aprobada en la gaceta oficial de la república bolivariana de Venezuela N° 5.557

Artículo 16: A las Direcciones de Protección Civil y Administración de Desastres estatales y municipales les corresponde:

1. Definir y aprobar, conforme a las directrices emanadas del Comité Coordinador Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, los planes estatales y municipales de protección civil, preparación y atención de desastres.

2. Contribuir con recursos funcionales y operacionales para los servicios de prevención y extinción de incendios, y de búsqueda y salvamento existentes en las áreas geográficas de su responsabilidad.

3. La promoción y desarrollo de la autoprotección ciudadana.

4. Diseñar y desarrollar programas educativos y de capacitación de las comunidades en gestión local de riesgo y protección civil.

5. La promoción y apoyo funcional en el desarrollo y mantenimiento en la capacitación y profesionalización del personal de los servicios relacionados con la Protección Civil y Administración de Desastres.

A su vez la ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009) aprobada en la gaceta oficial de la república bolivariana de Venezuela N° 39.095 en su artículo 12 establece que:

El Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos tendrá las siguientes atribuciones:

1. Establecer las directrices para la reducción de riesgos socionaturales y tecnológicos en la formulación de los planes, programas y actividades nacionales, estatales, municipales, locales, comunales, sectoriales y especiales de desarrollo de la Nación.

2. Aprobar los mecanismos para la ejecución, seguimiento y evaluación de los lineamientos generales para la reducción de riesgos socionaturales y tecnológicos.

3. Aprobar los lineamientos generales de coordinación para la administración de emergencias y desastres.

4. Promover planes y programas específicos destinados a reducir las condiciones de riesgo existente en la Nación.

5. Establecer estrategias para el fortalecimiento institucional de todos los órganos y entes públicos, tanto en reducción de riesgos socionaturales y tecnológicos como en preparación y respuesta ante emergencias y desastres.

6. Fomentar la creación de sistemas de información que sirvan de soporte, para mejorar la capacidad técnica de las actuaciones institucionales y garantizar la disponibilidad de información histórica y el acceso a las experiencias en el tema.

Los artículos mencionados destacan las competencias de las direcciones gubernamentales para la creación de planes con el fin de la reducción de fatalidades en casos de desastres. La presente investigación tiene como objetivo evaluar los riesgos naturales y antropogénicos logrando así generar mapas de vulnerabilidad representará las zonas más afectadas.

A su vez la Ley de suelos y aguas (2007) aprobada en la gaceta oficial de la república bolivariana de Venezuela N° 35.595 en su Artículo 4 agrega que:

La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos:

1. Garantizar la conservación, con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas tanto superficiales como subterráneas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ecológicas y la demanda generada por los procesos productivos del país.

2. Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes.

Siendo así la base para la creación de medidas correctivas en casos de desastres de naturaleza fluvial.

En el mismo orden de ideas, el Artículo 14 establece que la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de:

1. Los planes de gestión integral de las aguas; así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socio naturales y cronológicos en la sociedad.

2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

Por lo que el análisis de planes de desarrollo urbano local (PDUL) resulta fundamental para la creación de mapas enfocados a las vulnerabilidades en la zona de estudio.

Mientras que, el Artículo 15 dicta que: El análisis de riesgos estará orientado a la prevención y control de inundaciones, inestabilidad de laderas, movimientos de masa, flujos torrenciales sequías, subsidencia y otros eventos físicos que pudieran ocasionarse por efecto de las aguas. Asimismo, el análisis de riesgos considerará la prevención y control de las enfermedades producidas por contacto con el agua y las transmitidas por vectores de hábitat acuático.

Estableciendo así, los factores de riesgos de origen fluvial de carácter natural y antropogénico.

Así mismo, la Ley orgánica del ambiente (2006) aprobada en la gaceta oficial de la república bolivariana de Venezuela N° 5.833 establece en su artículo 23 Los lineamientos para la planificación del ambiente.

1. La conservación de los ecosistemas y el uso sustentable de éstos asegurando su permanencia.

2. La investigación como base fundamental del proceso de planificación, orientada a determinar el conocimiento de las potencialidades y las limitaciones de los recursos naturales, así como el desarrollo, transferencia y adecuación de

tecnologías compatibles con desarrollo sustentable.

3. La armonización de los aspectos económicos, socioculturales y ambientales, con base en las restricciones y potencialidades del área.

4. La participación ciudadana y la divulgación de la información, como procesos incorporados en todos los niveles de la planificación del ambiente.

5. La evaluación ambiental como herramienta de prevención y minimización de impactos al ambiente.

6. Los sistemas de prevención de riesgos para garantizar su inserción en los planes nacionales.

Por lo tanto, el correcto uso de los recursos y suelos en una zona resulta de gran importancia para la correcta gestión ambiental, la cual consecuentemente permitirá una reducción en los factores de riesgo.

2.4 Definición de Términos Básicos

Alud o deslave: Deslizamientos de tierra, suceden cuando grandes cantidades de rocas, tierra o detritos (masa sólida descompuesta) bajan por una pendiente. Los aludes de barro, también conocidos como flujos de lodo o deslizamientos de barro, son un tipo común de deslizamiento de tierra a gran velocidad que tiende a desplazarse formando canales.

Caudal: Cantidad de agua que lleva una corriente que fluye de un manantial o fuente.

Curva de nivel: Línea que en un mapa une todos los puntos que tienen igualdad de condiciones, normalmente altitud sobre el nivel del mar.

Estación pluviométrica: instrumento utilizado por los meteorólogos e hidrólogos para recoger y medir la cantidad de precipitación líquida durante un período determinado de tiempo.

Perfil Longitudinal: Es la representación gráfica del corte que produce en el terreno el plano vertical que contiene el eje de una obra lineal. En este perfil se relaciona altimétricamente la rasante o línea teórica que se quiere conseguir con la traza o línea real del terreno.

Período de retorno: Es una representación usada comúnmente para presentar un estimativo de la probabilidad de ocurrencia de un evento determinado en un período de tiempo.

Riesgo antropogénico: Hace referencia a las acciones humanas que influye en el medio ambiente, es decir, es el cambio suscitado en un entorno gracias a la intervención o el trabajo de manos humanas.

talud: Diferencia de grosor en un muro (más grueso en la parte inferior que en la parte superior, de modo que resista la presión de la tierra tras él).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación

Sabino (1992); Martínez y Rodríguez (s.f) plantean que, una vez culminadas las etapas de planteamiento y formulación del problema y de definición de los objetivos de investigación, es necesario definir el diseño bajo el cual se orientará el trabajo científico, dado que esto permitirá contrastar los aspectos teóricos a los que se atiende con la realidad objeto de análisis, para así poder generar nuevos conocimientos.

En este sentido, Baptista *et al.* (2014) establecen dos diseños de investigación: experimental y no experimental. El primero de ellos implica la manipulación de las variables en estudio por parte del investigador, mientras que el segundo se limita a la observación de los fenómenos tal y como se presentan en la naturaleza, bien sea a través de un período de tiempo o en un momento único (criterio empleado por Borja (2012) para categorizar a las investigaciones no experimentales como longitudinales o transversales respectivamente).

En el mismo orden de ideas, se trata de un proyecto factible ya que ofrece soluciones desde el punto de vista de la ingeniería civil en cuanto a la gestión ambiental se refiere, pudiendo beneficiar a los organismos competentes.

3.2. Nivel de la Investigación

En cuanto al nivel de profundidad, la investigación es de tipo descriptiva ya que como lo define Delgado (2011) este tipo de investigación busca “Reseñar las características primordiales de un fenómeno”, teniendo en cuenta las dimensiones del estudio basándose en la identificación, registro y análisis de una situación real. En el caso de la investigación se trabajará con datos existentes extraídos directamente de la identificación y registro de la zona en cuestión, además de la utilización de data ya existente en los registros de las autoridades competentes.

3.3. Diseño de la Investigación

Se trata de un trabajo de campo “Es el análisis sistemático de problemas de la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos o entender su naturaleza y factores constituyentes...” (Manual UPEL Pág. 18), para la realización de la investigación es totalmente necesaria la recolección de data en el sitio para lograr describir los fenómenos y características que presenta la zona de estudio.

También se considera un trabajo documental ya que presenta recolección, selección, análisis y presentación de información coherente a partir del uso de documentos además del uso de diferentes técnicas e instrumentos para la localización y clasificación de datos, análisis de documentos y de contenidos

3.4 Población y muestra

Según Tamayo y Tamayo, (1997), “La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (P.114) En el caso de la presente investigación la muestra es igual a la población ya que se analizarán los fenómenos naturales y antropogénicos ocurrentes en la zona Norte del municipio San Diego demostrando las zonas vulnerables.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de información, de acuerdo a Batista (2014), están representadas por todos aquellos métodos que se aplican con el fin de recopilar los datos referentes a las características, comportamientos o variaciones que presentan las unidades en estudio y que son de interés para el investigador. Atendiendo a lo expuesto, y por la naturaleza del proyecto de investigación que se desarrolla, resulta conveniente destacar las siguientes técnicas de recolección:

Observación directa: Si bien es una de las técnicas más antiguas, la observación directa o simple resulta ser una de las más empleadas en el campo actual de ingeniería (Borja, 1992), ya que le permite al investigador valerse de sus sentidos, especialmente la vista, para extraer información de elementos y fenómenos de la naturaleza, sin llegar a

influir en su desarrollo (Sierra, 1991, citado en Gascón, 2016). Esta técnica se empleará para identificar los diferentes factores de vulnerabilidad que pueden existir en la zona Norte del municipio San Diego

Revisión documental: Con esta técnica la información no se recoge directamente de la realidad estudiada, sino de distintos tipos de fuente secundaria, como libros, revistas, documentos oficiales y normas, publicaciones electrónicas, entre otros (Hurtado 2000). De esta manera es posible obtener información útil que lleve a profundizar los conocimientos existentes sobre el área o campo del saber dentro del cual se conduce una investigación, lo que favorece el desarrollo de la investigación en cuestión por enriquecer las bases teóricas y procedimentales sobre las cuales se ha de trabajar.

Atendiendo a lo planteado, en el transcurso del presente proyecto se utilizará la revisión documental para recolectar información sobre las precipitaciones, daños y fenómenos manifestados en el área de estudio.

Libreta de campo: Una libreta, cuaderno, cartera o diario de campo es un conjunto de páginas especiales que se presentan encuadradas con una cubierta resistente, y que permiten expresar con facilidad y claridad los datos que sean obtenidos en operaciones topográficas de campo; las páginas presentan rayado tanto horizontal como vertical, pudiendo variar la separación entre las rayas según el fabricante y según se destine la libreta a usos específicos o generales (Barrera, 2018). Para el caso que compete se utilizarán, según la cantidad de datos que se recopilen, una o varias libretas de campo estándar, de rayado de columnas y filas en ambos lados; los encabezados, filas y columnas adicionales se agregarán cuando sea necesario, de forma manual, pero manteniendo el orden y pulcritud.

Google Earth Pro: Es una aplicación software desarrollada Google en 2009, siendo precedida por Google Earth, versión original del programa desarrollado en el año 2004 por Keyhole Inc. Google Earth Pro permite al usuario visualizar cualquier lugar del planeta Tierra, valiéndose de imágenes satelitales, fotografías aéreas, datos geográficos preexistentes y modelos generados por computadora para la creación de superficies en dos y tres dimensiones, sobre las cuales pueden realizarse mediciones de distancias,

alturas pendientes con alta precisión y libertad; el programa además permite imprimir imágenes y datos. Ante tales beneficios, se decide utilizar la aplicación referida para realizar la delimitación de las cuencas hidrográficas junto a la demarcación de cauces principales y zonas de interés ubicadas en la zona Norte del municipio San Diego, ya que el grado de precisión de la herramienta es considerado alto, reducirá los tiempos de análisis.

3.6 Fases Metodológicas de la Investigación

Con la finalidad de realizar la metodología adecuada para la investigación y facilitar la ejecución y representación del estudio se disponen a continuación las fases que desarrollaran a la investigación.

Fase I: Recopilación de registros históricos de desastres en la zona.

Resulta indispensable la revisión de registros históricos en la zona para la determinación de factores de riesgos y zonas de vulnerabilidad, tomando en cuenta la información propiciada por entes competentes e instituciones públicas.

Fase II: Identificación de los diferentes factores de riesgo.

Una vez revisados los registros históricos se procederá a evaluar cada uno de los factores de riesgo presente en la zona, con la intención de identificar las vulnerabilidades.

Fase III: Diagnostico de los ambientes de vulnerabilidad.

Ya identificados los factores de riesgo de la zona, se obtiene data suficiente para diagnosticar y evaluar las posibles zonas vulnerables antes los fenómenos naturales y antropogénicos.

Fase IV: Determinación de las zonas de riesgo.

Es de suma importancia analizar los datos de vulnerabilidades para proceder a determinar las zonas de riesgo, logrando así generar una sólida base para la creación y toma de decisiones en cuanto a medidas correctivas se refiere.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: Recopilación de registros históricos de desastres en la zona.

Mediante la revisión documental de eventos y registros en la zona Norte del municipio San Diego se logró obtener una visión más amplia en cuanto a la gestión de riesgos se refiere, con lo que se obtuvo la información suficiente para la delimitación de cada evento.

4.2 Fase II: Identificación de los diferentes factores de riesgo.

Con los datos analizados en la fase I se determinaron los factores de riesgo contundentes, capaces de generar daños considerables, siendo representados por las inundaciones, calidad de agua de los ríos Cúpira y San Diego, y el desplazamiento de masas producto de los derrumbes en las laderas del parque nacional San Esteban. gracias a estos documentos se pudo generar la información necesaria para determinar zonas vulnerables mediante métodos analíticos.

4.3 Fase III: Diagnostico de los ambientes de vulnerabilidad.

Conociendo la magnitud de cada evento analizado, se procedió a delimitar y diagnosticar cada uno de los ambientes de vulnerabilidad teniendo en cuenta las características de cada factor de riesgo.

4.4 Fase IV: Determinación de las zonas de riesgo.

Con toda la información analizada, se generaron mapas representativos de las zonas de riesgo por cada factor, mediante softwares especializados. Con la finalidad de presentar datos gráficos facilitando el proceso de toma de decisiones al momento de decidir las medidas correctivas, preventivas o compensatorias.

4.5 Delimitación y descripción de los riesgos

Tal como lo define la Real Academia Española (RAE) un riesgo es “Una ponderación de la probabilidad de un efecto perjudicial para la salud y la gravedad de ese efecto como consecuencia de un factor de peligro” (2002), es decir; todo aquello capaz de generar contratiempos o desgracias ocasionando daños, teniendo esto en cuenta se analizarán tres factores de riesgo principales en la zona norte del municipio San Diego, estando representados por las inundaciones provocadas por los dos ríos principales (Cúpira y San Diego), la calidad del agua y el derrumbe de una de las laderas del parque nacional San Esteban.

4.5.1 Inundaciones en la zona norte del municipio San Diego

Las inundaciones representan el mayor factor de riesgo dentro del municipio, estando presentes en múltiples ocasiones como se demostró en el punto 2.1, para el análisis de inundación es necesaria información de pluviómetros dentro o cercanos a la zona en estudio, junto a datos como áreas, pendientes y longitudes de los cauces a analizar, para ello se utilizaran herramientas como Google Earth para la delimitación de las cuencas y ríos principales, Global Mapper para la obtención de data topográfica mediante modelos digitales de elevación (DEM por sus siglas en inglés), Civil 3D para el análisis de pendientes, perfiles longitudinales, sección de los ríos, área entre curvas de nivel y exportación a softwares para el análisis de flujo, también se utilizará HEC-RAS para el análisis fluvial y estimación de alturas de agua para los diferentes períodos de retorno con un máximo de 100 años ya que es lo mínimo exigido para la determinación de las variables en la construcción de los puentes, a su vez se asume un flujo ideal considerando nula la interacción de las obras hidráulicas al cauce principal de los ríos.

4.5.2 Calidad de agua en la zona norte del municipio San Diego:

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. En algunas regiones, se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria es superior al costo de las intervenciones. El documento de la ONU “Guías para la calidad del agua potable” representa los estándares mundiales para las características físicas, químicas y bacteriológicas que puede presentar el agua que consumimos, para la obtención de los resultados se tomarán muestras del río Cúpira, río San Diego, agua de escorrentías sub-superficiales mediante pozos y agua proveniente de la distribución de Hidrocentro, con el fin de determinar las características de la misma y en tal caso determinar ambientes de vulnerabilidad por contaminación en las aguas.

4.5.3 Derrumbe en el parque nacional San Esteban:

El derrumbe se encuentra en las laderas del parque nacional San Esteban, cercano a la cabecera del río Cúpira, un movimiento de masas de esa magnitud puede originar un arrastre de sedimentos importante por parte del río, afectando a toda la zona residencial del municipio, para conocer las características del riesgo es necesario determinar las pendientes y cercanías a los cauces.



figura 9 : Zona de derrumbe

Fuente: Sanjuan 2019

4.6 Análisis de inundación

4.6.1 Recopilación de registros históricos:

Para la determinación de las curvas IDF es necesario conocer las máximas precipitaciones para diferentes duraciones en todos los años de registro, para ello se tomaron los datos de la estación San Diego, se debe tener en cuenta que existe un vacío de información desde el año 2000 al 2019 en el cual han sucedido múltiples eventos de extraordinarios los cuales no han sido registrados por las estaciones escogidas. (ver cuadro 3)

4.6.2 Determinación de períodos de retorno:

La ecuación para Tr está determinada de la siguiente forma:

$$Tr := \frac{(Mf + 1)}{Mi}$$

Siendo Mf el número correspondiente al último registro y Mi el número correspondiente al año analizado, las precipitaciones deben ser ordenadas de mayor a menor en cada duración (ver cuadro 4).

$$Mf = 31 \quad Mi = 1 \quad Tr := \frac{(Mf + 1)}{Mi} = 32$$

Cuadro 2

Máximas precipitaciones registradas por la estación San Diego (1968-2000)

año	duración								
	15 min	30 min	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1968	10.1	38	57	58	82	84	84	73	50
1969	24.7	35.9	46	30	55	66	70	44	50
1970	17.4	9.2	21	52	21	31	34	40	126
1971	22.7	31.3	34	127	56	69	69	46	74
1972	24.4	39.3	51	26	56	65	66	84	34
1973	26.2	38	39	24	39	39	39	70	84
1974	24.5	36.8	49	22	53	53	53	34	77
1975	24.5	33.9	49	31	52	52	52	72	42
1976	31	45.3	86	29	140	140	140	66	70
1977	15.9	21.3	25	32	35	64	71	39	73
1978	15.2	24	26	26	26	26	26	53	141
1979	18.3	20.4	22	24	27	29	28	52	72
1980	25.7	13.3	18	27	33	33	33	140	44
1981	16.9	18.1	19	21	23	23	23	72	52
1982	28	50	70	78	78	78	78	26	33
1983	39.3	43.8	47	61	61	61	61	47	28
1984	57.2	76.5	81	81	81	81	81	33	98
1985	34.1	37	46	65	79	85	88	23	62
1986	19.7	32.4	33	33	33	33	33	78	81
1987	30.4	36.3	49	71	73	74	74	61	108
1988	21.9	40.1	59	83	107	112	114	81	111
1989	23	37.6	45	50	50	50	50	88	85
1990	7.9	43	11	56	58	87	88	33	149
1991	23.4	9.6	50	78	94	94	100	74	50
1992	40.1	28.5	69	75	77	79	79	79	89
1993	23.5	45.5	67	75	76	76	77	77	80
1994	8.5	37.5	10	10	10	10	10	10	77
1995	16.3	9.1	34	40	43	43	45	45	10
1996	14.9	26.5	36	38	52	52	52	52	45
1998	18.7	23.8	47	51	51	51	57	57	84
2000	22	33.6	34	37	37	48	48	50	62

Fuente: Sanjuan 2019

Cuadro 3
períodos de retorno

m	tr	Duración								
		15 min	30 min	1 hora	2 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas
1	32.00	57.2	76.5	86	127	140	140	140	140	149
2	16.00	40.1	50	81	83	107	112	114	88	141
3	10.67	39.3	45.5	70	81	94	94	100	84	126
4	8.00	34.1	45.3	69	78	82	87	88	81	111
5	6.40	31	43.8	67	78	81	85	88	79	108
6	5.33	30.4	43	59	75	79	84	84	78	98
7	4.57	28	40.1	57	75	78	81	81	77	89
8	4.00	26.2	39.3	51	71	77	79	79	74	85
9	3.56	25.7	38	50	65	76	78	78	73	84
10	3.20	24.7	38	49	61	73	76	77	72	84
11	2.91	24.5	37.6	49	58	61	74	74	72	81
12	2.67	24.5	37.5	49	56	58	69	71	70	80
13	2.46	24.4	37	47	52	56	66	70	66	77
14	2.29	23.5	36.8	47	51	56	65	69	61	77
15	2.13	23.4	36.3	46	50	55	64	66	57	74
16	2.00	23	35.9	46	40	53	61	61	53	73
17	1.88	22.7	33.9	45	38	52	53	57	52	72
18	1.78	22	33.6	39	37	52	52	53	52	70
19	1.68	21.9	32.4	36	33	51	52	52	50	62
20	1.60	19.7	31.3	34	32	50	51	52	47	62
21	1.52	18.7	28.5	34	31	43	50	50	46	52
22	1.45	18.3	26.5	34	30	39	48	48	45	50
23	1.39	17.4	24	33	29	37	43	45	44	50
24	1.33	16.9	23.8	26	27	35	39	39	40	50
25	1.28	16.3	21.3	25	26	33	33	34	39	45
26	1.23	15.9	20.4	22	26	33	33	33	34	44
27	1.19	15.2	18.1	21	24	27	31	33	33	42
28	1.14	14.9	13.3	19	24	26	29	28	33	34
29	1.10	10.1	9.6	18	22	23	26	26	26	33
30	1.07	8.5	9.2	11	21	21	23	23	23	28
31	1.03	7.9	9.1	10	10	10	10	10	10	10

Fuente: Sanjuan 2019

4.6.3 Probabilidades de ocurrencia e intensidades por hora:

Las probabilidades de ocurrencia son determinadas por la inversa del período de retorno, siendo:

$$P := \frac{1}{Tr}$$

Las intensidades serán calculadas mediante:

$$I := \frac{Pr}{D}$$

Siendo Pr las precipitaciones máximas en cada año y D las duraciones a las que corresponden (ver cuadro 5)

$$\begin{array}{l} Pr = 57.2 \text{ mm} \\ D = 0.25 \text{ hr} = 15 \text{ min} \end{array} \quad I := \frac{Pr}{D} = 228.8 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

Cuadro 4

Probabilidades e intensidades

m	tr	INTENSIDAD POR HORA										
		probabilidad de ocurrencia	probabilidad de ocurrencia	0.25	0.5	1	2	3	6	9	12	24
1	32.00	0.03	3%	228.80	153.00	86.00	63.50	46.67	23.33	15.56	11.67	6.21
2	16.00	0.06	6%	160.40	100.00	81.00	41.50	35.67	18.67	12.67	7.33	5.88
3	10.67	0.09	9%	157.20	91.00	70.00	40.50	31.33	15.67	11.11	7.00	5.25
4	8.00	0.13	13%	136.40	90.60	69.00	39.00	27.33	14.50	9.78	6.75	4.63
5	6.40	0.16	16%	124.00	87.60	67.00	39.00	27.00	14.17	9.78	6.58	4.50
6	5.33	0.19	19%	121.60	86.00	59.00	37.50	26.33	14.00	9.33	6.50	4.08
7	4.57	0.22	22%	112.00	80.20	57.00	37.50	26.00	13.50	9.00	6.42	3.71
8	4.00	0.25	25%	104.80	78.60	51.00	35.50	25.67	13.17	8.78	6.17	3.54
9	3.56	0.28	28%	102.80	76.00	50.00	32.50	25.33	13.00	8.67	6.08	3.50
10	3.20	0.31	31%	98.80	76.00	49.00	30.50	24.33	12.67	8.56	6.00	3.50
11	2.91	0.34	34%	98.00	75.20	49.00	29.00	20.33	12.33	8.22	6.00	3.38
12	2.67	0.38	38%	98.00	75.00	49.00	28.00	19.33	11.50	7.89	5.83	3.33
13	2.46	0.41	41%	97.60	74.00	47.00	26.00	18.67	11.00	7.78	5.50	3.21
14	2.29	0.44	44%	94.00	73.60	47.00	25.50	18.67	10.83	7.67	5.08	3.21
15	2.13	0.47	47%	93.60	72.60	46.00	25.00	18.33	10.67	7.33	4.75	3.08
16	2.00	0.50	50%	92.00	71.80	46.00	20.00	17.67	10.17	6.78	4.42	3.04
17	1.88	0.53	53%	90.80	67.80	45.00	19.00	17.33	8.83	6.33	4.33	3.00
18	1.78	0.56	56%	88.00	67.20	39.00	18.50	17.33	8.67	5.89	4.33	2.92
19	1.68	0.59	59%	87.60	64.80	36.00	16.50	17.00	8.67	5.78	4.17	2.58
20	1.60	0.63	63%	78.80	62.60	34.00	16.00	16.67	8.50	5.78	3.92	2.58
21	1.52	0.66	66%	74.80	57.00	34.00	15.50	14.33	8.33	5.56	3.83	2.17
22	1.45	0.69	69%	73.20	53.00	34.00	15.00	13.00	8.00	5.33	3.75	2.08
23	1.39	0.72	72%	69.60	48.00	33.00	14.50	12.33	7.17	5.00	3.67	2.08
24	1.33	0.75	75%	67.60	47.60	26.00	13.50	11.67	6.50	4.33	3.33	2.08
25	1.28	0.78	78%	65.20	42.60	25.00	13.00	11.00	5.50	3.78	3.25	1.88
26	1.23	0.81	81%	63.60	40.80	22.00	13.00	11.00	5.50	3.67	2.83	1.83
27	1.19	0.84	84%	60.80	36.20	21.00	12.00	9.00	5.17	3.67	2.75	1.75
28	1.14	0.88	88%	59.60	26.60	19.00	12.00	8.67	4.83	3.11	2.75	1.42
29	1.10	0.91	91%	40.40	19.20	18.00	11.00	7.67	4.33	2.89	2.17	1.38
30	1.07	0.94	94%	34.00	18.40	11.00	10.50	7.00	3.83	2.56	1.92	1.17
31	1.03	0.97	97%	31.60	18.20	10.00	5.00	3.33	1.67	1.11	0.83	0.42

Fuente: Sanjuan 2019

4.6.3 Método Estadístico para IDF:

Para este método es necesario calcular el promedio de intensidades para cada duración, junto a la desviación estándar para lograr obtener un factor de ajuste llamado coeficiente de variación (ver cuadro 6). La intensidad promedio será calculada mediante:

$$\text{promedio} = \frac{\text{precipitaciones}}{\text{n}^\circ \text{ de datos}}$$

la desviación estándar será calculada para cada duración mediante la expresión:

$$dv = \sqrt{\frac{(x-\text{prom})^2}{n-1}}$$
 Siendo x cada valor de la intensidad y n la cantidad de datos

El coeficiente de variación se determinará mediante la fórmula:

$$Cv = \frac{dv}{\text{prom}}$$

Cuadro 5

Método estadístico

DURACIÓN	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
0.25	93.73	39.76576579	0.424263057
0.5	65.52	27.70904437	0.422893056
1	42.90	19.37413196	0.451577512
2	24.37	12.95052621	0.531391545
3	18.90	9.259707038	0.489847983
6	10.15	4.656607181	0.458754733
9	6.89	3.15321821	0.457487197
12	4.84	2.095904723	0.433394417
24	3.01	1.344923306	0.446507336

Fuente: Sanjuan 2019

4.6.4 Coeficientes para períodos de retorno:

Como factor de ajuste por cada período de retorno se calculará mediante la formula

$$YTr := -\ln\left(-\ln\left(1 - \left(\frac{1}{Tr}\right)\right)\right)$$
 siendo Tr el período de retorno a evaluar

Tr = 100 años

$$YTr := -\ln\left(-\ln\left(1 - \left(\frac{1}{Tr}\right)\right)\right) = 4.6$$

Cuadro 6

factores de ajuste para Tr

TR CONSIDERADOS	YTR
100	4.60014923
50	3.90193866
25	3.19853426
15	2.67375209
10	2.25036733
5	1.49993999

Fuente: Sanjuan 2019

4.6.5 Creación de curvas IDF:

Las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia determinan los caudales por unidad de área necesarias para el diseño de obras hidráulicas, en este caso funcionarían para conocer las alturas probables del tirante de agua en los ríos, cada factor será calculado mediante la siguiente expresión:

$$INT := Prom. \cdot (1 + (CV \cdot ((0.78 \cdot YTr) - 0.45))) \cdot 2.778$$

El factor 2.778 resulta al convertir mm en lps/ha de la siguiente forma:

mm/ h a mm/ min:

$$1h=60min \quad 1 \frac{mm}{h} = \frac{1mm}{60min} = 0,0167 \frac{mm}{min}$$

$$1 \frac{mm}{h} = 0,0167 \frac{mm}{min}$$

mm/ h a lps/ha:

$$1 \text{ mm} = \frac{1 \text{ lt}}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ m}^2 = \frac{1 \text{ ha}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \frac{\text{mm}}{\text{h}} = \frac{\left(\frac{1 \text{ lt}}{\text{m}^2}\right)}{3600 \text{ s}} = \frac{1 \text{ lt}}{3600 \text{ s} * \text{m}^2} = \frac{1 \text{ lt}}{3600 \text{ s} * \frac{1 \text{ ha}}{10000}} =$$

$$\frac{1 \text{ lt} * 10000}{3600 \text{ s} * 1 \text{ ha}} = 2,778 \frac{\text{lt}}{\text{s} * \text{ha}} = 2,778 \frac{\text{lps}}{\text{ha}}$$

$$1 \frac{\text{mm}}{\text{h}} = 2,778 \frac{\text{lps}}{\text{ha}}$$

Cuadro 7

Datos para IDF en minutos

DURACIÓN MINUTOS	TR					
	100	50	25	15	10	5
15	607.04	546.88	486.27	441.05	404.57	339.91
30	423.58	381.66	339.43	307.92	282.50	237.44
60	288.08	258.77	229.24	207.21	189.44	157.93

Fuente: Sanjuan 2019

Cuadro 8

Datos para IDF en horas

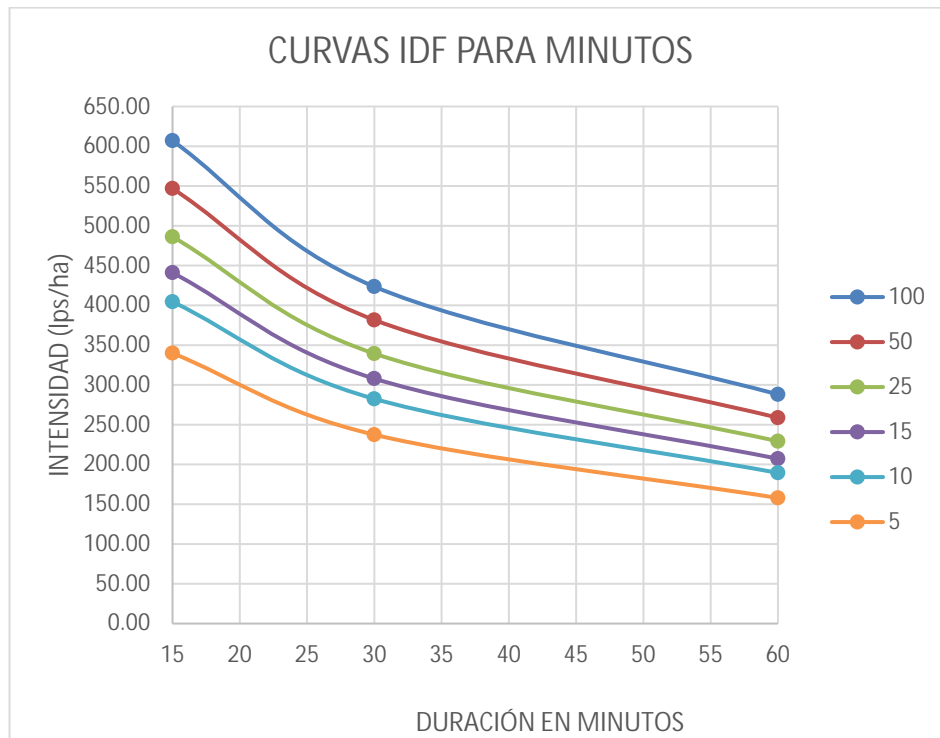
DURACIÓN HORAS	TR					
	100	50	25	15	10	5
1	288.08	258.77	229.24	207.21	189.44	157.93
2	180.60	161.01	141.27	126.54	114.66	93.60
3	133.24	119.23	105.11	94.58	86.09	71.03
6	68.79	61.75	54.65	49.36	45.08	37.51

9	46.64	41.87	37.06	33.47	30.58	25.45
12	31.71	28.53	25.34	22.96	21.03	17.63
24	20.09	18.06	16.01	14.48	13.24	11.06

Fuente: Sanjuan 2019

Gráfico 1

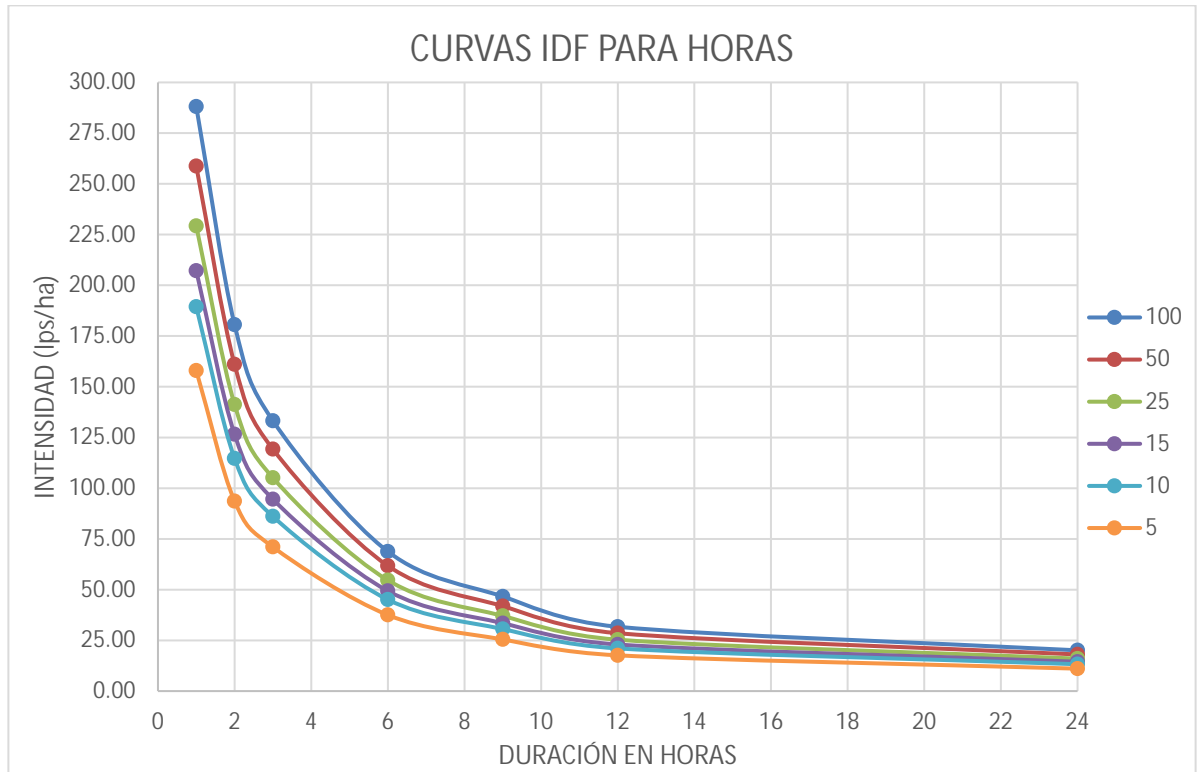
Curvas IDF para minutos



Fuente: Sanjuan 2019

Gráfico 2

Curvas IDF para horas



Fuente: Sanjuan 2019

4.6.6 Ubicación de la cuenca del río San Diego:

La cuenca está ubicada en la zona Este del municipio, específicamente entre las coordenadas 10°26'36" N, 67°56'13" O; representando el punto más septentrional y 10°13'24" N, 67°57'23" O, siendo el punto más austral, coincidiendo con el parque metropolitano, en la confluencia de los ríos Cúpira y San Diego. (ver figura 10)



figura 10 : Cuenca del río San Diego

Fuente: Sanjuan 2019

4.6.7 Cálculo de la pendiente promedio del río San Diego:

Mediante las herramientas Google Earth, Global Mapper y Civil 3D, se puede generar información sobre las cotas del río en diferentes progresivas, logrando mayor exactitud en el análisis, con el fin de determinar el tiempo de concentración promedio de la cuenca. Para este análisis se utilizó el método de Taylor – Schwarz (ver cuadro 10 y apéndice A) el cual presenta la siguiente metodología:

- Dividir el perfil longitudinal en tramos con pendientes parecidas
- Cada sección debe estar dividido al menos en 5 partes
- Se calcularán las pendientes individuales entre cada tramo
- Se determinará la pendiente total de la sección escogida mediante la siguiente formula descrita en el punto 2.2.14

Cuadro 9

Pendiente del tramo 1

punto	cota	progresiva	lp	y	pendiente	s^(1/2)	pendiente total
1	1002.4938	0	97.22	1007.19274	0.27673791	1.900928	0.11629513
2	1007.327	100		1034.09782	0.17179534	2.4126499	11.63%
3	1034.8627	200		1050.80014	0.08378666	3.45471772	
4	1051.2555	300		1058.94607	0.07906509	3.55637564	
5	1059.1658	400		1066.63295	0.18406543	2.33084764	
6	1066.8463	500		1084.5282	0.00607231	12.8328429	
7	1085.0334	600		1085.11857	0.03466903	5.3706786	
8	1085.121	700		1088.48917	0.20253083	2.22205309	
9	1088.5854	800		1108.17966	0.31918031	1.7700354	
10	1108.7395	900		1139.21108	0.20371691	2.215575	
11	1140.0817	1000		1159.01689	0.27079663	1.92166807	
12	1159.5579	1100		1185.34434	0.16302406	2.47670426	
13	1186.0811	1200		1201.19391	0.05590031	4.22953745	
14	1201.6257	1300		1206.62866	0.34537326	1.70159283	
15	1206.7716	1400		1240.20661	0.2749348	1.90715128	
16	1241.1619	1500		1266.93639	0.30704954	1.80466158	
17	1267.6728	1600		1296.78843	0.32331743	1.7586744	
18	1297.6203	1700		1328.22206	0.37623417	1.63031259	
19	1329.0964	1800		1364.80039	0.0241976	6.42856224	
20	1365.8205	1900		1367.15293	0.26937857	1.92671943	
21	1367.191	2000		1393.34251	0.12502234	2.82817438	
22	1394.0897	2100		1405.49746	0.04696749	4.61425237	
23	1405.8234	2200		1410.06375	0.36761014	1.64932506	
24	1410.1849	2300		1445.80362	0.36705954	1.65056161	
25	1446.8213	2400		1481.48997	0.21713934	2.14600505	
26	1482.4805	2500		1502.60074	0.25080189	1.99680015	
27	1503.1756	2600		1526.98425	0.41176783	1.55838154	
28	1527.6645	2700		1567.01724	0.23387989	2.06777635	
29	1568.1416	2800		1589.75556	0.30326086	1.81589955	
30	1590.3731	2900		1619.23925	0.29766111	1.83290075	
31	1620.064	3000		1648.17853	0.14669123	2.61094622	
32	1648.9818	3100		1662.44018	0.32357411	1.7579767	
33	1662.8247	3200		1693.89877	0.33606997	1.7249843	
34	1694.7866	3300		1726.57224	0.27206909	1.91716902	
35	1727.4804	3400		1753.0234	0.00750651	11.5419939	
36	1753.7532	3500		1753.7532			

Fuente: Sanjuan, 2019

Pendiente promedio:

$$s = \frac{11.63\% * 36 + 4.68\% * 34 + 0.006\% * 92}{36 + 34 + 92} = 3.57\%$$

4.6.8 Tiempo de concentración:

Mediante la ecuación de la dirección general de carreteras:

$$T_v = 0,0003455 * \left(\frac{L}{s^{1/2}} \right)^{0,77}$$

$$T_v = 0,0003455 * \left(\frac{16129}{0.0357^{1/2}} \right)^{0,77} = 2.17 \text{ Horas} = 129.93 \text{ minutos}$$

4.6.9 Curvas Isócronas:

$$T_c = 129.93 \text{ min}$$

$$N = 5$$

$$T_v = 129.93 \text{ min} / 5 = 26 \text{ minutos} = 0.433 \text{ horas}$$

$$L = 0.0357^{1/2} * \left(\frac{0.4333}{0.0003455} \right)^{(1/0,77)} = 1980 \text{ metros}$$

Las curvas fueron trazadas con una longitud constante de 1980 m entre sí, dividiendo la cuenca en 6 partes. (ver figura 11)

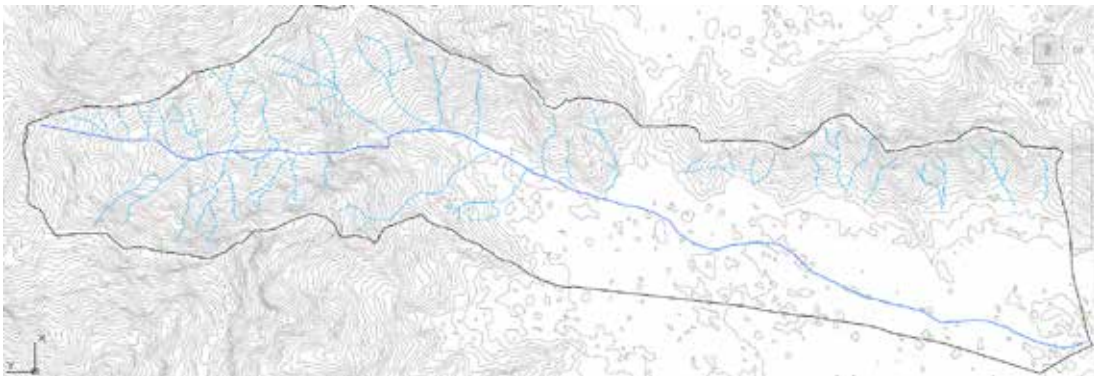


figura 11 – Red de drenaje

Fuente: Sanjuan, 2019

Cuadro 10

Áreas entre curvas isócronas

N°	área
1	5.67 km ²
2	8.45 km ²
3	7.05 km ²
4	6.52 km ²
5	7.81 km ²
6	3.54 km ²

Fuente: Sanjuan, 2019

Luego de seccionar la cuenca se procede a calcular el Tc por cada área de las curvas con el fin de definir el tiempo que tarda cada área para que todos sus cauces sean contribuyentes al río, mediante la siguiente fórmula:

$$T_u = T_c/N$$

Donde:

Cuadro 11

Tu por cada área de isócrona

N°	área	Minutos	% del área	acumulada
1	5.67 km ²	0	14.5235656	5.67 km ²
2	8.45 km ²	25.986964	21.6444672	14.12 km ²
3	7.05 km ²	51.9739281	18.0584016	21.17 km ²
4	6.52 km ²	77.9608921	16.7008197	27.69 km ²
5	7.81 km ²	103.947856	20.005123	35.50 km ²
6	3.54 km ²	129.93482	9.06762295	39.04 km ²

Fuente: Sanjuan, 2019

4.6.10 Coeficiente de escorrentía:

La cuenca fue seccionada teniendo en cuenta las coberturas superficiales y pendientes similares, logrando así determinar un coeficiente promedio para la cuenca (ver cuadro 13).

Cuadro 12

Coeficiente de escorrentía

Cobertura	Área	Factor	Área total	Coeficiente de escorrentía
Sin vegetación	314 ha	0.5	3904 ha	0.56
Vegetación baja	611 ha	0.5		
Vegetación densa	1041 ha	0.4		
Multifamiliar densa	1938 ha	0.675		

4.6.11 Determinación de intensidades en curvas IDF:

Una vez obtenidos los valores de T_u se procede a buscar las intensidades en las curvas IDF para cada período de retorno, con el fin de determinar los caudales probables en la cuenca mediante el método racional, estimando los valores por la intersección entre las curvas para cada tiempo escogido. (ver cuadro 14)

Cuadro 13

intensidades

Duración	Intensidad					
	100	50	25	15	10	5
min						
26.0	460.00	405.00	365.00	330.00	300.00	260.00
52.0	320.00	395.00	260.00	230.00	210.00	180.00
78.0	270.00	265.00	215.00	195.00	175.00	155.00
103.9	220.00	200.00	175.00	152.00	137.00	126.00
129.9	177.00	162.00	141.00	122.00	110.00	102.00
155.9	150.00	132.00	118.00	105.00	95.00	78.00
181.9	133.24	119.23	105.11	94.58	86.09	71.03
207.9	120.00	108.00	95.00	85.00	80.00	65.00
233.9	110.00	100.00	88.00	80.00	71.00	60.00

Duración	Intensidad					
	100	50	25	15	10	5
259.9	100.00	90.00	79.00	70.00	65.00	52.00
285.9	90.00	80.00	70.00	65.00	60.00	50.00
311.8	83.00	75.00	68.00	60.00	55.00	45.00

Fuente: Sanjuan, 2019

4.6.12 Patrones para hidrograma total

Con las intensidades probables para cada período de retorno se procede a multiplicar cada factor por el coeficiente de escorrentía promedio con la finalidad de obtener caudales mediante el método racional, deben generarse patrones con el fin de encontrarse la combinación más desfavorable, tal como se muestran en el cuadro 15 y apéndice B.

Cuadro 14

Patrón A : intensidades probables

minutos	TR					
	100	50	25	15	10	5
26.0	257.70	226.88	204.48	184.87	168.06	145.65
52.0	179.27	221.28	145.65	128.85	117.64	100.84
78.0	151.26	148.45	120.44	109.24	98.04	86.83
103.9	123.25	112.04	98.04	85.15	76.75	70.59
129.9	99.16	90.75	78.99	68.35	61.62	57.14
155.9	84.03	73.95	66.10	58.82	53.22	43.70
181.9	74.64	66.79	58.89	52.99	48.23	39.79
207.9	67.22	60.50	53.22	47.62	44.82	36.41
233.9	61.62	56.02	49.30	44.82	39.77	33.61
259.9	56.02	50.42	44.26	39.21	36.41	29.13
285.9	50.42	44.82	39.21	36.41	33.61	28.01
311.8	46.50	42.02	38.09	33.61	30.81	25.21

Fuente: Sanjuan, 2019

4.6.13 Método de Muskingum:

Una vez generados los patrones se proceden a calcular los coeficientes C_0 , C_1 , C_2 para poder ser calculados los hidrogramas totales (ver cuadros 16,17,18 y apéndice C).

$$C_0 = - \frac{(107*0-0.5)}{(107-107*0+0,5*25.99)} = 0.108 = C_1$$

$$C_2 + C_1 + C_0 = 1 \quad C_2 = 1 - 2*0.108 = 0.783$$

El valor X es igual a 0 ya que se considera como planicie inundable

Cuadro 15

Factores de Muskingum

n	5	C ₀	0.1082849
delta t	25.986964	C ₁	0.1082849
k (min)	107	C ₂	0.7834302
x	0		

Fuente: Sanjuan, 2019

Cuadro 16

Áreas entre curvas isócronas

Curva	1	2	3	4	5	6
ha	567	845	705	652	781	354

Fuente: Sanjuan, 2019

Cuadro 17
Método de Muskingum

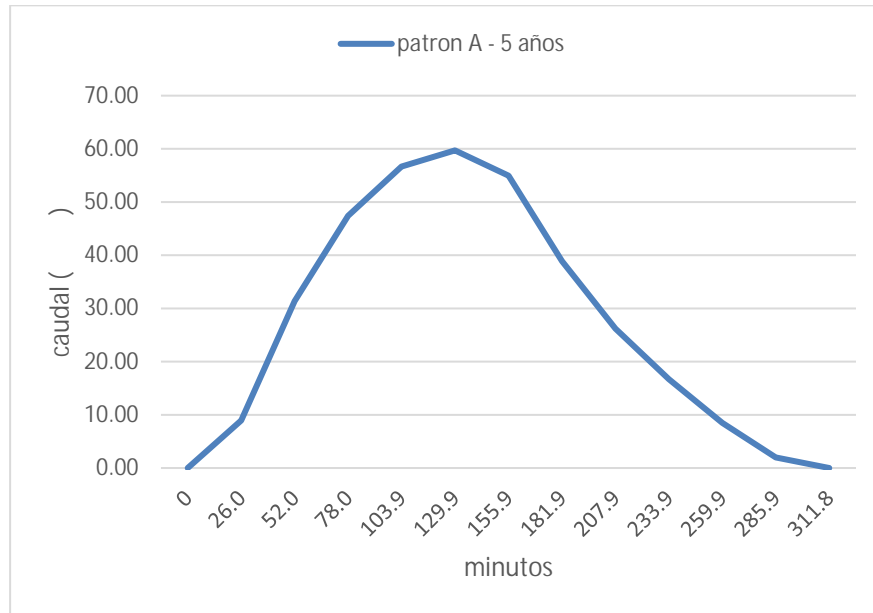
Patrón A - 5 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145,65	26,0	82,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,59	8,94	0,00	0,00	8,94
100,84	52,0	57,17	85,21	0,00	0,00	0,00	0,00	142,38	15,42	8,94	7,01	31,37
86,83	78,0	49,23	73,37	61,22	0,00	0,00	0,00	183,82	19,91	15,42	12,08	47,40
70,59	103,9	40,02	59,65	49,76	46,02	0,00	0,00	195,45	21,16	19,91	15,59	56,66
57,14	129,9	32,40	48,28	40,28	37,26	44,63	0,00	202,85	21,97	21,16	16,58	59,71
43,70	155,9	0,00	36,92	30,81	28,49	34,13	15,47	145,81	15,79	21,97	17,21	54,96
39,79	181,9	0,00	0,00	28,05	25,95	31,08	14,09	99,16	10,74	15,79	12,37	38,90
36,41	207,9	0,00	0,00	0,00	23,74	28,44	12,89	65,07	7,05	10,74	8,41	26,20
33,61	233,9	0,00	0,00	0,00	0,00	26,25	11,90	38,15	4,13	7,05	5,52	16,70
29,13	259,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,31	10,31	1,12	4,13	3,24	8,48
28,01	285,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,87	1,99
25,21	311,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

Una vez analizados los caudales provenientes de la cuenca mediante el método de Muskingum se procede a graficar los hidrogramas correspondientes a cada patrón, representados en el gráfico 3 y apéndice C.1

Gráfico 3

Hidrograma Patrón A - 5 años



Fuente: Sanjuan, 2019

Cuadro 18: Caudales máximos de la cuenca por cada Tr

	patrón	Tr
61.43	B	5
76	D	10
89.23	B	15
98.79	D	25
94.8	A	50
104	A	100

Fuente: Sanjuan, 2019

4.6.14 análisis de inundación mediante el software HEC-RAS:

Una vez obtenidos los caudales máximos probables en la cuenca se procede a cargar la información pertinente al programa en un determinado orden:

- Crear nuevo proyecto
- Insertar geometría analizada en Civil 3d:

Civil 3d permite la interoperabilidad entre ambos softwares sin necesidad de extensiones, para ello utiliza la herramienta “exportar a HEC-RAS” logrando la entrada de datos de manera sencilla evitando modificaciones externas (ver figuras 12,13)

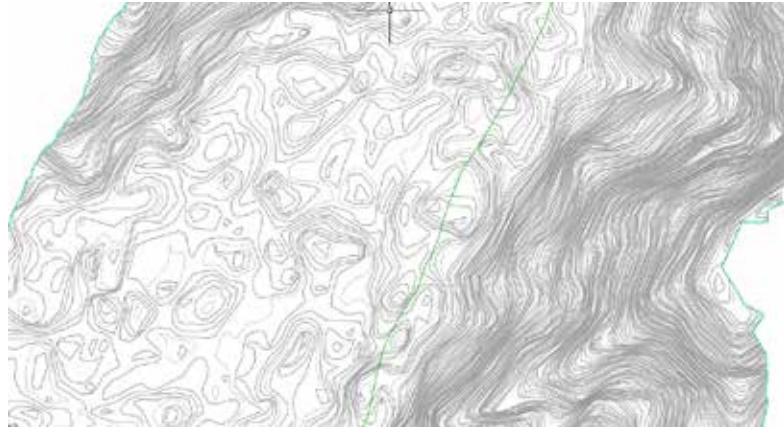


figura 12 : Fragmento de la cuenca con curvas de nivel.

fuelle: Sanjuan, 2019.

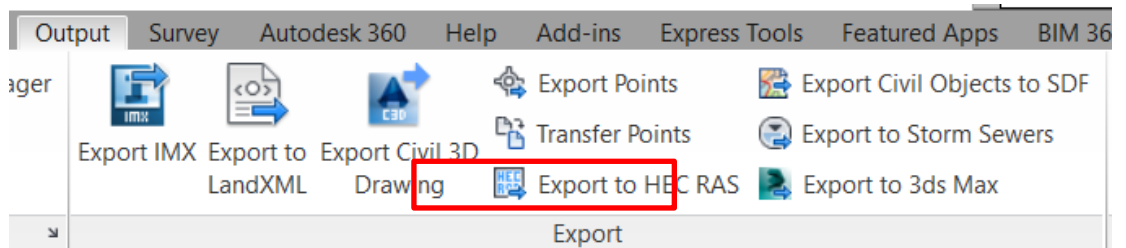


figura 13 : Exportación de civil 3d.

fuelle: Civil 3d

- Dar condiciones de flujo y frontera

Ya cargada la geometría del río junto con sus secciones se procede a determinar las condiciones hidráulicas del río, como caudales entrantes, coeficientes de Mannign

y nivel de análisis. Los coeficientes de Manning deben ser cargados para cada tramo en donde haya un cambio de sección transversal del río. (ver figuras 14, 15,16)

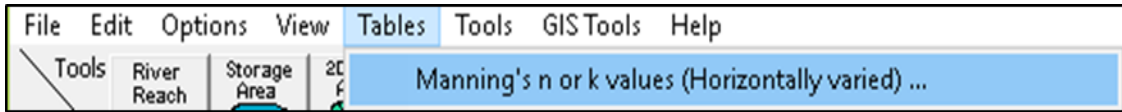


figura 14 : Introducción del coeficiente de Manning.

Fuente: HEC-RAS

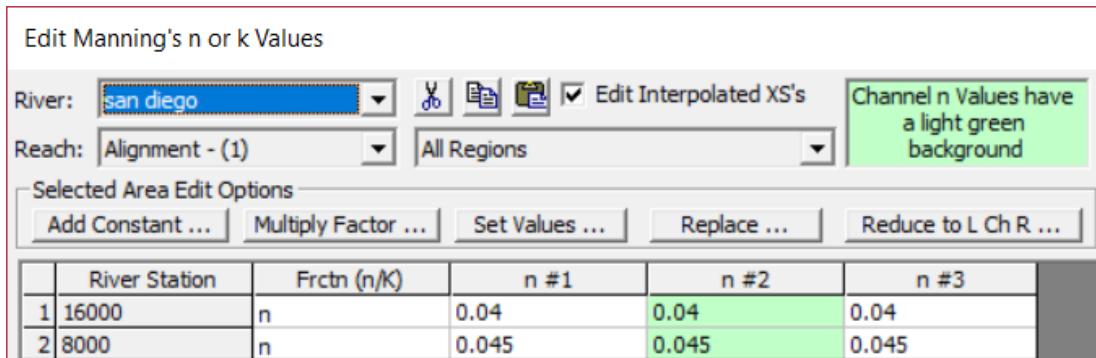


figura 15 : Coeficientes de Manning.

Fuente: HEC-RAS

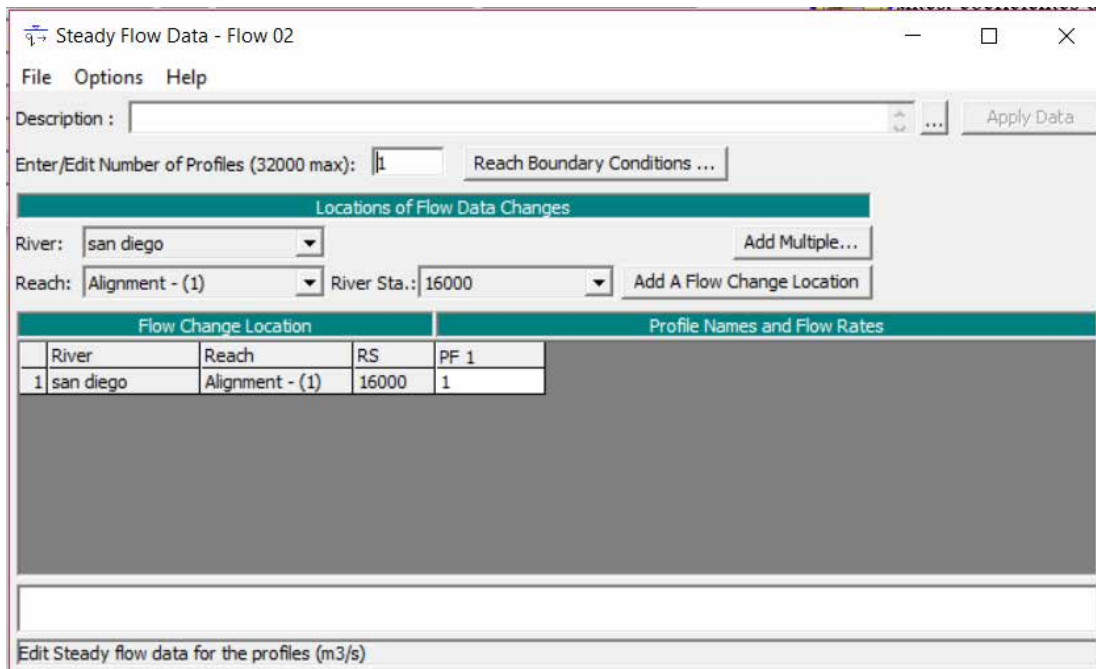


figura 16 : Condiciones hidráulicas

Fuente: HEC-RAS

- Ejecutar cálculos ajustando los parámetros

Deben definirse los caudales de entrada para cada período de retorno estimado en los anteriores cálculos, el análisis debe realizarse mediante la herramienta “steady flow analysis” el cual no solo demuestra las velocidades probables del flujo sino también la altura máxima del tirante de agua para cada condición. (ver figura 17, 18, 19, 20, 21, 22)

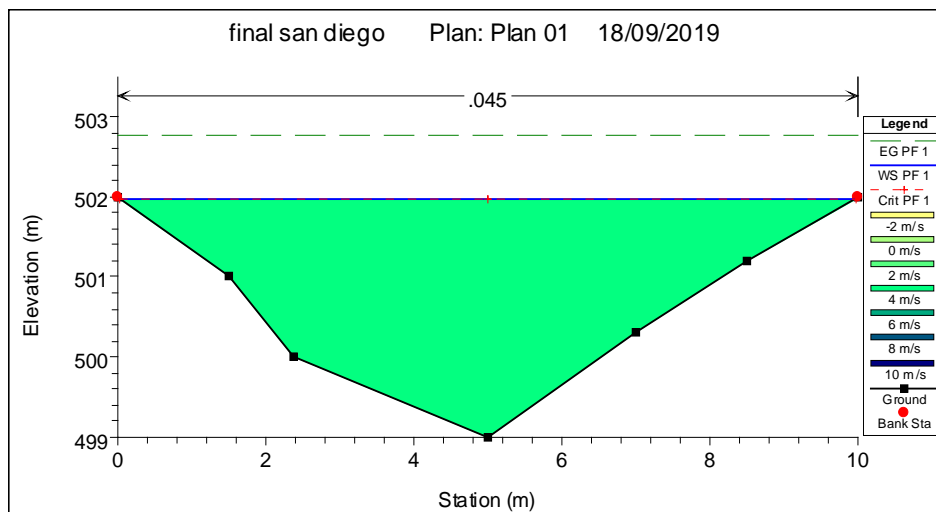


figura 17 : Tirante de agua máximo para TR = 5 años

Fuente: Sanjuan, 2019

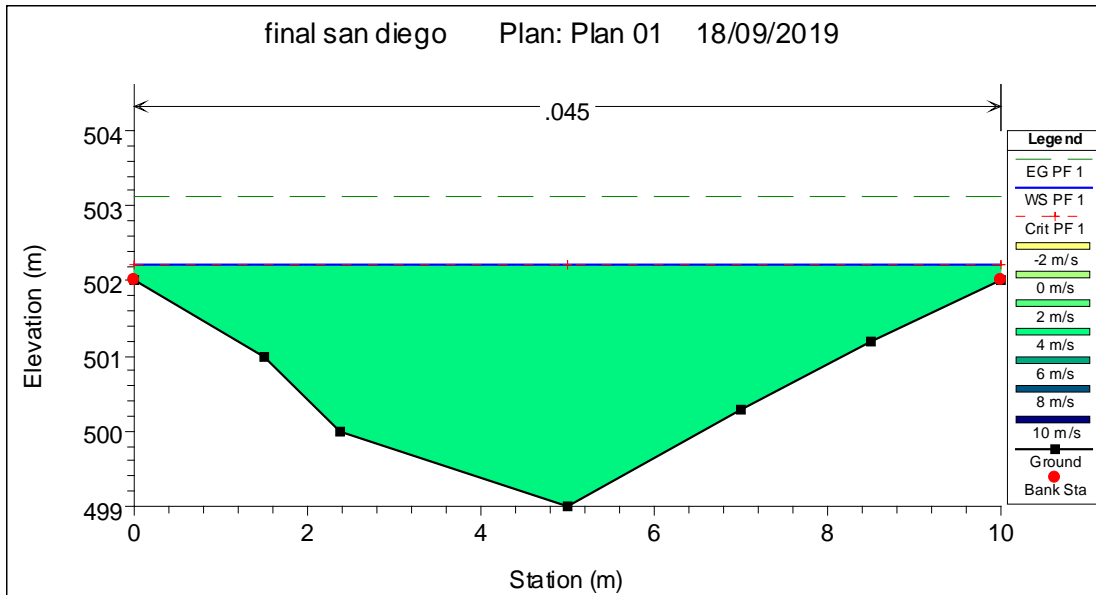


figura 18 : Tirante de agua máximo para TR = 10 años

Fuente: Sanjuan, 2019

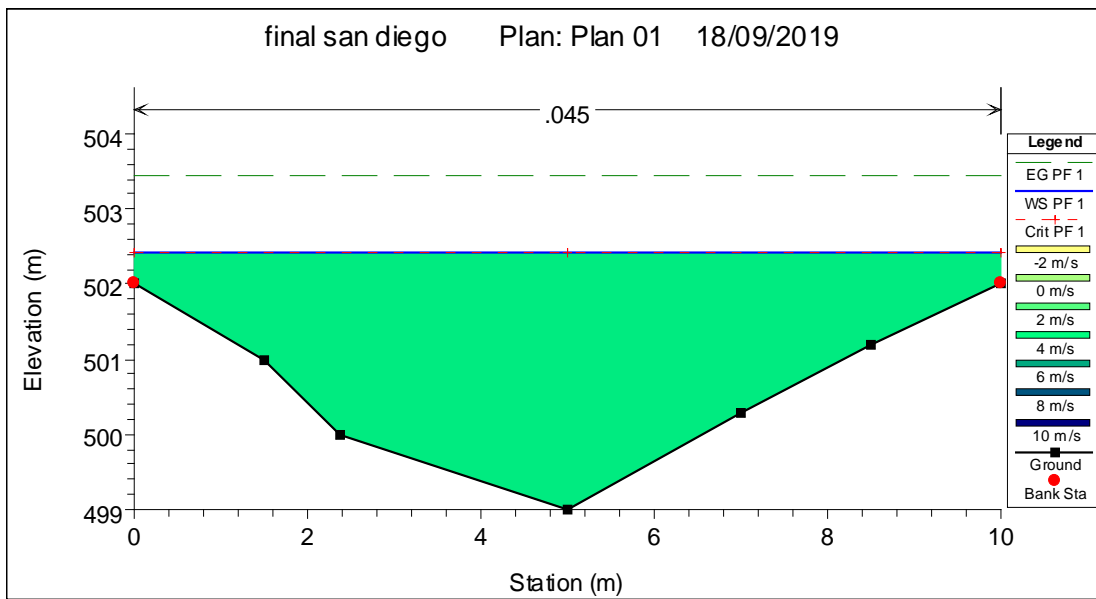


figura 19 : Tirante de agua máximo para TR = 15 años

Fuente: Sanjuan, 2019

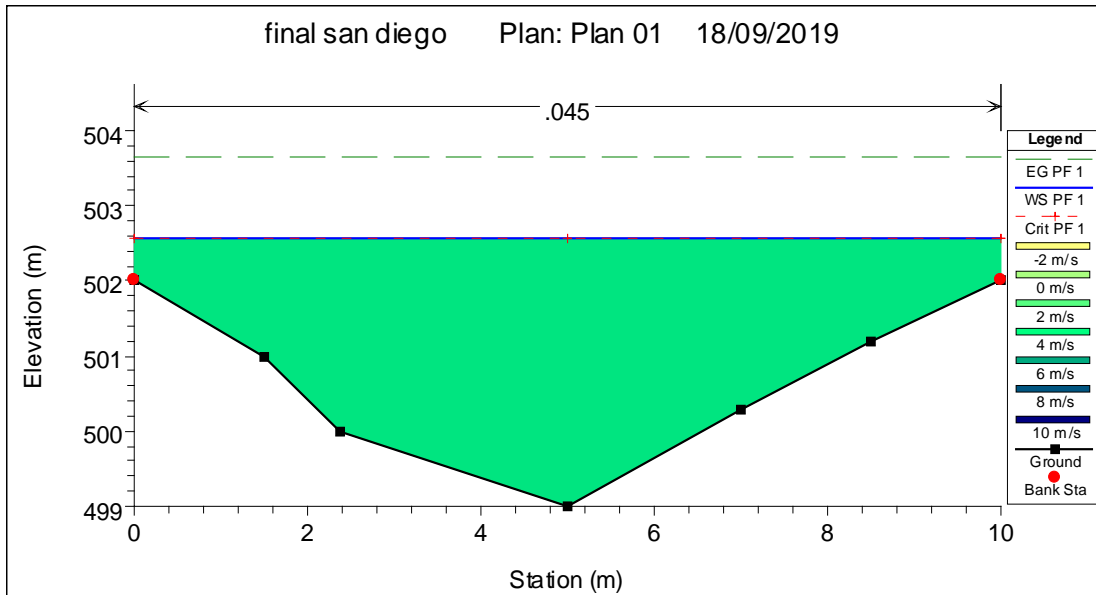


figura 20 : Tirante de agua máximo para TR = 25 años

Fuente: Sanjuan, 2019

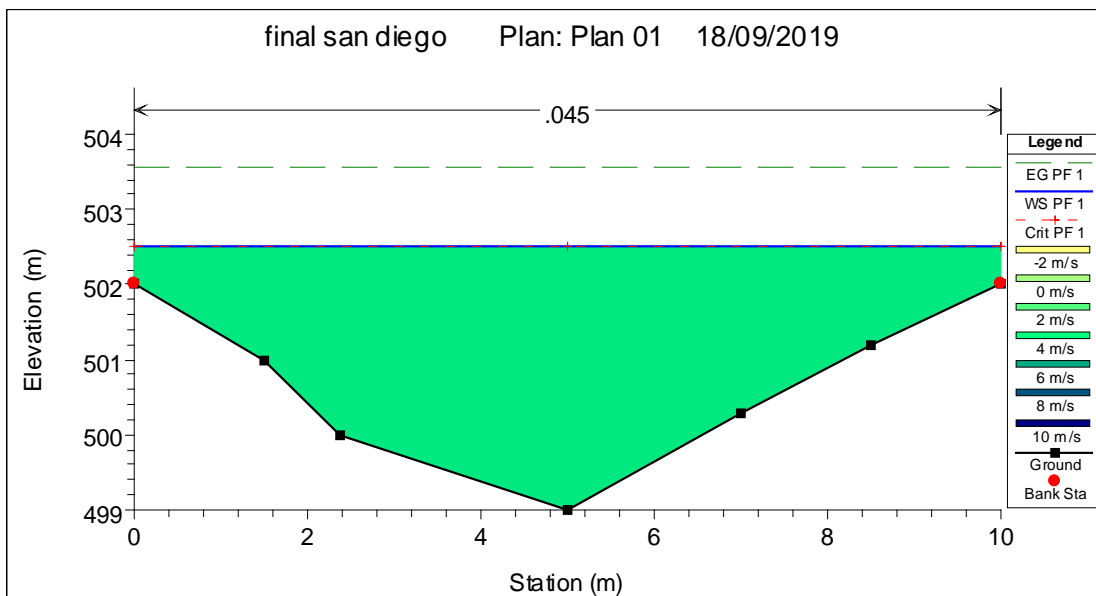


figura 21: Tirante de agua máximo para TR = 50 años

Fuente: Sanjuan, 2019

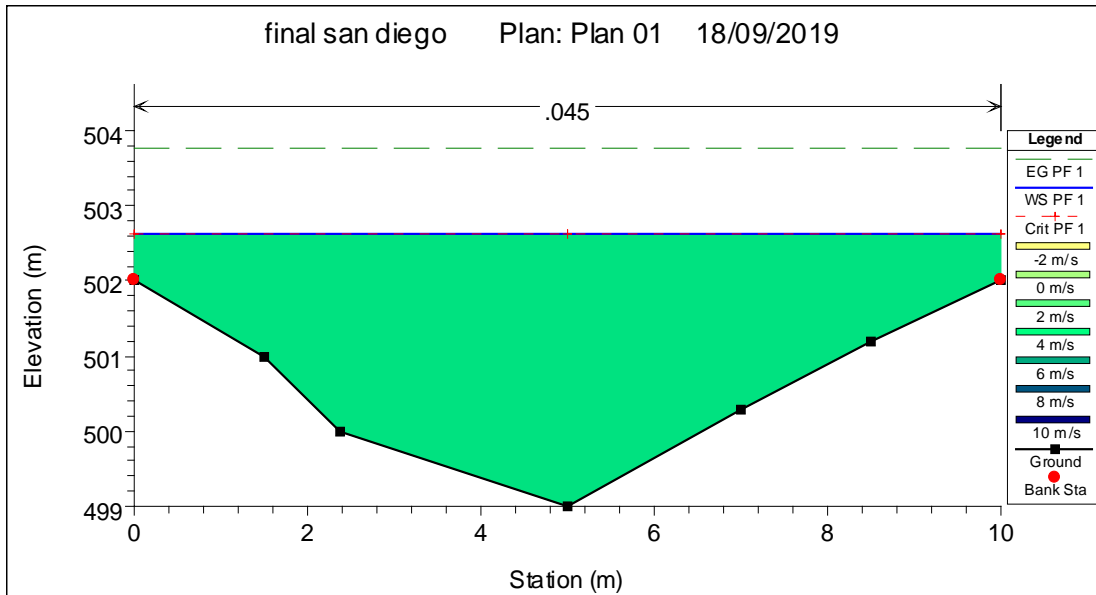


Figura 22 : Tirante de agua máximo para TR = 100 años

Fuente: Sanjuan, 2019

- Análisis de resultados

Gracias a la representación gráfica de las alturas máximas alcanzables en la sección transversal del río San Diego para diferentes períodos de retorno puede realizarse una estimación de la macha de inundación en el software Google Earth.



figura 23 : Mancha de inundación total del río San Diego

Fuente: Sanjuan, 2019

Las alturas máximas alcanzables no son mayores a un metro sobre la cota de tierra más alta en la sección, lo que representa una peligrosidad baja en el tramo crítico de la confluencia de ambos ríos presentando poca probabilidad de desastre a lo largo de su cauce, a diferencia de los resultados obtenidos por Cupen y Hernandez utilizando el mismo método aplicado al río Cúpira, los cuales llegaron a estimar alturas hasta de 10 metros sobre la cota de terreno. (ver figura 24)

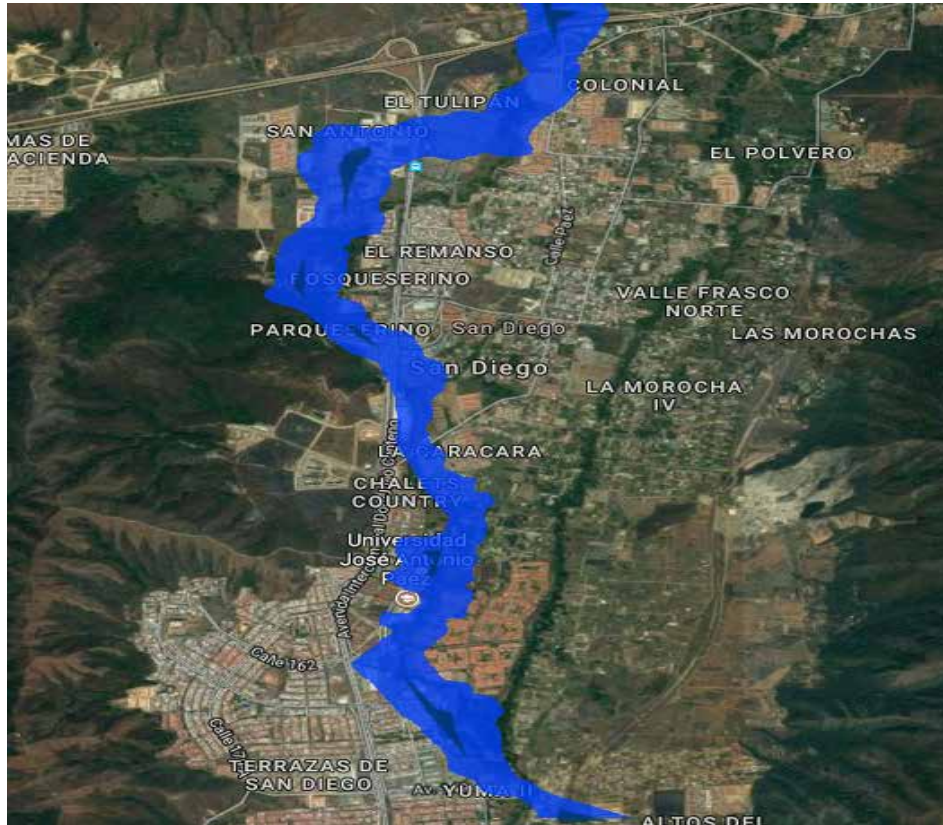


figura 24 : Mancha de inundación $Tr = 100$ Años

Fuente: Cupen & Hernández , 2017

4.7 Análisis de calidad de agua de Los ríos San Diego y Cúpira

El análisis físico – químico y bacteriológico representado en los cuadros 48, 49, 50 y 51 fue realizados en la zona residencial Valle de Oro, por la empresa Toro y Asociados Consultores C.A. (TAC C.A) se realizaron 7 captaciones en dos fechas específicas 06/12/2006 y 07/12/2006, los puntos en cada rio fueron identificados como aguas arriba, zona media y aguas abajo, cada parámetro fue comprobado con el decreto n° 3219, con una clasificación tipo 4 “Aguas destinadas a balnearios, y deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia”.

Cuadro 19

Aspectos microbiológicos del río Cúpira

Componentes o características	Unidad	Puntos evaluados				MARN decreto n° 3219 aguas tipo 4	
		06/12/2006	06/12/2006	06/12/2006	07/12/2006		
		Aguas arriba	Zona media (puente)	Aguas abajo	Zona media (puente)	Sub-tipo 4a	Sub-tipo 4b
Aspectos microbiológicos							
Cloro residual libre	mg/l	0	0	0	0	-	-
Mesofilos aerobios	Col/ml	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	-	-
Coliformes totales	Col/100 ml	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	<1000 nmp/100 ml 90%	<5000 nmp/100 ml 80%
Coliformes fecales	Col/100 ml	Incontables	Incontables	Incontables	Incontables	<200 nmp/100 ml 90%	<1000 nmp/100 ml 80%

Fuente: TAC C.A. 2006

Cuadro 20

Aspectos microbiológicos del río San Diego

Componentes o características	unidad	puntos evaluados			MARN decreto n° 3219 aguas tipo 4	
		06/12/2006	06/12/2006	06/12/2006		
		Aguas Arriba	Zona Media (puente)	Aguas Abajo	Sub-tipo 4A	Sub-tipo 4B
Aspectos Microbiológicos						
cloro residual libre	mg/l	0	0	0	-	-
mesofilos aerobios	col/ml	incontables	incontables	incontables	-	-
coliformes totales	col/100 ml	incontables	incontables	incontables	<1000 NMP/100 ml 90%	<5000 NMP/100 ml 80%
coliformes fecales	col/100 ml	incontables	incontables	incontables	<200 NMP/100 ml 90%	<1000 NMP/100 ml 80%

Fuente: TAC C.A. 2006

Cuadro 21

Aspectos Físico – Químicos del río Cúpira

Componentes o características	Unidad	Puntos evaluados				MARN decreto n° 3219 aguas tipo 4	
		06/12/2006	06/12/2006	06/12/2006	07/12/2006	Sub-tipo 4a	Sub-tipo 4b
		Aguas arriba	Zona media (puente)	Aguas abajo	Zona media (puente)		
Aspectos físico - químicos							
Turbidez	NTU	10	10	10	0	-	-
Color real	Un pt-co	10	10	10	1	-	-
Oxígeno disuelto	Mg/l	5.4	6.3	6.5	5.1	> 5.0	
Rango Ph	Adim	7.23-7.25	7.11-7.24	6.77-6.79	8.34-8.41	6.5-8.5	
Ph mezcla	Adim	7.24	7.17	6.78	8.4	6.5-8.5	
Aceites minerales	Mg/l	5.7	4.2	4.4	2.07	0.3	
Detergentes	Mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.024	<1.0	
Solidos disueltos	Mg/l	224	239	223	119	Desviación menor 33% condición natural	
Solidos sedimentales	Mg/l	0.3	0.1	<0.1	<0.1	Ausentes	
Solidos flotantes	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	
Residuos de petróleo	Mg/l	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	
Fenoles y derivados	Mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.002	
Cadmio	Mg/l	N.d.	N.d.	N.d.	N.d.	No detectable	
Cobre	Mg/l	0.004	0.003	0.003	0.003	No detectable	
Hierro	Mg/l	9.34	8.58	6.97	0.82	No detectable	
Manganeso	Mg/l	0.16	0.091	0.17	0.013	No detectable	
Plomo	Mg/l	0.0017	0.007	0.013	N.d.	No detectable	

Fuente- TAC C.A. 2006

Cuadro 22

Aspectos Físico – Químicos del río San Diego

componentes o características	unidad	puntos evaluados			MARN decreto n° 3219 aguas tipo 4	
		06/12/2006	06/12/2006	06/12/2006	Sub-tipo 4A	Sub-tipo 4B
		Aguas Arriba	Zona Media (puente)	Aguas Abajo		
aspectos Físico - Químicos						
turbidez	NTU	5	5	5	-	
color real	Un pt-Co	1	1	1	-	
oxígeno disuelto	mg/l	5.3	5.6-6.0	5.6-5.8	> 5.0	
rango Ph	adim	7.21-7.36	7.29-7.46	7.29-7.45	6.5-8.5	
Ph mezcla	adim	7.28	7.37	7.37	6.5-8.5	
aceites minerales	mg/l	11	4.1	6.6	0.3	
detergentes	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<1.0	
solidos disueltos	mg/l	181	100	89	desviación menor 33% condición natural	
solidos sedimentales	mg/l	<0.1	0.1	0.3	ausentes	
solidos flotantes	-	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	
residuos de petróleo	mg/l	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	
fenoles y derivados	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.002	
cadmio	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	no detectable	
cobre	mg/l	0.006	0.004	0.003	no detectable	
hierro	mg/l	3.46	5.89	2.56	no detectable	
manganeso	mg/l	0.076	0.084	0.055	no detectable	
plomo	mg/l	0.016	0.009	0.009	no detectable	

Fuente: TAC C.A. 2006

En resumen, todas las muestras analizadas de ambos ríos para las fechas evaluadas, presentaron desarrollos incontables de organismos microbiológicos siendo los mismos superiores a lo establecido en el decreto N° 3219 para las aguas tipo 4. En cuanto al análisis físico – químico, para ambos ríos, solo los niveles de concentración de aceites, grasas minerales y metales presentaron valores superiores a lo establecido por la norma.

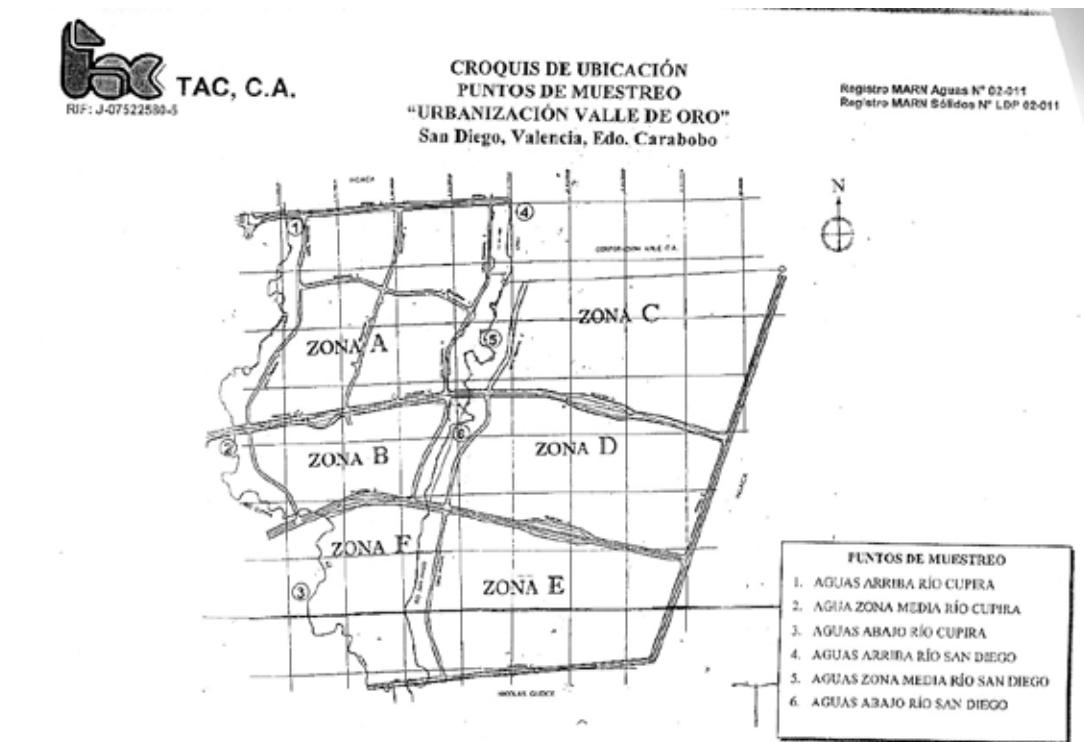


figura 25 - Puntos de captación

Fuente: TAC C.A. 2006

Con los antecedentes de las inundaciones en el municipio San Diego mostrados en el punto 2.1, los registros históricos de precipitaciones máximas en el punto 5.2.1 y los presentes estudios de calidad de agua realizados en el año 2006 se da por culminado el primer objetivo específico de la investigación “Recopilar registros históricos de desastres en la zona”.

4.8 Análisis de derrumbe

4.8.1 Ubicación:

La zona está ubicada específicamente en las coordenadas $10^{\circ}19'53''$ N y $67^{\circ}56'48''$, aproximadamente a 370 metros del cauce principal del río Cúpira (ver figura 26), siendo este el mayor factor de riesgo por el posible arrastre de sedimentos ante otro posible movimiento de masas.



figura 26 : Ubicación de la zona de derrumbe

Fuente: Sanjuan. 2019

4.8.2 cálculo de pendientes:

Para su análisis se utilizó el método de Taylor Schwarz (ver cuadro 24), adaptado de la misma forma al análisis de pendiente del río Cúpira, con un total de 20 puntos a lo largo del perfil en un recorrido de 380 metros. (ver gráfico 27)

Cuadro 23

Pendiente promedio de la zona de derrumbe

Punto	Cota (msnm)	Progresiva (m)	Lp (m)	Y (m)	Pendiente	S^(1/2)	Pendiente total
1	1354.6448	0	19	1365.08863	0.61938526	1.27063135	0.55377044
2	1365.6383	20		1376.85695	0.88772158	1.0613573	55%
3	1377.4474	40		1393.72366	0.98400158	1.00809649	
4	1394.5803	60		1412.41969	1.04105158	0.9800853	
5	1413.3586	80		1432.19967	0.94326132	1.02963664	
6	1433.1913	100		1450.12163	0.74850342	1.15585433	
7	1451.0127	120		1464.3432	0.65983658	1.23106733	
8	1465.0448	140		1476.88009	0.63202474	1.2578619	
9	1477.503	160		1488.88856	0.57502395	1.31873349	
10	1489.4878	180		1499.81402	0.65747947	1.23327208	
11	1500.3575	200		1512.30613	0.97964868	1.01033366	
12	1512.935	220		1530.91945	0.88578342	1.06251783	
13	1531.866	240		1547.74934	0.91370316	1.04615838	
14	1548.5853	260		1565.1097	0.68448895	1.20869515	
15	1565.9794	280		1578.11499	0.64535158	1.2448064	
16	1578.7537	300		1590.37667	0.68789158	1.20570206	
17	1590.9884	320		1603.44661	0.67902526	1.21354821	
18	1604.1023	340		1616.34809	0.56120684	1.33486861	
19	1616.9926	360		1627.01102	0.02775184	6.00280302	
20	1627.5383	380		1627.5383			

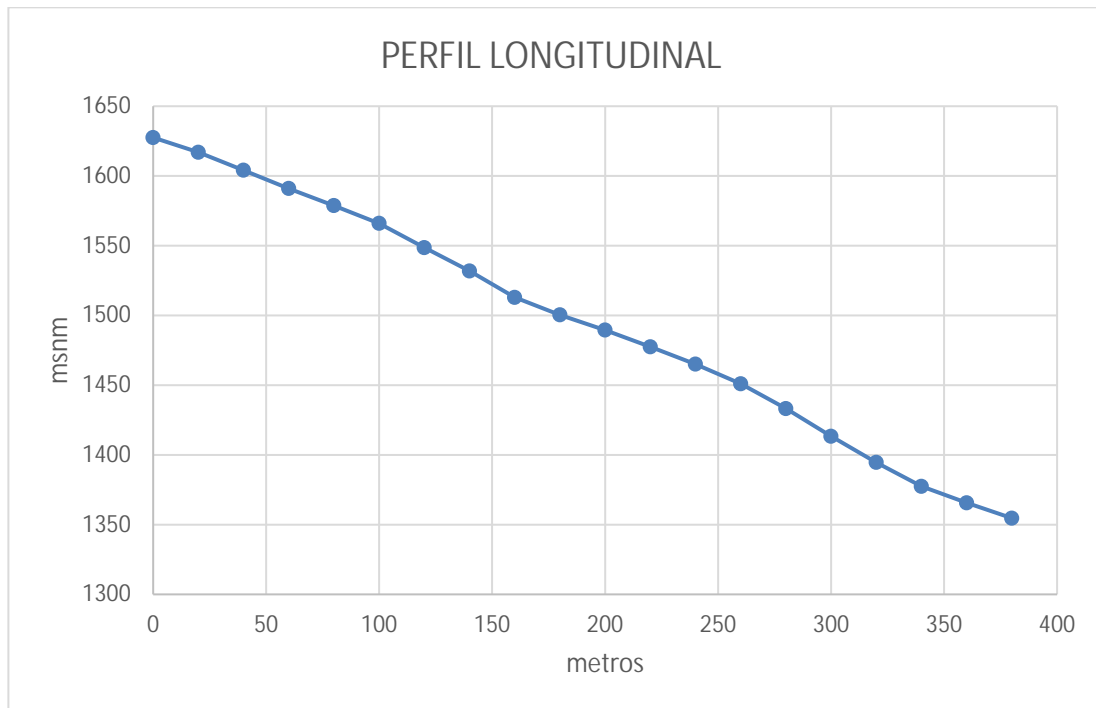
Fuente: Sanjuan. 2019

Ángulo de inclinación de la montaña:

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{272.89}{380}\right) = 35.68^\circ$$

Gráfico 4

Perfil longitudinal de la zona de derrumbe



Fuente: Sanjuan. 2019

4.8.3 Determinación de metros cúbicos de sedimentos arrastrados:

El software Civil 3d permite calcular la cantidad de material desplazado en un derrumbe mediante la estimación de volúmenes entre curvas de nivel, asemejándose al comportamiento de una cuenca hidrográfica (ver figura 27, 28 y cuadro 53).



Figura 27 : Delimitación del derrumbe

Fuente: Sanjuan. 2019



figura 28 – Curvas de nivel en la zona de derrumbe

Fuente: Sanjuan. 2019

Cuadro 24

Determinación del volumen total

Curva de nivel inferior (msnm)	Curva de nivel superior (msnm)	Volumen entre curvas (m3)	Volumen total (m3)
1.346,60	1.348,09	121,75	27.136,79
1.348,09	1.352,07	507,72	
1.352,07	1.357,00	642,96	
1.357,00	1.361,67	620,10	

Curva de nivel inferior (msnm)	Curva de nivel superior (msnm)	Volumen entre curvas (m3)
1.361,67	1.365,52	507,27
1.365,52	1.371,84	1.028,53
1.371,84	1.378,90	1.126,60
1.378,90	1.384,38	845,32
1.384,38	1.388,60	608,12
1.388,60	1.394,49	898,52
1.394,49	1.400,00	767,45
1.400,00	1.405,00	783,05
1.405,00	1.410,00	815,49
1.410,00	1.415,00	887,25
1.415,00	1.420,73	874,31
1.420,73	1.426,05	946,16
1.426,05	1.430,00	783,85
1.430,00	1.435,24	850,50
1.435,24	1.441,31	1.180,19
1.441,31	1.447,12	1.240,56
1.447,12	1.452,20	1.068,85
1.452,20	1.457,31	1.112,25
1.457,31	1.461,60	888,66
1.461,60	1.465,99	1.050,86
1.465,99	1.471,17	1.328,05
1.471,17	1.475,00	2.492,90
1.475,00	1.476,90	997,98
1.476,90	1.480,00	1.206,35
1.480,00	1.484,19	604,22
1.484,19	1.488,08	300,38
1.488,08	1.489,42	50,59

Fuente: Sanjuan. 2019

Con los datos obtenidos de la identificación y análisis de riesgos como lo son las inundaciones de los ríos Cúpira y San diego expresados en el punto 5.2, sus condiciones físico-químicas y bacteriológicas en el punto 5.3 y la determinación de

pendientes, ángulo y sedimentos arrastrados en la zona de derrumbe expresados en el punto 5.4 se da por concluido el segundo objetivo de la investigación “Identificar los diferentes factores de riesgo”.

4.9 Determinación de las zonas de riesgo y vulnerabilidad del municipio San Diego

Ya analizados los factores, puede representarse en un mapa las zonas de riesgos y vulnerabilidad para cada evento estudiado, teniendo en cuenta de que cada uno afecta de maneras directas e indirectas las actividades y calidad del municipio, en ese sentido resulta fundamental conocer el alcance probable de cada desastre, con el fin de la creación de medidas preventivas, para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad y riesgo se tomó en cuenta la probabilidad de ocurrencia y la magnitud de cada evento, en el caso de la vulnerabilidad por las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua de los ríos, prácticamente todas las zonas aledañas se encuentran en un espacio vulnerable por el nivel de contaminación. A continuación, en las figuras 29, 30, 31, 32 y 33 se muestran los mapas de vulnerabilidad por cada evento.

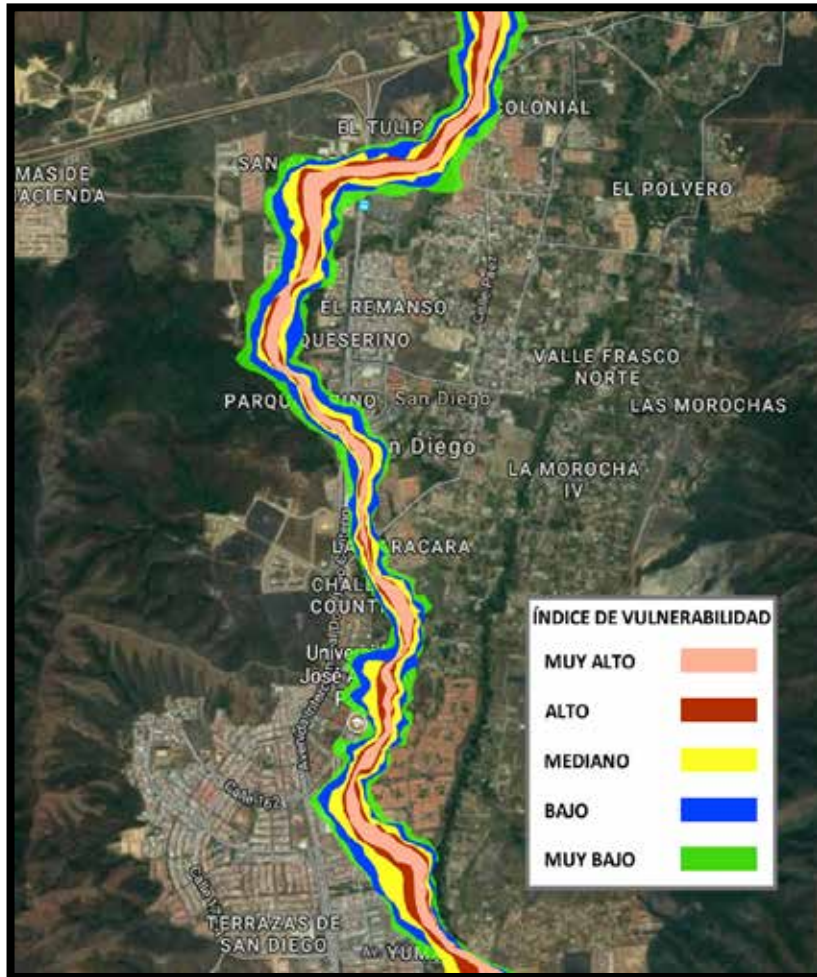


figura 29 : Mapa de riesgo por inundación del río Cúpira

Fuente: Cupen & Hernández , 2017



figura 30 – Mapa de riesgo por inundación del río San Diego

Fuente: Sanjuan. 2019

En el caso del río San Diego la inundación es muy baja incluso para un periodo de retorno de 100 años, alcanzado a penas 0.5 metros sobre la línea de tierra por lo que representa un índice de vulnerabilidad muy bajo.



figura 31: Mapa de vulnerabilidad por la calidad del agua de los ríos.

Fuente: Sanjuan. 2019

El efecto de la mala calidad del agua no solo afecta a las residencias en los márgenes de los ríos, sino también a zonas retiradas, generando zonas considerables de vulnerabilidad por efecto de infiltración a las escorrentías sub-superficiales, si bien es cierto que el proceso de infiltración es capaz de mejorar la calidad del agua, no se conoce con exactitud hasta qué punto puede encontrarse agua con las características mínimas para considerarse potable.



figura 32 : Mapa de riesgo por derrumbe

Fuente: Sanjuan. 2019

El gran problema de representar la vulnerabilidad de un derrumbe radica en la estabilidad y condiciones de la montaña, aunque puede conocerse el volumen arrastrado durante el evento, es complicado determinar la zona hasta donde llegaran los sedimentos, en el presente caso el gran factor de riesgo resulta en la posibilidad de que estos sedimentos sean arrastrados por el río Cúpira, el cual gracias a la investigación de Cupen y Hernandez se determinó que es capaz de alcanzar caudales preocupantes, con la capacidad de generar desastres de gran magnitud.

Con los mapas presentados se dan por finalizados los objetivos específicos 3 y 4, “Determinar las zonas de riesgo en la zona norte del municipio San Diego” y “Diagnosticar los ambientes de vulnerabilidad” respectivamente.

4.10 Punto de vista desde los objetivos de la sostenibilidad

La O.N.U en su agenda de desarrollo para Latinoamérica publicada en el año 2015, tiene por objeto abordar los problemas actuales y futuros. La creciente desigualdad mundial, el aumento de la exposición a los peligros naturales, la rápida urbanización, los nuevos modelos de migración y el consumo excesivo por algunos de energía y recursos naturales amenazan con elevar el riesgo de desastres a niveles peligrosos. Todo representado en 17 objetivos, la presente investigación está directamente relacionado con 3 de ellos, el objetivo 6 “Agua limpia y saneamiento”, el objetivo 11 “Ciudades y comunidades sostenibles” y el objetivo 13 “Acción por el clima”.

Para el caso de la calidad del agua se tiene la meta de que para 2030, debe mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial, por lo que es necesario conocer los niveles de contaminación de las aguas, para lograr generar las medidas pertinentes.

En el mismo orden de ideas el objetivo 11.5 busca que de aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo especial hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad. En este caso

la representación de zonas de riesgo resulta fundamental para el desarrollo del objetivo.

Por último, el objetivo 13.1 establece que se debe fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países, creando una cultura a través de la información de los riesgos probables y sus consecuencias para la población, con el fin de reducir las pérdidas humanas y económicas en las zonas afectadas. Con el cumplimiento de los 17 objetivos planteados por la O.N.U se puede dar paso al desarrollo de las ciudades inteligentes las cuales se describen como aquella que ofrece calidad de vida a sus habitantes sin poner en riesgo los recursos, ya que vela también por el bienestar de la humanidad futura y procura la justicia social.

CONCLUSIONES

El presente análisis demuestra las zonas de riesgo por efecto de las inundaciones, mala calidad del agua y posibles efectos de un derrumbe con el fin de diagnosticar los ambientes de vulnerabilidad en la zona Norte del municipio, convirtiéndose en una herramienta de gran ayuda para la toma de decisiones en la creación de medidas pertinentes con el fin de reducir los daños y pérdidas no solo en materia económica sino humana, por lo que destacan los siguientes puntos a considerar:

- **Probabilidades de inundación en la zona:** el análisis de inundación del río San Diego demostró que es poco probable que presente caudales suficientes para generar una inundación, teniendo en cuenta que el fenómeno solo ocurra por la acumulación de precipitaciones, sin ninguna obstrucción en su cauce; por el contrario, el río Cúpira presenta una alta probabilidad de inundación con caudales alarmantes tal como lo demostraron Cupen y Hernandez en su investigación titulada “Análisis integral de la vulnerabilidad y riesgo a inundaciones en la cuenca del río cúpira” realizada en el año 2017, siendo las zonas cercanas a la confluencia de los ríos la más afectada por este fenómeno
- **Deplorables condiciones físico-químicas y bacteriológicas de los ríos:** los dos afluentes principales del municipio San Diego se encuentran en un nivel alarmante de contaminación, demostrado en el análisis de sus aguas, presentando colonias incontables de coliformes fecales, proveniente de la intervención humana y crecientes zonas de ocupación no planificada. El agua es el principal recurso para la vida siendo un derecho universal, cumpliendo las condiciones mínimas para considerarse potable, de otro modo es uno de los principales medios de transmisión de enfermedades.
- **Movimiento de masas en el derrumbe:** representa uno de los riesgos más complicados de analizar por la poca información que puede conseguirse, por lo que casi toda la información debe ser generada y estimada mediante

softwares y criterios, para conocer realmente la zona de influencia de un acontecimiento igual deben analizarse las propiedades físicas de la montaña y el terreno con equipo muy especializado, el derrumbe presentó un total de 27.137 m³ de sedimentos arrastrados por laderas de más de 30° con una pendiente del 55% y una separación de 370 metros desde su punto más cercano al cauce del río Cúpira, comparándolo con un fenómeno similar esta la tragedia de Vargas la cual tuvo un arrastre de sedimentos de 20 millones de m³ que descendieron por laderas de 30 grados, en un evento de lluvias con un periodo de retorno de 500 años.

- **Sostenibilidad:** la sostenibilidad busca el equilibrio entre recursos y desarrollo, velando por la seguridad ciudadana y ambiental con el fin de reducir riesgos y mejorar la calidad de vida de las ciudades, para ello existen múltiples planes propuestos por organizaciones internacionales, todos ellos concuerdan en que sin recursos de calidad no puede haber desarrollo, sin una buena planificación y gestión, resulta casi imposible garantizar la sostenibilidad, en el caso del municipio San Diego, presenta dos fallas graves en cuanto a estos objetivos, la calidad de agua de sus principales ríos y la creciente ocupación no planificada.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar constantes limpiezas a los cauces de los ríos para evitar obstrucciones en sus flujos con el fin de reducir la probabilidad de inundaciones.
2. Se recomienda realizar estudios batimétricos y topográficos para conocer las secciones y perfiles de los ríos con mayor exactitud, para lograr una estimación exacta de las condiciones hidráulicas de los ríos, ya que los softwares utilizados, aunque presentan amplias herramientas, su precisión no es comparable a los datos obtenidos in situ.
3. Analizar los tramos más críticos y evaluar la posibilidad de realizar canalizaciones o refuerzos en las secciones, bien sea utilizando muros de gaviones.
4. Tomando en cuenta el nivel freático y los niveles de contaminación de los ríos, deberían exigirse los análisis físico-químicos y bacteriológicos de los pozos cercanos
5. Debido a las crecientes zonas con ocupación no planificada se plantea la posibilidad de una doble vulnerabilidad, siendo representada por un deterioro superior a las a condiciones del agua de los ríos y una demanda ecológica no planeada
6. Las mejoras y correcciones que se apliquen los ríos, deben ser integrales, en vista de que todo cambio va a repercutir aguas abajo, debería adicionalmente revisarse el tramo de la confluencia, siendo una zona crítica de estudio.
7. La presente investigación adicionalmente plantea la posibilidad de empezar una línea de investigación en materia de gestión de riesgos en el municipio San Diego.

8. Con los datos representados en cada análisis se debería conducir a un sistema de gestión de riesgos para el cual, la investigación constituye la línea base, procurando actualizar cada factor ante el crecimiento del municipio, ya que, de otra manera, los valores demostrados solo serán referenciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología Científica**. Caracas- EPISTEME C.A
- Aura Herminia Párraga M. (2010). **Estudios de suelos de puente sobre el Río Cúpira sector Valle de Oro**.
- Causas del efecto invernadero**. (s.f.). Recuperado 10 enero, 2019, de https://ec.europa.eu/clima/change/causes_es
- Cervantes, C. (2010). **Generación de mapas de riesgo de inundación mediante modelación en 2d**.<https://www.google.co.ve/.ptolomeo.unam.mx>.
- Cupen, F. and Hernández, H. (2017). **Análisis integral de la vulnerabilidad y riesgo a inundaciones en la cuenca del río cúpira desde el sector tulipán hasta la confluencia con el río san diego, sector valle verde del municipio san diego, estado Carabobo**. Universidad José Antonio Páez.
- Figueira Manuel, Zúñiga Tahimy (2012). **Trabajo de Grado, Guía orientadora para los estudios de suelos para distintas zonas en el municipio San Diego, estado Carabobo**. Universidad José Antonio Páez.pdf
- Ley de aguas, (2007).www.uc.edu.ve/mega_uc/archivo/leyes/ley_de_Aguas.pdf
- Ley de ambiente, (2007) .www.mp.gob.ve/ley_penal_del_ambiente.html
- Ley Orgánica del Ambiente, (2006). <http://www.mp.gob.ve/LODA>
- Libertador, U. P. (2002). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales**. Caracas- FEDUPEL.
- MOYA, X. M. (2009, 15 mayo). **Guía para realizar el análisis de riesgos de desastres por municipio**. Recuperado 10 enero, 2019, de <http://www.cenapred.gob.mx/simposioDIRDN/documentos/documentosGrals/Guia%20para%20el%20Analisis%20de%20Riesgos%20de%20desastres%20por%20Municipio.p>
- República Bolivariana de Venezuela. (2001, 13 noviembre). **Ley de la organización nacional de protección civil y administración de desastres**. Recuperado 10

enero, 2019, de https://www.preventionweb.net/files/9608_LeyProteccionCivilyadministarcionde.pdf

República Bolivariana de Venezuela. (2006, 22 diciembre). **Ley Orgánica de Ambiente**. Recuperado 10 enero, 2019, de http://www.uc.edu.ve/mega_uc/archivos/leyes/a_ley_organica_ambiente_2007.pdf

República Bolivariana de Venezuela. (2007, 2 enero). Ley de Aguas y Suelos. Recuperado 10 enero, 2019, de http://www.uc.edu.ve/mega_uc/archivos/leyes/d_Ley_de_Aguas.pdf

UNDP. (2013, 7 mayo). **Evaluación de riesgos de desastres**. Recuperado 10 enero, 2019, de http://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/reduccion_del_riesgo_de_desastres.pdf

UNISDR. (2010, 14 mayo). UNISDR - **Estrategia internacional para la reducción del riesgo de desastres**. Recuperado 10 enero, 2019, de <http://www.eird.org/americas/we/que-es-la-estrategia-internacional.html>

Apéndice A

Cálculo de pendientes promedio del río San Diego

Tramo III

punto	cota	progresiva	lp	y	pendiente	s^(1/2)	pendiente total
1	455.4448	0	98.91	461.604313	0.02649331	6.14372699	5.97429E-05
2	461.672	100		464.224847	0.00422062	15.3926045	0.0060%
3	464.2529	200		464.642321	0.00311326	17.9222299	
4	464.6466	300		464.950263	0.00046174	46.5374956	
5	464.9536	400		464.995935	5.0703E-05	140.437116	
6	464.9964	500		465.00095	0.02066951	6.95560573	
7	465.001	600		467.045434	0.00339713	17.1570966	
8	467.0679	700		467.381454	0.00796484	11.2049934	
9	467.3849	800		468.16928	0.00614214	12.7596877	
10	468.1779	900		468.776818	0.00536354	13.6544528	
11	468.7834	1000		469.307342	0.00099421	31.7147433	
12	469.3131	1100		469.405683	0.00109829	30.1746563	
13	469.4067	1200		469.514317	0.00435096	15.160295	
14	469.5155	1300		469.944684	0.00055268	42.5365838	
15	469.9494	1400		469.999351	6.5495E-06	390.748722	
16	469.9999	1500		469.999999	1.0989E-08	9539.3921	
17	470	1600		470	0	0	
18	470	1700		470	0.001193	28.9520805	
19	470	1800		470.118003	0.00346611	16.9855196	
20	470.1193	1900		470.460847	0.00161195	24.9071986	
21	470.4646	2000		470.620289	0.0064403	12.4608326	
22	470.622	2100		471.257318	0.01172558	9.23491257	
23	471.2643	2200		472.417132	0.00540308	13.604401	
24	472.4298	2300		472.951566	0.00176697	23.7895253	
25	472.9573	2400		473.126342	0.01574578	7.96925837	
26	473.1282	2500		474.683805	0.00106382	30.6595003	
27	474.7009	2600		474.789032	0.00011279	94.1591164	
28	474.79	2700		474.800188	0.00173813	23.9860447	
29	474.8003	2800		474.972112	0.00129109	27.8305694	
30	474.974	2900		475.099817	0.00593298	12.9826584	
31	475.1012	3000		475.686666	0.00874304	10.6947015	
32	475.6931	3100		476.551467	0.00200536	22.3307619	
33	476.5609	3200		476.749824	0.00222799	21.1857322	
34	476.7519	3300		476.970201	0.00554425	13.4300766	

punto	cota	progresiva	lp	y	pendiente	s^(1/2)	pendiente total
35	476.9726	3400	98.91	477.5186	0.00327966	17.4616642	
36	477.5246	3500		477.843001	0.00294237	18.4353374	
37	477.8465	3600		478.13404	0.00195695	22.6053213	
38	478.1372	3700		478.327608	0.00461715	14.716781	
39	478.3297	3800		478.784304	0.00182751	23.3921777	
40	478.7893	3900		478.965068	0.00183353	23.3537318	
41	478.967	4000		479.146428	0.00141593	26.5753189	
42	479.1484	4100		479.286483	0.00713534	11.83839	
43	479.288	4200		479.992261	7.8242E-05	113.052638	
44	480	4300		480	0	0	
45	480	4400		480	0.000863	34.0403959	
46	480	4500		480.085362	0.00598748	12.9234312	
47	480.0863	4600		480.677602	0.00692469	12.0171023	
48	480.6841	4700		481.362545	0.00366137	16.5263892	
49	481.37	4800		481.724702	0.00498541	14.1628191	
50	481.7286	4900		482.217824	0.01012535	9.93790733	
51	482.2232	5000		483.219353	0.00343467	17.0630817	
52	483.2303	5100		483.559087	0.00410653	15.6049591	
53	483.5627	5200		483.965276	0.00284073	18.76227	
54	483.9697	5300		484.246261	0.00320373	17.6673888	
55	484.2493	5400		484.563151	0.00436887	15.1291849	
56	484.5666	5500		484.995289	0.00298063	18.3166577	
57	485	5600		485.290112	0.01075523	9.64251079	
58	485.2933	5700		486.353945	0.01554484	8.0206015	
59	486.3656	5800		487.891532	0.00375953	16.3092267	
60	487.9083	5900		488.263398	0.00050745	44.391839	
61	488.2673	6000		488.313591	0.00596314	12.9497801	
62	488.3141	6100		488.903424	0.00105447	30.7951529	
63	488.9099	6200		489.007725	0.00416887	15.4878424	
64	489.0088	6300		489.42008	0.00061769	40.235917	
65	489.4246	6400		489.481178	0.00221029	21.2704066	
66	489.4818	6500		489.699804	0.00227622	20.9600784	
67	489.7022	6600		489.924952	0.00075075	36.4966602	
68	489.9274	6700	489.999211	0.02439198	6.40289662		
69	490	6800	492.411896	0.00239696	20.4253715		
70	492.4384	6900	492.648986	0.0119794	9.13655655		
71	492.6513	7000	493.833904	0.01166238	9.2599005		

punto	cota	progresiva	lp	y	pendiente	s^(1/2)	pendiente total
72	493.8469	7100		494.987466	0.00012671	88.8356348	
73	495	7200		495	0.000836	34.5857232	
74	495	7300		495.082691	0.00618119	12.719325	
75	495.0836	7400		495.694091	0.00244682	20.2161578	
76	495.7008	7500		495.936114	0.01068214	9.67544189	
77	495.9387	7600		496.992717	0.0063381	12.5608924	
78	497.0043	7700		497.619638	0.02632836	6.16294191	
79	497.6264	7800		500.223857	0.00607657	12.8283469	
80	500.2524	7900		500.824909	0.0187926	7.29468452	
81	500.8312	8000		502.683742	0.01871381	7.31002488	
82	502.7041	8100		504.534783	0.00320338	17.6683282	
83	504.5549	8200		504.851639	0.00117697	29.1486101	
84	504.8549	8300		504.968057	0.00040657	49.594278	
85	504.9693	8400		505.008272	0.01642633	7.80242733	
86	505.0087	8500		506.63305	0.00347646	16.9602123	
87	506.6509	8600		506.976917	0.00665022	12.2625842	
88	506.9805	8700		507.634711	0.01178768	9.21055514	
89	507.6419	8800		508.800666	0.04549974	4.6880859	
90	508.8134	8900		513.301184	0.09256358	3.28685029	
91	513.3505	9000		522.456929	0.0010117	31.4393398	
92	522.557	9100		522.557			

Tramo II

punto	cota	progresiva real	progresiva para cálculo	lp	y	pendiente	s^(1/2)	pendiente total
1	527.8449	9200	0	97.05	528.0264	0.01973767	7.11790348	0.04675576
2	528.0319	9300	100		529.942115	0.05059639	4.44570066	4.67558%
3	530	9400	200		534.852941	0.00843715	10.8868459	
4	535	9500	300		535.671841	0.28761176	1.86464724	
5	535.6922	9600	400		563.5871	0.09038715	3.32618691	
6	564.4324	9700	500		572.359971	0.00514509	13.9413064	
7	572.6002	9800	600		572.859347	0.07129191	3.74524194	
8	572.8672	9900	700		579.778856	0.00780891	11.3163095	
9	579.9883	10000	800		580.536779	0.07865024	3.56574242	
10	580.5534	10100	900		588.170479	0.07319515	3.69622877	
11	588.4013	10200	1000		595.274715	0.04658597	4.63310807	

punto	cota	progresiva real	progresiva para cálculo	lp	y	pendiente	s^(1/2)	pendiente total
12	595.483	10300	1100		599.796294	0.20990367	2.18267959	
13	599.927	10400	1200		620.169297	0.09758291	3.20120229	
14	620.7827	10500	1300		629.640579	0.11738855	2.91868442	
15	629.909	10600	1400		641.034174	0.15026442	2.5797161	
16	641.3713	10700	1500		655.618662	0.25795821	1.96890753	
17	656.0504	10800	1600		680.655782	0.37192112	1.63973844	
18	681.4014	10900	1700		716.754009	0.01370755	8.54122481	
19	717.8253	11000	1800		718.084447	0.10581791	3.07411714	
20	718.0923	11100	1900		728.355009	0.11921215	2.89627461	
21	728.666	11200	2000		739.9256	0.09027839	3.32818982	
22	740.2668	11300	2100		748.687915	0.10944418	3.02275996	
23	748.9431	11400	2200		759.310438	0.04066182	4.95914267	
24	759.6246	11500	2300		763.257026	0.32009209	1.76751264	
25	763.3671	11600	2400		794.324788	0.44644539	1.49663476	
26	795.2629	11700	2500		837.656253	0.38652076	1.60847231	
27	838.9409	11800	2600		875.171503	0.55799567	1.33870408	
28	876.2694	11900	2700		929.329906	0.25769118	1.9699274	
29	930.9378	12000	2800		954.341109	0.10780482	3.04565646	
30	955.0503	12100	2900		964.804518	0.15564639	2.53472278	
31	965.1001	12200	3000		979.911374	0.10067027	3.1517327	
32	980.3602	12300	3100		989.682312	0.04841548	4.5447276	
33	989.9648	12400	3200		994.381462	0.00137894	26.9294455	
34	994.5153	12500	3300		994.5153			

Apéndice B

Patrones de intensidades probables.

Patrón B : intensidades probables

minutos	TR					
	100	50	25	15	10	5
26.0	226.88	168.06	204.48	257.70	184.87	145.65
52.0	221.28	179.27	145.65	100.84	128.85	117.64
78.0	148.45	98.04	120.44	151.26	109.24	86.83
103.9	123.25	112.04	98.04	85.15	76.75	70.59
129.9	57.14	90.75	78.99	99.16	68.35	61.62
155.9	84.03	73.95	66.10	58.82	53.22	43.70
181.9	39.79	74.64	66.79	58.89	52.99	48.23
207.9	60.50	53.22	67.22	44.82	36.41	47.62
233.9	44.82	56.02	61.62	49.30	39.77	33.61
259.9	50.42	29.13	36.41	44.26	56.02	39.21
285.9	50.42	44.82	39.21	36.41	33.61	28.01
311.8	30.81	42.02	38.09	46.50	33.61	25.21

Fuente: Sanjuan, 2019

Patrón C : intensidades probables

minutos	TR					
	100	50	25	15	10	5
26.0	257.70	226.88	204.48	184.87	168.06	145.65
52.0	128.85	221.28	117.64	179.27	145.65	100.84
78.0	148.45	120.44	151.26	109.24	98.04	86.83
103.9	123.25	112.04	98.04	85.15	76.75	70.59
129.9	68.35	90.75	99.16	78.99	61.62	57.14
155.9	73.95	53.22	66.10	84.03	58.82	43.70
181.9	66.79	58.89	39.79	74.64	52.99	48.23
207.9	60.50	53.22	67.22	47.62	44.82	36.41
233.9	61.62	56.02	49.30	44.82	39.77	33.61
259.9	29.13	50.42	56.02	44.26	39.21	36.41
285.9	33.61	50.42	39.21	44.82	36.41	28.01
311.8	42.02	30.81	38.09	46.50	33.61	25.21

Fuente: Sanjuan, 2019

Patrón D : intensidades probables

minutos	TR					
	100	50	25	15	10	5
26.0	226.88	168.06	204.48	145.65	257.70	184.87
52.0	117.64	100.84	221.28	145.65	179.27	128.85
78.0	148.45	109.24	151.26	86.83	120.44	98.04
103.9	112.04	98.04	123.25	76.75	85.15	70.59
129.9	99.16	90.75	78.99	68.35	61.62	57.14
155.9	66.10	84.03	73.95	43.70	58.82	53.22
181.9	66.79	74.64	52.99	48.23	39.79	58.89
207.9	60.50	67.22	53.22	47.62	44.82	36.41
233.9	39.77	61.62	49.30	44.82	56.02	33.61
259.9	50.42	56.02	39.21	36.41	44.26	29.13
285.9	50.42	33.61	44.82	39.21	36.41	28.01
311.8	46.50	42.02	38.09	33.61	30.81	25.21

Fuente: Sanjuan, 2019

Apéndice C

Método de Muskingum e hidrogramas totales.

Patrón A : 10 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo2	C2Qs2	Qs
	t(min)	l/s										
0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168,06	26,0	95,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,29	10,32	0,00	0,00	10,32
117,64	52,0	66,70	99,41	0,00	0,00	0,00	0,00	166,11	17,99	10,32	8,08	36,39
98,04	78,0	55,59	82,84	69,12	0,00	0,00	0,00	207,54	22,47	17,99	14,09	54,55
76,75	103,9	43,52	64,85	54,11	50,04	0,00	0,00	212,52	23,01	22,47	17,61	63,09
61,62	129,9	34,94	52,07	43,44	40,18	48,13	0,00	218,76	23,69	23,01	18,03	64,73
53,22	155,9	0,00	44,97	37,52	34,70	41,56	18,84	177,59	19,23	23,69	18,56	61,48
48,23	181,9	0,00	0,00	34,00	31,44	37,67	17,07	120,18	13,01	19,23	15,07	47,31
44,82	207,9	0,00	0,00	0,00	29,22	35,00	15,87	80,09	8,67	13,01	10,20	31,88
39,77	233,9	0,00	0,00	0,00	0,00	31,06	14,08	45,14	4,89	8,67	6,79	20,35
36,41	259,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,89	12,89	1,40	4,89	3,83	10,11
33,61	285,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	1,09	2,49
30,81	311,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón A : 15 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo2	C2Qs2	Qs
	t(min)	l/s										
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184,87	26,0	105	0	0	0	0	0	104,8	11,35	0	0	11,35
128,85	52,0	73,1	108,88	0	0	0	0	181,9	19,7	11,35	8,892	39,94
109,24	78,0	61,9	92,308	77	0	0	0	231,3	25,04	19,7	15,43	60,18
85,15	103,9	48,3	71,953	60	55,52	0	0	235,8	25,53	25,04	19,62	70,19
68,35	129,9	38,8	57,752	48,2	44,56	53,4	0	242,6	26,27	25,53	20	71,81
58,82	155,9	0	49,704	41,5	38,35	45,9	20,82	196,3	21,26	26,27	20,58	68,11
52,99	181,9	0	0	37,4	34,55	41,4	18,76	132	14,3	21,26	16,65	52,21
47,62	207,9	0	0	0	31,05	37,2	16,86	85,09	9,214	14,3	11,2	34,71
44,82	233,9	0	0	0	0	35	15,87	50,87	5,508	9,214	7,219	21,94
39,21	259,9	0	0	0	0	0	13,88	13,88	1,503	5,508	4,315	11,33
36,41	285,9	0	0	0	0	0	0	0	0	1,503	1,178	2,681
33,61	311,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón A - 25 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo2	C2Qs2	Qs
	t(min)	l/s										
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
204,48	26,0	116	0	0	0	0	0	115,9	12,55	0	0	12,55
145,65	52,0	82,6	123,08	0	0	0	0	205,7	22,27	12,55	9,835	44,66
120,44	78,0	68,3	101,78	84,9	0	0	0	255	27,61	22,27	17,45	67,33
98,04	103,9	55,6	82,841	69,1	63,92	0	0	271,5	29,4	27,61	21,63	78,64
78,99	129,9	44,8	66,746	55,7	51,5	61,7	0	280,4	30,36	29,4	23,03	82,79
66,10	155,9	0	55,858	46,6	43,1	51,6	23,4	220,6	23,89	30,36	23,79	78,04
58,89	181,9	0	0	41,5	38,39	46	20,8	146,7	15,89	23,89	18,71	58,49
53,22	207,9	0	0	0	34,7	41,6	18,8	95,1	10,3	15,89	12,45	38,64
49,30	233,9	0	0	0	0	38,5	17,5	55,95	6,059	10,3	8,068	24,43
44,26	259,9	0	0	0	0	0	15,7	15,67	1,696	6,059	4,747	12,5
39,21	285,9	0	0	0	0	0	0	0	0	1,696	1,329	3,026
38,09	311,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón A - 50 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo2	C2Qs2	Qs
	t(min)	l/s										
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
226,88	26,0	129	0	0	0	0	0	128,6	13,93	0	0	13,93
221,28	52,0	125	186,98	0	0	0	0	312,5	33,83	13,93	10,91	58,68
148,45	78,0	84,2	125,44	105	0	0	0	314,3	34,03	33,83	26,51	94,37
112,04	103,9	63,5	94,675	79	73,05	0	0	310,2	33,59	34,03	26,66	94,29
90,75	129,9	51,5	76,687	64	59,17	70,9	0	322,2	34,89	33,59	26,32	94,8
73,95	155,9	0	62,486	52,1	48,21	57,8	26,2	246,8	26,72	34,89	27,33	88,94
66,79	181,9	0	0	47,1	43,55	52,2	23,6	166,4	18,02	26,72	20,93	65,68
60,50	207,9	0	0	0	39,45	47,3	21,4	108,1	11,71	18,02	14,12	43,85
56,02	233,9	0	0	0	0	43,8	19,8	63,58	6,885	11,71	9,172	27,76
50,42	259,9	0	0	0	0	0	17,8	17,85	1,933	6,885	5,394	14,21
44,82	285,9	0	0	0	0	0	0	0	0	1,933	1,514	3,447
42,02	311,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón A - 100 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo2	C2Qs2	Qs
	t(min)	l/s										
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
257,70	26,0	146	0	0	0	0	0	146,1	15,82	0	0	15,82
179,27	52,0	102	151,48	0	0	0	0	253,1	27,41	15,82	12,4	55,63
151,26	78,0	85,8	127,81	107	0	0	0	320,2	34,67	27,41	21,47	83,56
123,25	103,9	69,9	104,14	86,9	80,36	0	0	341,3	36,95	34,67	27,16	98,79
99,16	129,9	56,2	83,787	69,9	64,65	77,4	0	352	38,12	36,95	28,95	104
84,03	155,9	0	71,006	59,2	54,79	65,6	29,7	280,4	30,36	38,12	29,86	98,34
74,64	181,9	0	0	52,6	48,67	58,3	26,4	186	20,14	30,36	23,79	74,29
67,22	207,9	0	0	0	43,83	52,5	23,8	120,1	13,01	20,14	15,78	48,93
61,62	233,9	0	0	0	0	48,1	21,8	69,94	7,574	13,01	10,19	30,77
56,02	259,9	0	0	0	0	0	19,8	19,83	2,147	7,574	5,933	15,65
50,42	285,9	0	0	0	0	0	0	0	0	2,147	1,682	3,83
46,50	311,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón B - 5 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145,65	25,99	82,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,59	8,94	0,00	0,00	8,94
117,64	51,97	66,70	99,41	0,00	0,00	0,00	0,00	166,11	17,99	8,94	7,01	33,94
86,83	77,96	49,23	73,37	61,22	0,00	0,00	0,00	183,82	19,91	17,99	14,09	51,98
70,59	103,95	40,02	59,65	49,76	46,02	0,00	0,00	195,45	21,16	19,91	15,59	56,66
61,62	129,93	34,94	52,07	43,44	40,18	48,13	0,00	218,76	23,69	21,16	16,58	61,43
43,70	155,92	0,00	36,92	30,81	28,49	34,13	15,47	145,81	15,79	23,69	18,56	58,04
48,23	181,91	0,00	0,00	34,00	31,44	37,67	17,07	120,18	13,01	15,79	12,37	41,17
47,62	207,90	0,00	0,00	0,00	31,05	37,19	16,86	85,09	9,21	13,01	10,20	32,42
33,61	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	26,25	11,90	38,15	4,13	9,21	7,22	20,56
39,21	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,88	13,88	1,50	4,13	3,24	8,87
28,01	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,18	2,68
25,21	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón B - 10 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184,87	25,99	104,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	104,82	11,35	0,00	0,00	11,35
128,85	51,97	73,06	108,88	0,00	0,00	0,00	0,00	181,93	19,70	11,35	8,89	39,94
109,24	77,96	61,94	92,31	77,01	0,00	0,00	0,00	231,26	25,04	19,70	15,43	60,18
76,75	103,95	43,52	64,85	54,11	50,04	0,00	0,00	212,52	23,01	25,04	19,62	67,67
68,35	129,93	38,75	57,75	48,18	44,56	53,38	0,00	242,63	26,27	23,01	18,03	67,31
53,22	155,92	0,00	44,97	37,52	34,70	41,56	18,84	177,59	19,23	26,27	20,58	66,09
52,99	181,91	0,00	0,00	37,36	34,55	41,38	18,76	132,04	14,30	19,23	15,07	48,60
36,41	207,90	0,00	0,00	0,00	23,74	28,44	12,89	65,07	7,05	14,30	11,20	32,55
39,77	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	31,06	14,08	45,14	4,89	7,05	5,52	17,45
56,02	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,83	19,83	2,15	4,89	3,83	10,87
33,61	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,15	1,68	3,83
33,61	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón B - 15 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
257,70	25,99	146,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,11	15,82	0,00	0,00	15,82
100,84	51,97	57,17	85,21	0,00	0,00	0,00	0,00	142,38	15,42	15,82	12,40	43,64
151,26	77,96	85,76	127,81	106,64	0,00	0,00	0,00	320,21	34,67	15,42	12,08	62,17
85,15	103,95	48,28	71,95	60,03	55,52	0,00	0,00	235,78	25,53	34,67	27,16	87,37
99,16	129,93	56,22	83,79	69,91	64,65	77,44	0,00	352,01	38,12	25,53	20,00	83,65
58,82	155,92	0,00	49,70	41,47	38,35	45,94	20,82	196,29	21,26	38,12	29,86	89,23
58,89	181,91	0,00	0,00	41,51	38,39	45,99	20,85	146,74	15,89	21,26	16,65	53,80
44,82	207,90	0,00	0,00	0,00	29,22	35,00	15,87	80,09	8,67	15,89	12,45	37,01
49,30	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	38,50	17,45	55,95	6,06	8,67	6,79	21,53
44,26	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,67	15,67	1,70	6,06	4,75	12,50
36,41	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	1,33	3,03
46,50	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón B - 25 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204,48	25,99	115,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	115,94	12,55	0,00	0,00	12,55
145,65	51,97	82,59	123,08	0,00	0,00	0,00	0,00	205,66	22,27	12,55	9,84	44,66
120,44	77,96	68,29	101,78	84,91	0,00	0,00	0,00	254,98	27,61	22,27	17,45	67,33
98,04	103,95	55,59	82,84	69,12	63,92	0,00	0,00	271,46	29,40	27,61	21,63	78,64
78,99	129,93	44,79	66,75	55,69	51,50	61,69	0,00	280,41	30,36	29,40	23,03	82,79
66,10	155,92	0,00	55,86	46,60	43,10	51,63	23,40	220,59	23,89	30,36	23,79	78,04
66,79	181,91	0,00	0,00	47,09	43,55	52,16	23,64	166,45	18,02	23,89	18,71	60,62
67,22	207,90	0,00	0,00	0,00	43,83	52,50	23,80	120,13	13,01	18,02	14,12	45,15
61,62	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	48,13	21,81	69,94	7,57	13,01	10,19	30,77
36,41	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,89	12,89	1,40	7,57	5,93	14,90
39,21	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	1,09	2,49
38,09	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón B - 50 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168,06	25,99	95,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,29	10,32	0,00	0,00	10,32
179,27	51,97	101,64	151,48	0,00	0,00	0,00	0,00	253,12	27,41	10,32	8,08	45,81
98,04	77,96	55,59	82,84	69,12	0,00	0,00	0,00	207,54	22,47	27,41	21,47	71,36
112,04	103,95	63,53	94,68	78,99	73,05	0,00	0,00	310,24	33,59	22,47	17,61	73,68
90,75	129,93	51,46	76,69	63,98	59,17	70,88	0,00	322,18	34,89	33,59	26,32	94,80
73,95	155,92	0,00	62,49	52,13	48,21	57,75	26,18	246,76	26,72	34,89	27,33	88,94
74,64	181,91	0,00	0,00	52,62	48,67	58,29	26,42	186,00	20,14	26,72	20,93	67,80
53,22	207,90	0,00	0,00	0,00	34,70	41,56	18,84	95,10	10,30	20,14	15,78	46,22
56,02	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	43,75	19,83	63,58	6,89	10,30	8,07	25,25
29,13	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,31	10,31	1,12	6,89	5,39	13,40
44,82	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,87	1,99
42,02	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón B - 100 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
226,88	25,99	128,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	128,64	13,93	0,00	0,00	13,93
221,28	51,97	125,47	186,98	0,00	0,00	0,00	0,00	312,45	33,83	13,93	10,91	58,68
148,45	77,96	84,17	125,44	104,66	0,00	0,00	0,00	314,28	34,03	33,83	26,51	94,37
123,25	103,95	69,88	104,14	86,89	80,36	0,00	0,00	341,27	36,95	34,03	26,66	97,65
57,14	129,93	32,40	48,28	40,28	37,26	44,63	0,00	202,85	21,97	36,95	28,95	87,87
84,03	155,92	0,00	71,01	59,24	54,79	65,63	29,75	280,41	30,36	21,97	17,21	69,54
39,79	181,91	0,00	0,00	28,05	25,95	31,08	14,09	99,16	10,74	30,36	23,79	64,89
60,50	207,90	0,00	0,00	0,00	39,45	47,25	21,42	108,12	11,71	10,74	8,41	30,86
44,82	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	35,00	15,87	50,87	5,51	11,71	9,17	26,39
50,42	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,85	17,85	1,93	5,51	4,32	11,76
50,42	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	1,51	3,45
30,81	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón C - 5 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145,65	25,99	82,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,59	8,94	0,00	0,00	8,94
100,84	51,97	57,17	85,21	0,00	0,00	0,00	0,00	142,38	15,42	8,94	7,01	31,37
86,83	77,96	49,23	73,37	61,22	0,00	0,00	0,00	183,82	19,91	15,42	12,08	47,40
70,59	103,95	40,02	59,65	49,76	46,02	0,00	0,00	195,45	21,16	19,91	15,59	56,66
57,14	129,93	32,40	48,28	40,28	37,26	44,63	0,00	202,85	21,97	21,16	16,58	59,71
43,70	155,92	0,00	36,92	30,81	28,49	34,13	15,47	145,81	15,79	21,97	17,21	54,96
48,23	181,91	0,00	0,00	34,00	31,44	37,67	17,07	120,18	13,01	15,79	12,37	41,17
36,41	207,90	0,00	0,00	0,00	23,74	28,44	12,89	65,07	7,05	13,01	10,20	30,26
33,61	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	26,25	11,90	38,15	4,13	7,05	5,52	16,70
36,41	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,89	12,89	1,40	4,13	3,24	8,76
28,01	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	1,09	2,49
25,21	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón C - 10 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168,06	25,99	95,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,29	10,32	0,00	0,00	10,32
145,65	51,97	82,59	123,08	0,00	0,00	0,00	0,00	205,66	22,27	10,32	8,08	40,67
98,04	77,96	55,59	82,84	69,12	0,00	0,00	0,00	207,54	22,47	22,27	17,45	62,19
76,75	103,95	43,52	64,85	54,11	50,04	0,00	0,00	212,52	23,01	22,47	17,61	63,09
61,62	129,93	34,94	52,07	43,44	40,18	48,13	0,00	218,76	23,69	23,01	18,03	64,73
58,82	155,92	0,00	49,70	41,47	38,35	45,94	20,82	196,29	21,26	23,69	18,56	63,50
52,99	181,91	0,00	0,00	37,36	34,55	41,38	18,76	132,04	14,30	21,26	16,65	52,21
44,82	207,90	0,00	0,00	0,00	29,22	35,00	15,87	80,09	8,67	14,30	11,20	34,17
39,77	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	31,06	14,08	45,14	4,89	8,67	6,79	20,35
39,21	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,88	13,88	1,50	4,89	3,83	10,22
36,41	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,18	2,68
33,61	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón C - 15 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)	l/s										
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184,87	25,99	104,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	104,82	11,35	0,00	0,00	11,35
179,27	51,97	101,64	151,48	0,00	0,00	0,00	0,00	253,12	27,41	11,35	8,89	47,65
109,24	77,96	61,94	92,31	77,01	0,00	0,00	0,00	231,26	25,04	27,41	21,47	73,93
85,15	103,95	48,28	71,95	60,03	55,52	0,00	0,00	235,78	25,53	25,04	19,62	70,19
78,99	129,93	44,79	66,75	55,69	51,50	61,69	0,00	280,41	30,36	25,53	20,00	75,90
84,03	155,92	0,00	71,01	59,24	54,79	65,63	29,75	280,41	30,36	30,36	23,79	84,52
74,64	181,91	0,00	0,00	52,62	48,67	58,29	26,42	186,00	20,14	30,36	23,79	74,29
47,62	207,90	0,00	0,00	0,00	31,05	37,19	16,86	85,09	9,21	20,14	15,78	45,13
44,82	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	35,00	15,87	50,87	5,51	9,21	7,22	21,94
44,26	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,67	15,67	1,70	5,51	4,32	11,52
44,82	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	1,33	3,03
46,50	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón C - 25 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204,48	25,99	115,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	115,94	12,55	0,00	0,00	12,55
117,64	51,97	66,70	99,41	0,00	0,00	0,00	0,00	166,11	17,99	12,55	9,84	40,38
151,26	77,96	85,76	127,81	106,64	0,00	0,00	0,00	320,21	34,67	17,99	14,09	66,75
98,04	103,95	55,59	82,84	69,12	63,92	0,00	0,00	271,46	29,40	34,67	27,16	91,23
99,16	129,93	56,22	83,79	69,91	64,65	77,44	0,00	352,01	38,12	29,40	23,03	90,54
66,10	155,92	0,00	55,86	46,60	43,10	51,63	23,40	220,59	23,89	38,12	29,86	91,87
39,79	181,91	0,00	0,00	28,05	25,95	31,08	14,09	99,16	10,74	23,89	18,71	53,34
67,22	207,90	0,00	0,00	0,00	43,83	52,50	23,80	120,13	13,01	10,74	8,41	32,16
49,30	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	38,50	17,45	55,95	6,06	13,01	10,19	29,26
56,02	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,83	19,83	2,15	6,06	4,75	12,95
39,21	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,15	1,68	3,83
38,09	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón C - 50 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
226,88	25,99	128,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	128,64	13,93	0,00	0,00	13,93
221,28	51,97	125,47	186,98	0,00	0,00	0,00	0,00	312,45	33,83	13,93	10,91	58,68
120,44	77,96	68,29	101,78	84,91	0,00	0,00	0,00	254,98	27,61	33,83	26,51	87,95
112,04	103,95	63,53	94,68	78,99	73,05	0,00	0,00	310,24	33,59	27,61	21,63	82,84
90,75	129,93	51,46	76,69	63,98	59,17	70,88	0,00	322,18	34,89	33,59	26,32	94,80
53,22	155,92	0,00	44,97	37,52	34,70	41,56	18,84	177,59	19,23	34,89	27,33	81,45
58,89	181,91	0,00	0,00	41,51	38,39	45,99	20,85	146,74	15,89	19,23	15,07	50,19
53,22	207,90	0,00	0,00	0,00	34,70	41,56	18,84	95,10	10,30	15,89	12,45	38,64
56,02	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	43,75	19,83	63,58	6,89	10,30	8,07	25,25
50,42	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,85	17,85	1,93	6,89	5,39	14,21
50,42	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	1,51	3,45
30,81	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón C - 100 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
257,70	25,99	146,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,11	15,82	0,00	0,00	15,82
128,85	51,97	73,06	108,88	0,00	0,00	0,00	0,00	181,93	19,70	15,82	12,40	47,92
148,45	77,96	84,17	125,44	104,66	0,00	0,00	0,00	314,28	34,03	19,70	15,43	69,17
123,25	103,95	69,88	104,14	86,89	80,36	0,00	0,00	341,27	36,95	34,03	26,66	97,65
68,35	129,93	38,75	57,75	48,18	44,56	53,38	0,00	242,63	26,27	36,95	28,95	92,18
73,95	155,92	0,00	62,49	52,13	48,21	57,75	26,18	246,76	26,72	26,27	20,58	73,58
66,79	181,91	0,00	0,00	47,09	43,55	52,16	23,64	166,45	18,02	26,72	20,93	65,68
60,50	207,90	0,00	0,00	0,00	39,45	47,25	21,42	108,12	11,71	18,02	14,12	43,85
61,62	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	48,13	21,81	69,94	7,57	11,71	9,17	28,45
29,13	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,31	10,31	1,12	7,57	5,93	14,62
33,61	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,87	1,99
42,02	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón D- 5 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)							l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
184,87	25,99	104,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	104,82	11,35	0,00	0,00	11,35
128,85	51,97	73,06	108,88	0,00	0,00	0,00	0,00	181,93	19,70	11,35	8,89	39,94
98,04	77,96	55,59	82,84	69,12	0,00	0,00	0,00	207,54	22,47	19,70	15,43	57,61
70,59	103,95	40,02	59,65	49,76	46,02	0,00	0,00	195,45	21,16	22,47	17,61	61,24
57,14	129,93	32,40	48,28	40,28	37,26	44,63	0,00	202,85	21,97	21,16	16,58	59,71
53,22	155,92	0,00	44,97	37,52	34,70	41,56	18,84	177,59	19,23	21,97	17,21	58,41
58,89	181,91	0,00	0,00	41,51	38,39	45,99	20,85	146,74	15,89	19,23	15,07	50,19
36,41	207,90	0,00	0,00	0,00	23,74	28,44	12,89	65,07	7,05	15,89	12,45	35,38
33,61	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	26,25	11,90	38,15	4,13	7,05	5,52	16,70
29,13	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,31	10,31	1,12	4,13	3,24	8,48
28,01	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,87	1,99
25,21	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón D- 10 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)	l/s						l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
257,70	25,99	146,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,11	15,82	0,00	0,00	15,82
179,27	51,97	101,64	151,48	0,00	0,00	0,00	0,00	253,12	27,41	15,82	12,40	55,63
120,44	77,96	68,29	101,78	84,91	0,00	0,00	0,00	254,98	27,61	27,41	21,47	76,49
85,15	103,95	48,28	71,95	60,03	55,52	0,00	0,00	235,78	25,53	27,61	21,63	74,77
61,62	129,93	34,94	52,07	43,44	40,18	48,13	0,00	218,76	23,69	25,53	20,00	69,22
58,82	155,92	0,00	49,70	41,47	38,35	45,94	20,82	196,29	21,26	23,69	18,56	63,50
39,79	181,91	0,00	0,00	28,05	25,95	31,08	14,09	99,16	10,74	21,26	16,65	48,64
44,82	207,90	0,00	0,00	0,00	29,22	35,00	15,87	80,09	8,67	10,74	8,41	27,82
56,02	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	43,75	19,83	63,58	6,89	8,67	6,79	22,35
44,26	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,67	15,67	1,70	6,89	5,39	13,98
36,41	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	1,33	3,03
30,81	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón D- 15 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)	l/s						l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145,65	25,99	82,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,59	8,94	0,00	0,00	8,94
145,65	51,97	82,59	123,08	0,00	0,00	0,00	0,00	205,66	22,27	8,94	7,01	38,22
86,83	77,96	49,23	73,37	61,22	0,00	0,00	0,00	183,82	19,91	22,27	17,45	59,62
76,75	103,95	43,52	64,85	54,11	50,04	0,00	0,00	212,52	23,01	19,91	15,59	58,51
68,35	129,93	38,75	57,75	48,18	44,56	53,38	0,00	242,63	26,27	23,01	18,03	67,31
43,70	155,92	0,00	36,92	30,81	28,49	34,13	15,47	145,81	15,79	26,27	20,58	62,65
48,23	181,91	0,00	0,00	34,00	31,44	37,67	17,07	120,18	13,01	15,79	12,37	41,17
47,62	207,90	0,00	0,00	0,00	31,05	37,19	16,86	85,09	9,21	13,01	10,20	32,42
44,82	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	35,00	15,87	50,87	5,51	9,21	7,22	21,94
36,41	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,89	12,89	1,40	5,51	4,32	11,22
39,21	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	1,09	2,49
33,61	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Sanjuan, 2019

patrón D- 25 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)	l/s						l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
204,48	25,99	115,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	115,94	12,55	0,00	0,00	12,55
221,28	51,97	125,47	186,98	0,00	0,00	0,00	0,00	312,45	33,83	12,55	9,84	56,22
151,26	77,96	85,76	127,81	106,64	0,00	0,00	0,00	320,21	34,67	33,83	26,51	95,01
123,25	103,95	69,88	104,14	86,89	80,36	0,00	0,00	341,27	36,95	34,67	27,16	98,79
78,99	129,93	44,79	66,75	55,69	51,50	61,69	0,00	280,41	30,36	36,95	28,95	96,27
73,95	155,92	0,00	62,49	52,13	48,21	57,75	26,18	246,76	26,72	30,36	23,79	80,87
52,99	181,91	0,00	0,00	37,36	34,55	41,38	18,76	132,04	14,30	26,72	20,93	61,95
53,22	207,90	0,00	0,00	0,00	34,70	41,56	18,84	95,10	10,30	14,30	11,20	35,80
49,30	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	38,50	17,45	55,95	6,06	10,30	8,07	24,43
39,21	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,88	13,88	1,50	6,06	4,75	12,31
44,82	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,18	2,68
38,09	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

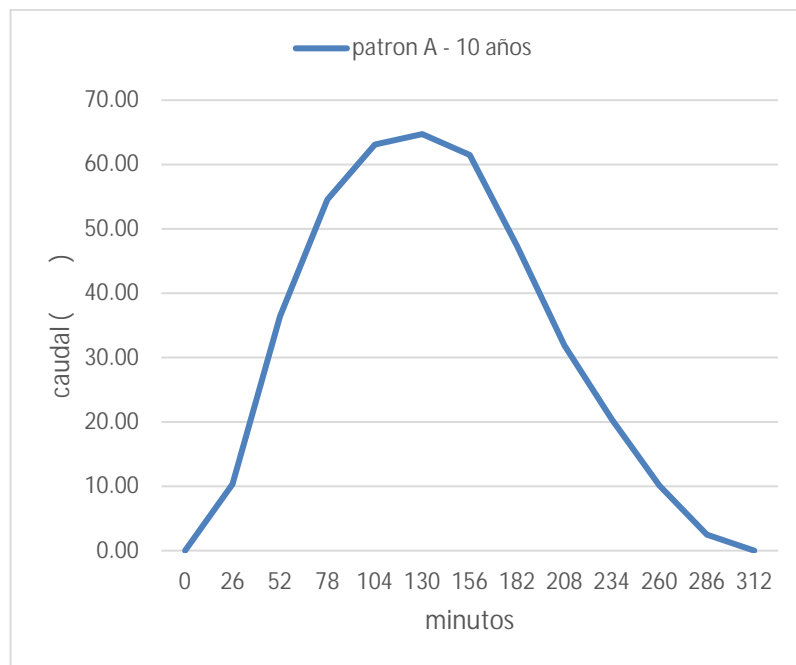
Fuente: Sanjuan, 2019

patrón D- 50 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)	l/s						l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
168,06	25,99	95,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,29	10,32	0,00	0,00	10,32
100,84	51,97	57,17	85,21	0,00	0,00	0,00	0,00	142,38	15,42	10,32	8,08	33,82
109,24	77,96	61,94	92,31	77,01	0,00	0,00	0,00	231,26	25,04	15,42	12,08	52,54
98,04	103,95	55,59	82,84	69,12	63,92	0,00	0,00	271,46	29,40	25,04	19,62	74,06
90,75	129,93	51,46	76,69	63,98	59,17	70,88	0,00	322,18	34,89	29,40	23,03	87,31
84,03	155,92	0,00	71,01	59,24	54,79	65,63	29,75	280,41	30,36	34,89	27,33	92,58
74,64	181,91	0,00	0,00	52,62	48,67	58,29	26,42	186,00	20,14	30,36	23,79	74,29
67,22	207,90	0,00	0,00	0,00	43,83	52,50	23,80	120,13	13,01	20,14	15,78	48,93
61,62	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	48,13	21,81	69,94	7,57	13,01	10,19	30,77
56,02	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,83	19,83	2,15	7,57	5,93	15,65
33,61	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,15	1,68	3,83
42,02	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

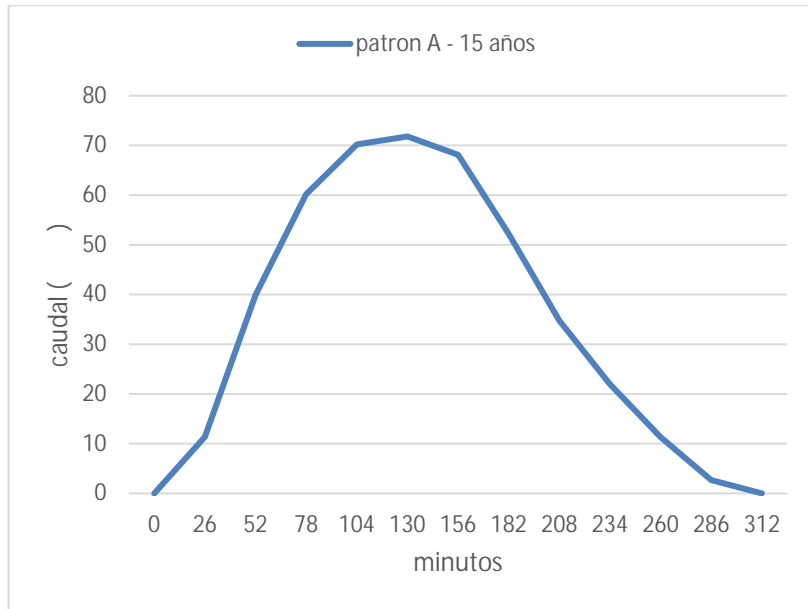
Fuente: Sanjuan, 2019

patrón D- 100 años												
	Arena N°	1	2	3	4	5	6	Qo	CoQo	C1Qo1	C2Qs1	Qs
	t(min)	l/s						l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
226,88	25,99	128,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	128,64	13,93	0,00	0,00	13,93
117,64	51,97	66,70	99,41	0,00	0,00	0,00	0,00	166,11	17,99	13,93	10,91	42,83
148,45	77,96	84,17	125,44	104,66	0,00	0,00	0,00	314,28	34,03	17,99	14,09	66,11
112,04	103,95	63,53	94,68	78,99	73,05	0,00	0,00	310,24	33,59	34,03	26,66	94,29
99,16	129,93	56,22	83,79	69,91	64,65	77,44	0,00	352,01	38,12	33,59	26,32	98,03
66,10	155,92	0,00	55,86	46,60	43,10	51,63	23,40	220,59	23,89	38,12	29,86	91,87
66,79	181,91	0,00	0,00	47,09	43,55	52,16	23,64	166,45	18,02	23,89	18,71	60,62
60,50	207,90	0,00	0,00	0,00	39,45	47,25	21,42	108,12	11,71	18,02	14,12	43,85
39,77	233,88	0,00	0,00	0,00	0,00	31,06	14,08	45,14	4,89	11,71	9,17	25,77
50,42	259,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,85	17,85	1,93	4,89	3,83	10,65
50,42	285,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	1,51	3,45
46,50	311,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

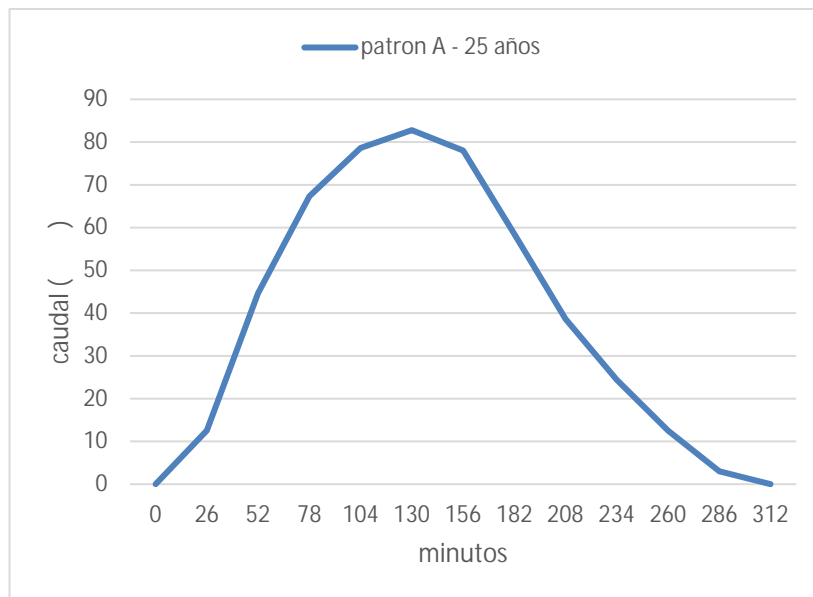
Fuente: Sanjuan, 2019



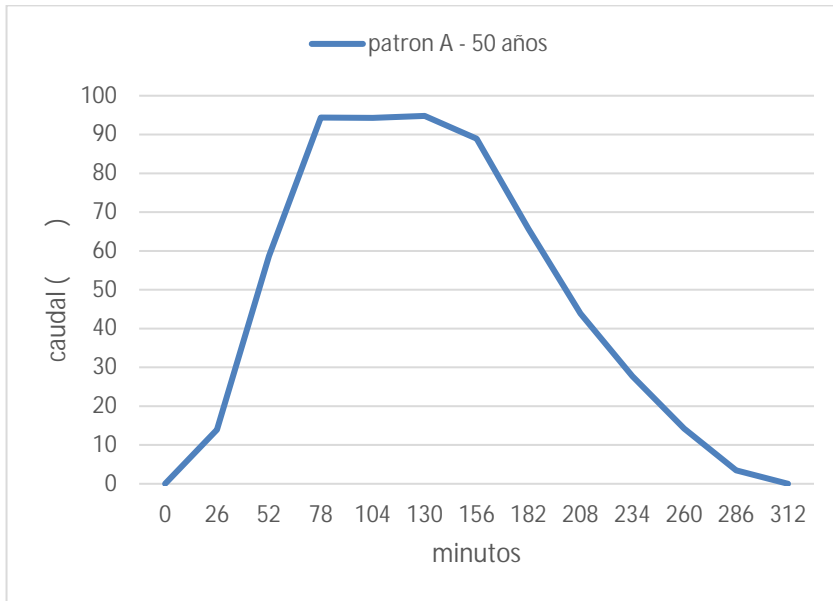
Fuente- Sanjuan, 2019



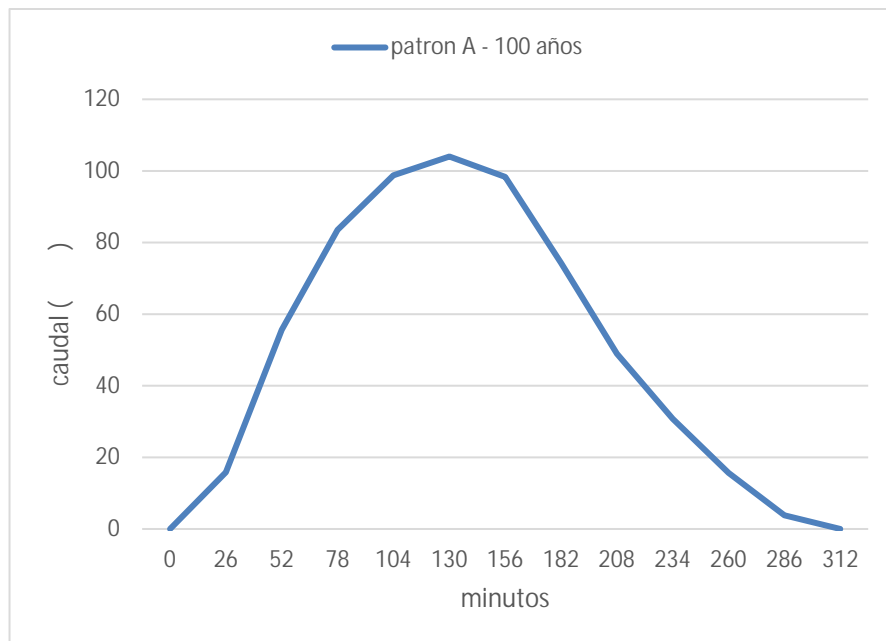
Fuente: Sanjuan, 2019



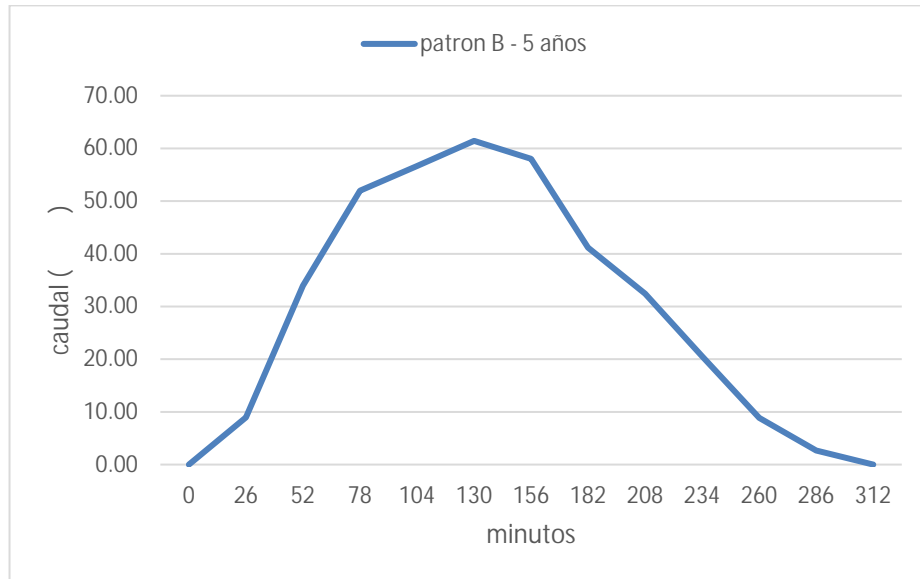
Fuente- Sanjuan, 2019



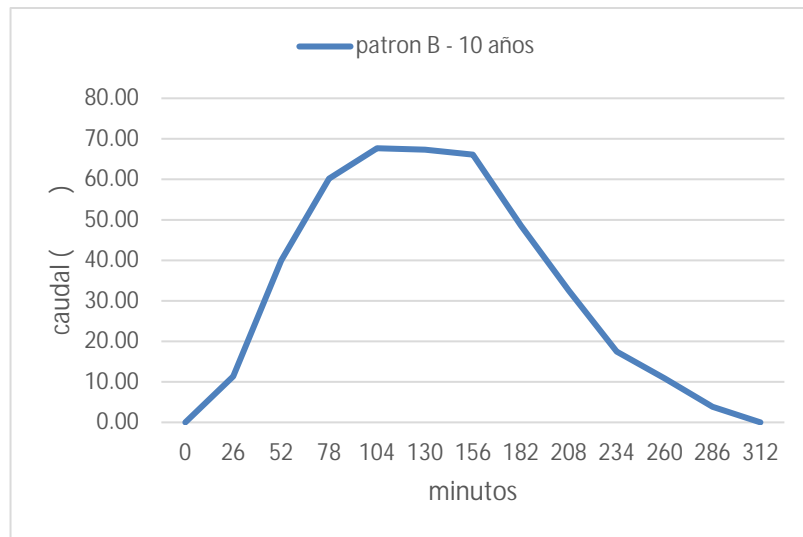
Fuente: Sanjuan, 2019



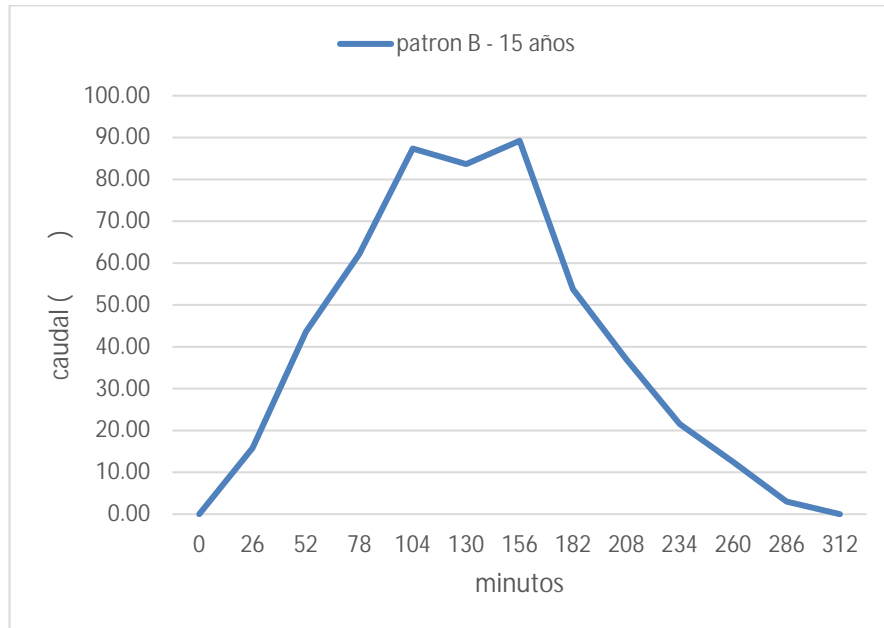
Fuente: Sanjuan, 2019



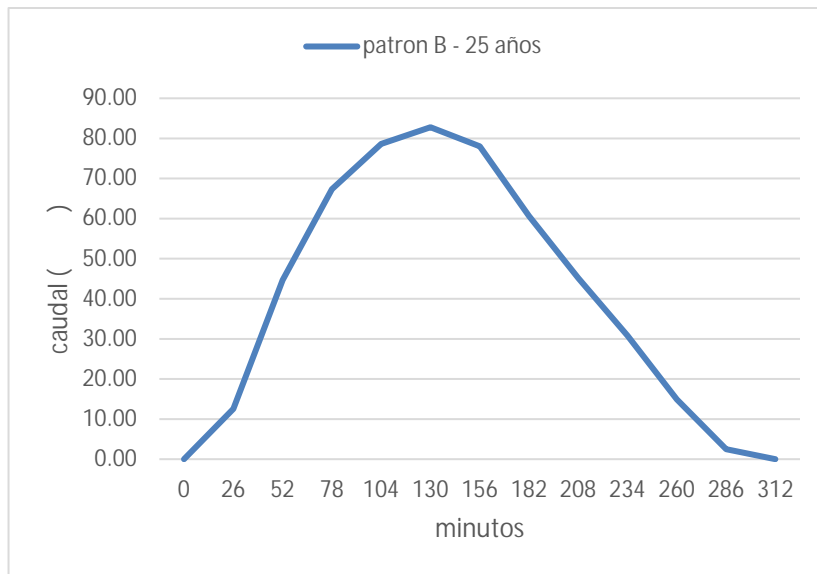
Fuente: Sanjuan, 2019



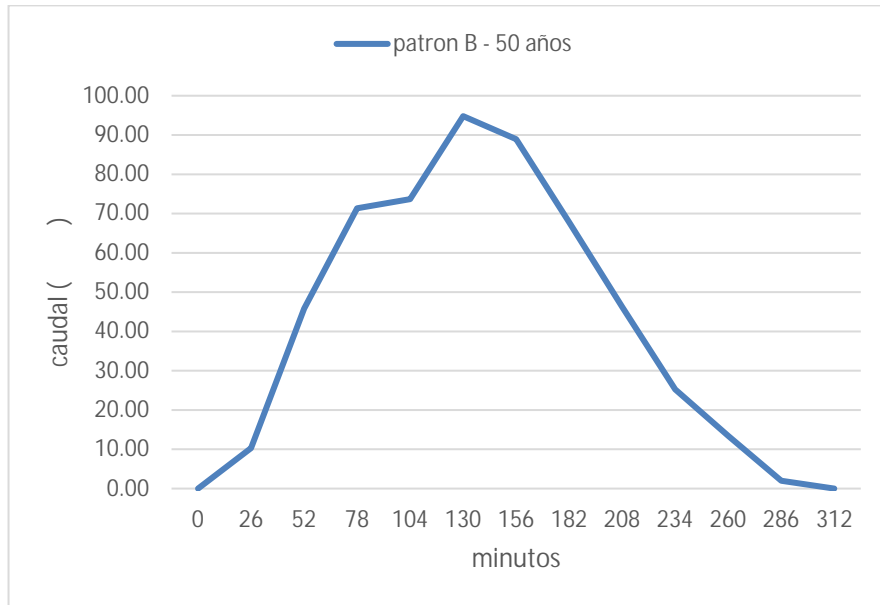
Fuente: Sanjuan, 2019



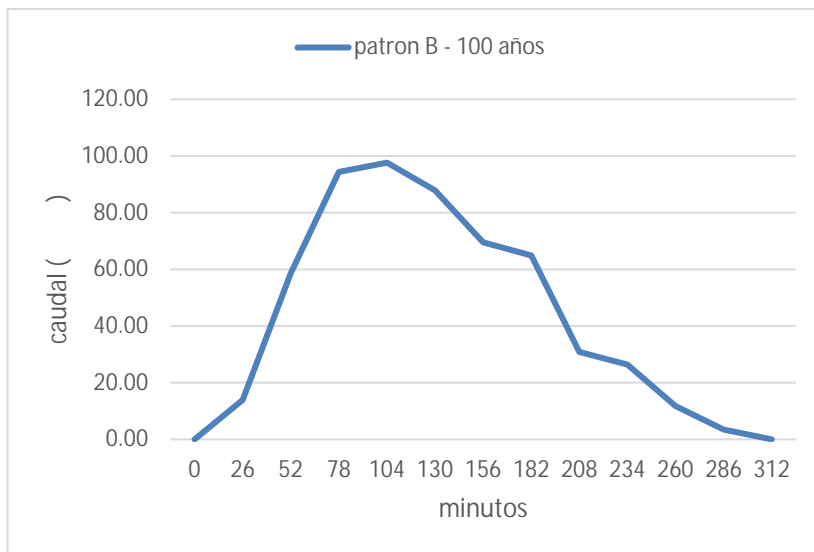
Fuente: Sanjuan, 2019



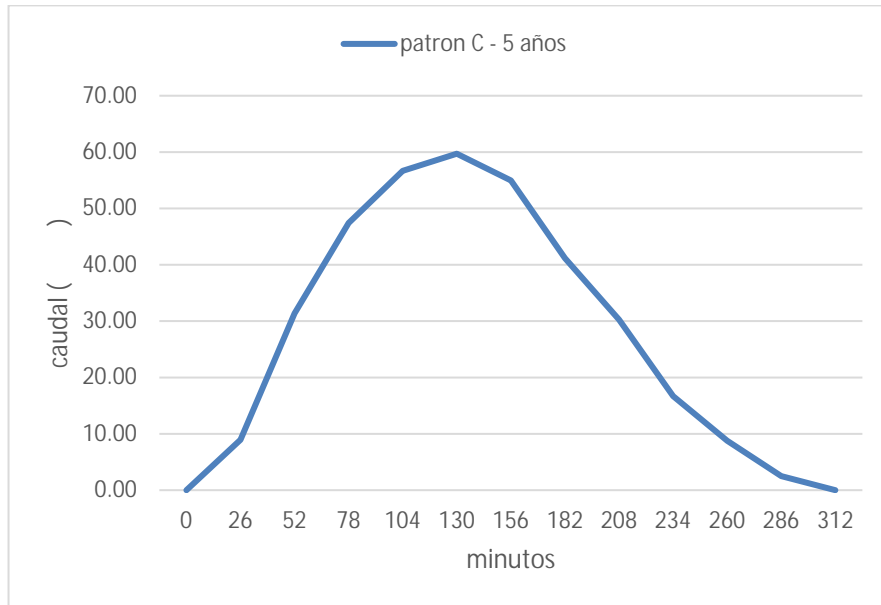
Fuente: Sanjuan, 2019



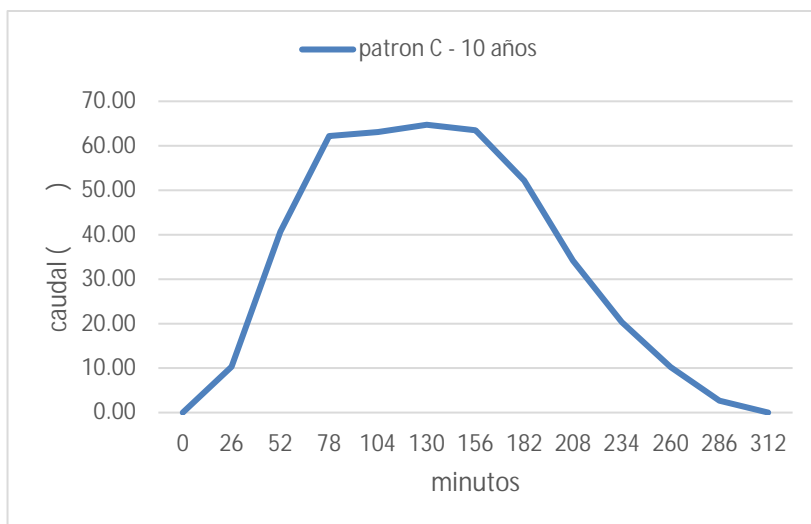
Fuente: Sanjuan, 2019



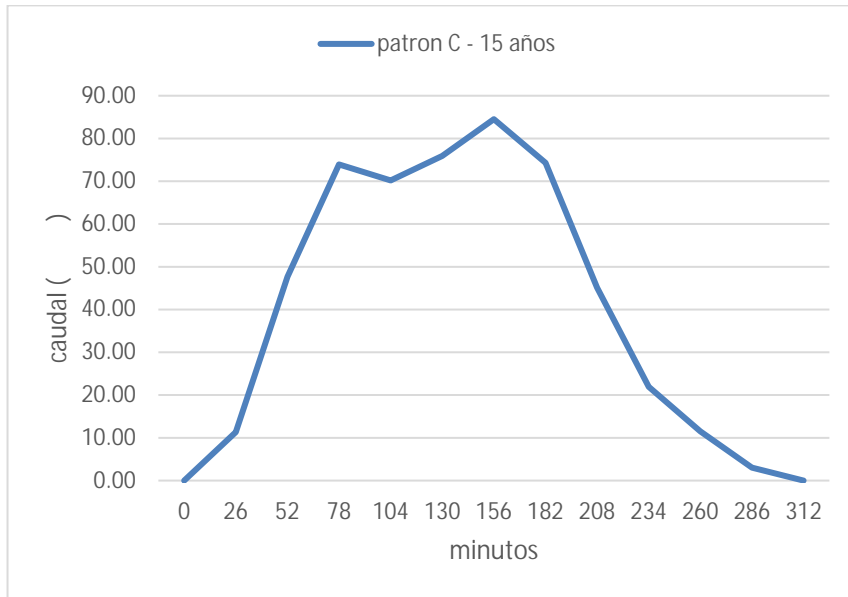
Fuente: Sanjuan, 2019



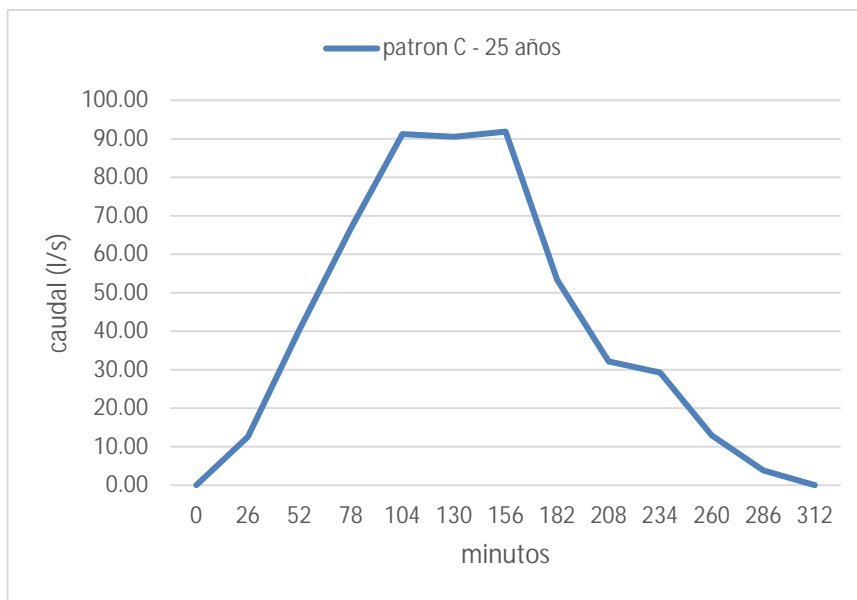
Fuente: Sanjuan, 2019



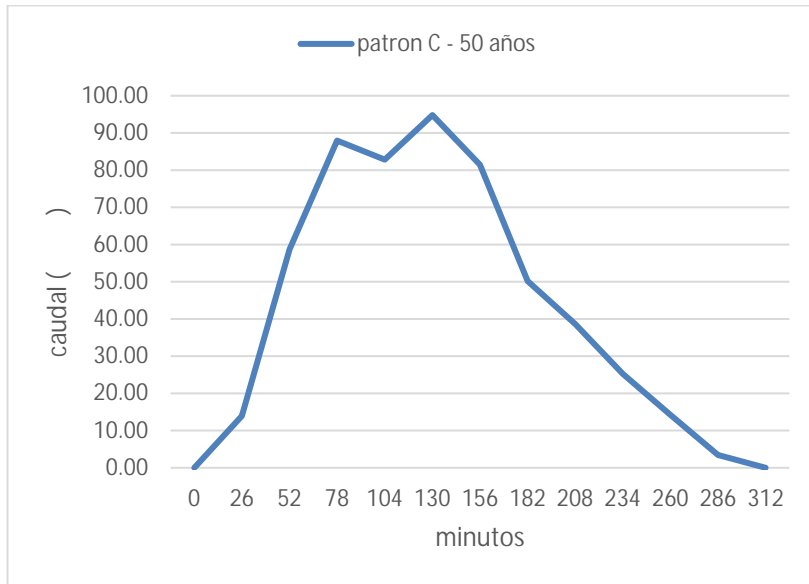
Fuente: Sanjuan, 2019



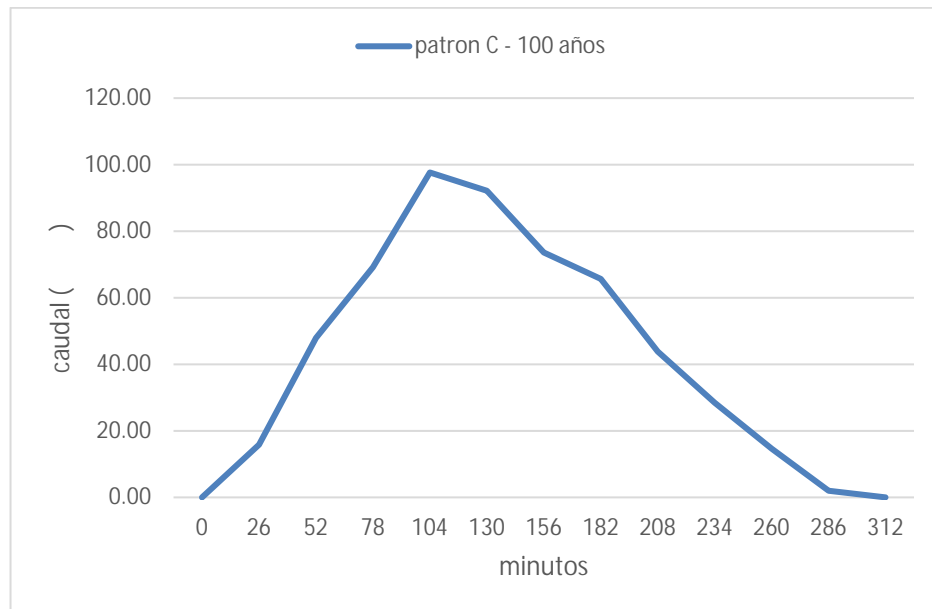
Fuente: Sanjuan, 2019



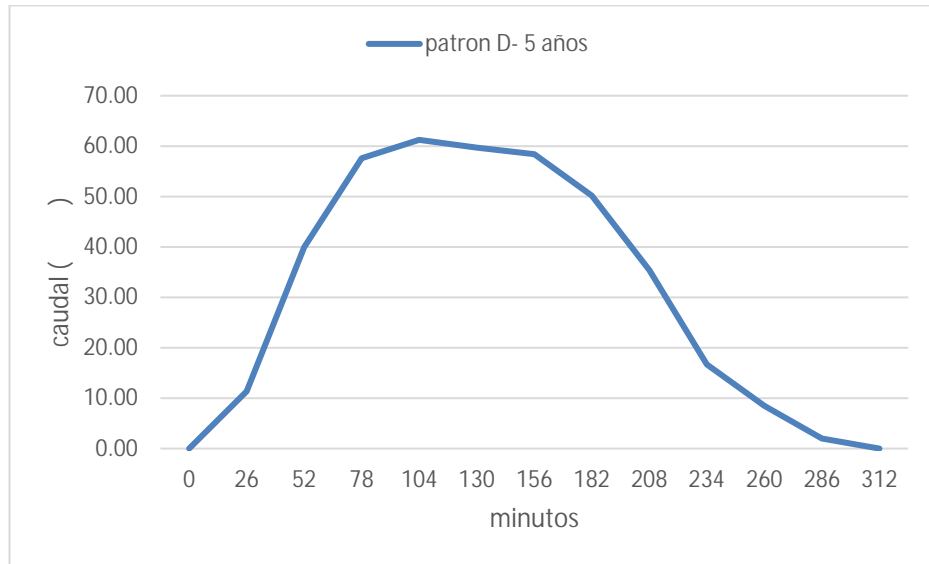
Fuente: Sanjuan, 2019



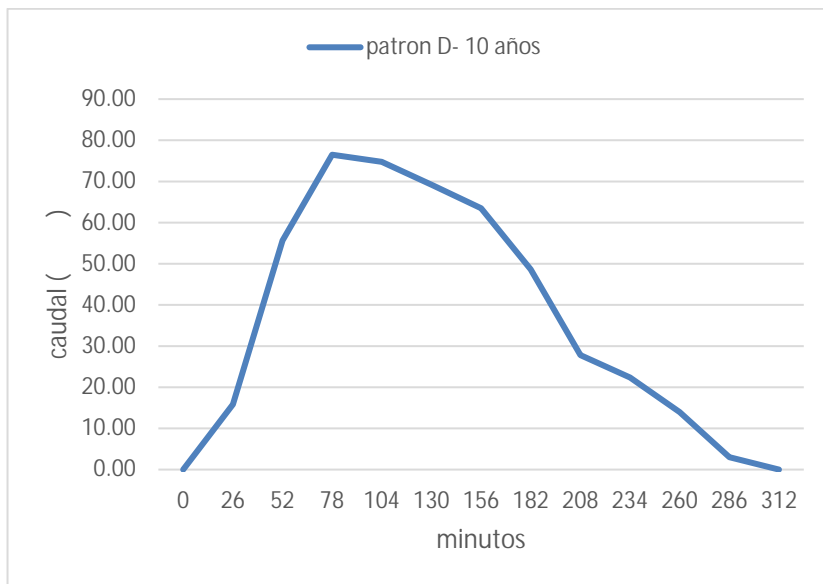
Fuente: Sanjuan, 2019



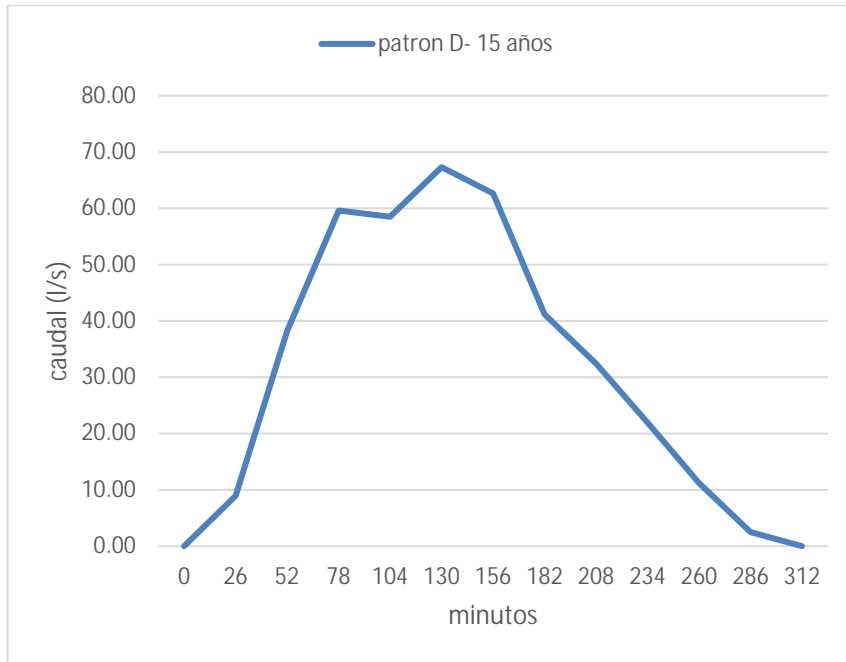
Fuente: Sanjuan, 2019



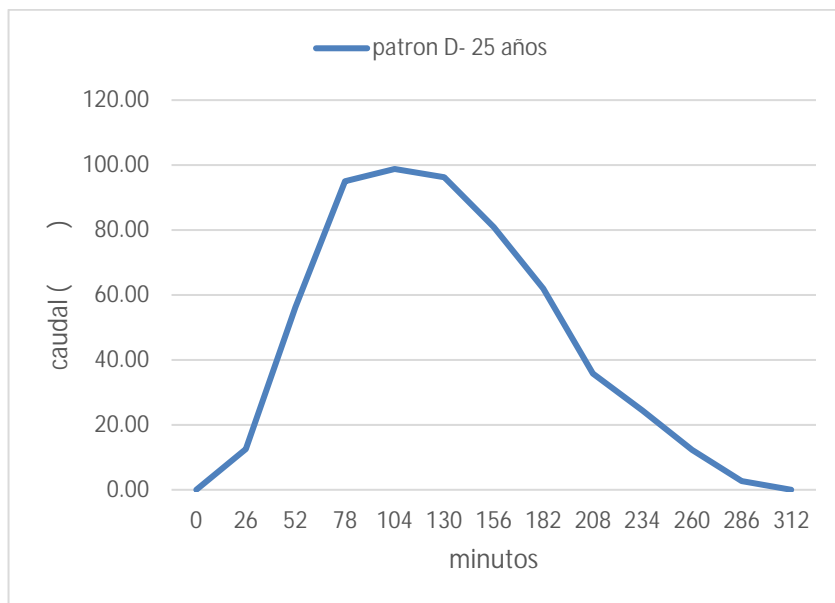
Fuente: Sanjuan, 2019



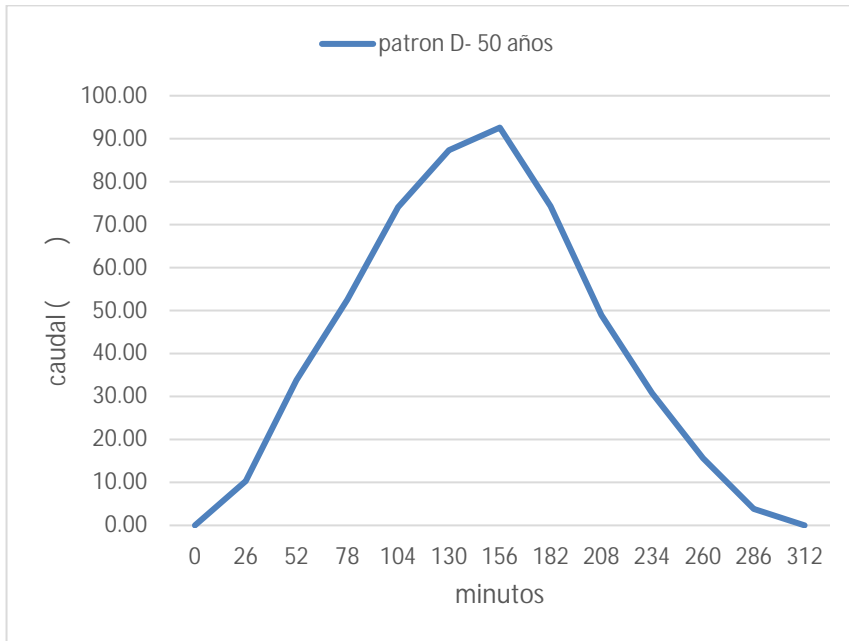
Fuente: Sanjuan, 2019



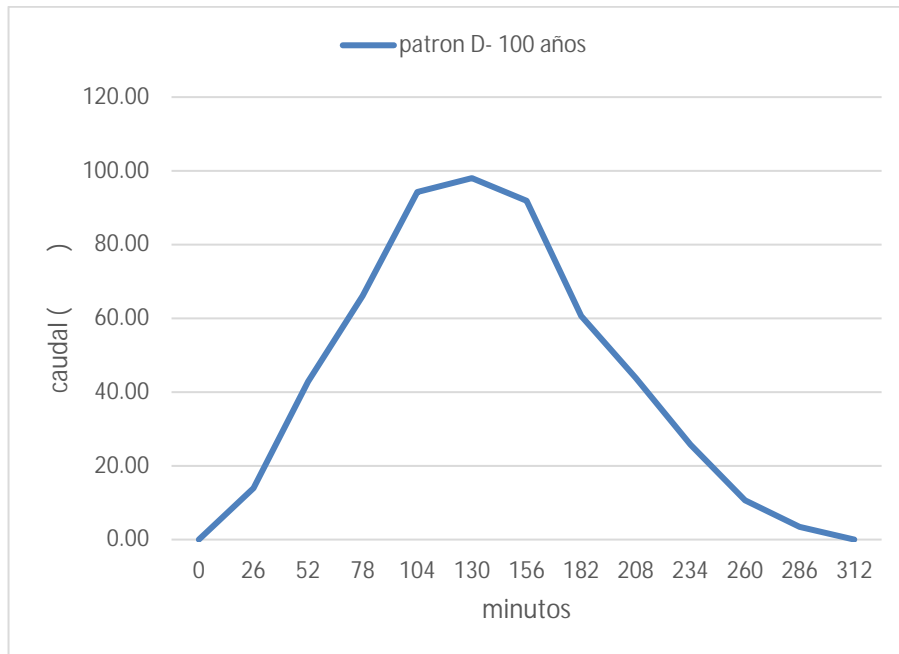
Fuente: Sanjuan, 2019



Fuente: Sanjuan, 2019



Fuente: Sanjuan, 2019



Fuente: Sanjuan, 2019

Anexo A

Estudios de suelo del municipio San Diego.

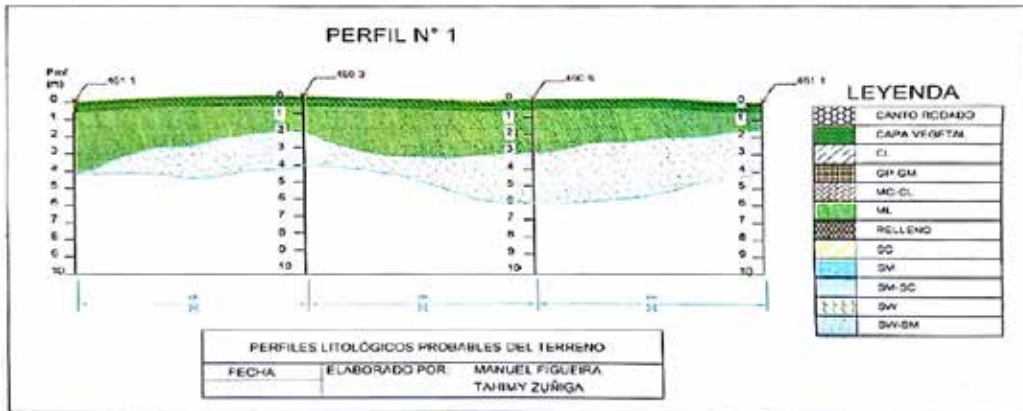
SÍMBOLOS LITOLÓGICOS

	Entremezcla de Relleno y Capa Vegetal-Arena limosa SM!		Limo plástico arenoso MLplást. are.
	Entremezcla de Relleno y Capa Vegetal-Arena arcillosa SC!		Arcilla CL
	Arena limosa SM		Arcilla arenosa CLare.
	Arena limosa mal gradada SP-SM		Arcilla gravosa CL(G)
	Arena arcillosa SC		Arcilla areno-gravosa CL(G) are.
	Arena arcillo-gravosa SC(G)		θ_{rev} Espesor de entremezcla de Relleno y Capa Vegetal
	Arena arcillosa muy gravosa SC(G+)		Aguas de Infiltración con caudal que varía de significativo a abundante.
	Limo arenoso poco plástico MLare.		Nivel Freático
	Limo plástico MLplást		

Leyenda: símbolos litológicos

Fuente: Ing. Aura Herminia Párraga M, 2010

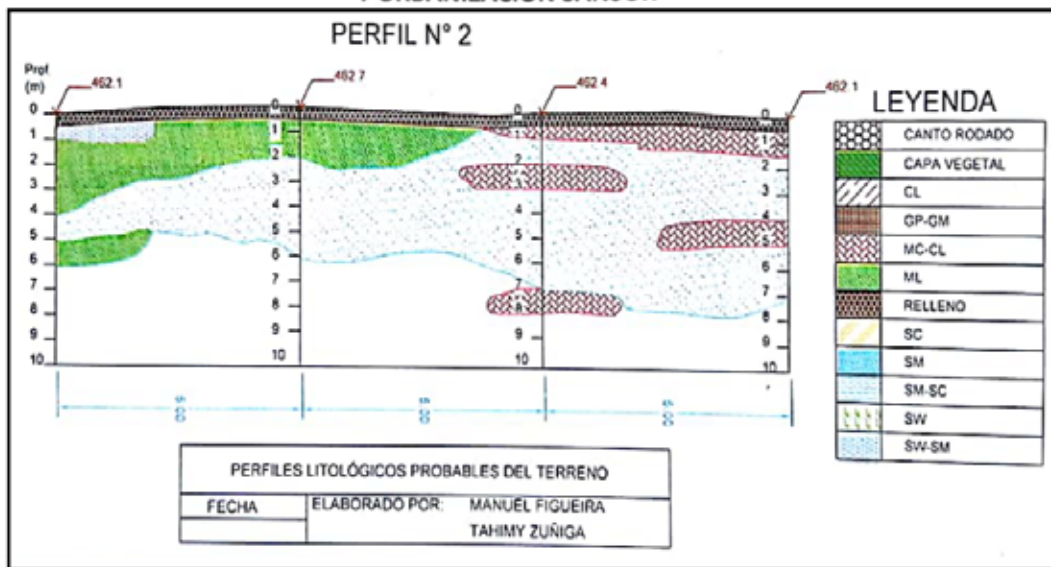
PERFORACIÓN EN LA HACIENDA LA CARACARA



Perfil litológico N° 1

Fuente: Manuel Figueira y Tahimy Zúñiga, 2012

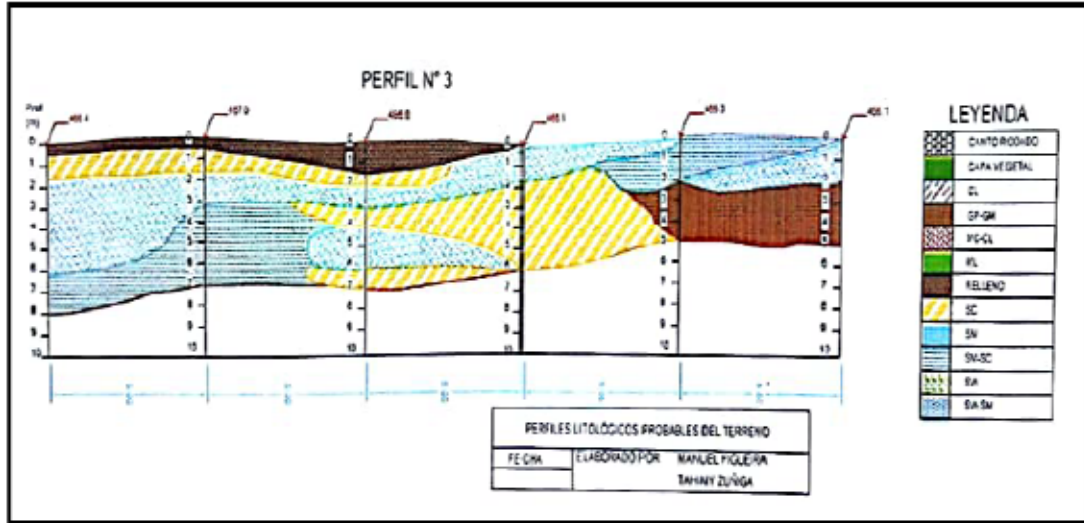
PERFORACIONES ENTRE LA HACIENDA LA CARACARA Y URBANIZACIÓN SANSUR



Perfil litológico N° 2

Fuente: Manuel Figueira y Tahimy Zúñiga, 2012

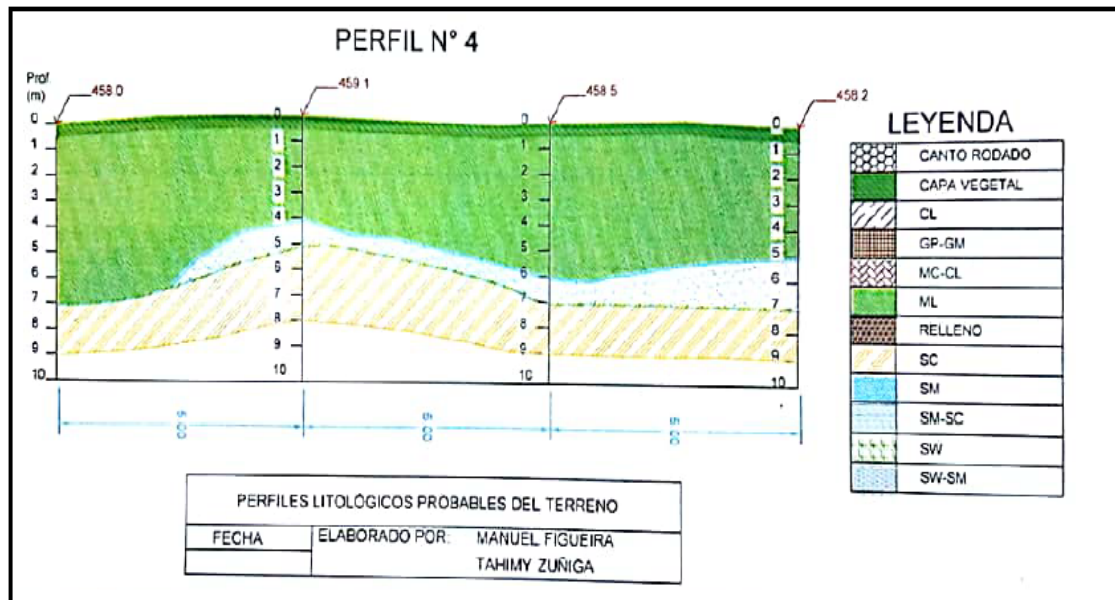
PERFORACIÓN EN URBANIZACIÓN YUMA II



Perfil litológico N° 3

Fuente: Manuel Figueira y Tahimy Zúñiga, 2012

PERFORACIONES EN URBANIZACIÓN SANSUR



Perfil litológico N° 4

Fuente: Manuel Figueira y Tahimy Zúñiga, 2012

Anexo B

Estudios de Calidad de agua de los ríos San Diego y Cúpira

Valencia, 31 de Enero de 2007

Señores:
URBANIZACION VALLE DE ORO
San Diego, Edo. Carabobo

Atn. : Ing. Iris Brito
N/Ref.: URBV-01-002-07

Estimados Señores:

Nos es grato dirigirnos a Uds. en la oportunidad de hacerles entrega del Reporte de Resultados de los Análisis Bacteriológicos y Físico-Químicos, realizados sobre muestras captadas de los **Ríos Cúpira y San Diego** en las inmediaciones del Conjunto Residencial Valle de Oro, San Diego, Edo. Carabobo.

De las captaciones y resultados obtenidos es importante destacar los siguientes aspectos:

✓ **FECHAS DE MUESTREO:**

Las muestras fueron captadas durante las siguientes fechas:

- **05/12/06:** Se capturaron un total de seis (06) muestras, tres (03) por cada río a caracterizar. Las muestras correspondientes al Río Cúpira fueron captadas bajo la operación de la empresa arenera ubicada Aguas Arriba de la Urbanización Valle de Oro. Los tres (03) puntos muestreados por cada río se identificaron como:
 - Aguas Arriba
 - Zona Media
 - Aguas Abajo
- **11/01/07:** Se captó solo una (01) muestra en la Zona Media del Río Cúpira, sin la operación de la empresa arenera ubicada Aguas Arriba de la Urbanización Valle de Oro.

1

Toma de muestras

Fuente: TAC C.A. 2006

REPORTE ANÁLISIS DE AGUAS BACTERIOLÓGICOS

EMPRESA: URBANIZACIÓN VALLE DE ORO	FECHA: 30/01/07
DIRECCIÓN: SAN DIEGO, EDO. CARABOBO	

I.- DATOS SOBRE LAS MUESTRAS:

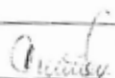
CÓDIGO DE MUESTRA	B-06-12-005	B-06-12-006	B-06-12-007	B-07-01-001
PUNTO DE MUESTREO	AGUAS ARRIBA RÍO CUIPIRA CON LA ARENERA	AGUAS ZONA MEDIA (PUENTE) RÍO CUIPIRA CON LA ARENERA	AGUA ABAJO RÍO CUIPIRA CON LA ARENERA	AGUAS ZONA MEDIA (PUENTE) RÍO CUIPIRA SIN ARENERA
FECHA DE MUESTREO	05/12/06	05/12/06	05/12/06	11/01/07
HORA DE MUESTREO	11:30 A.M. (**)	12:00 M. (**)	12:30 P.M. (**)	3:55 PM (***)
FORMA DE MUESTREO	MANUAL	MANUAL	MANUAL	MANUAL

II.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS:

PARAMETROS	UNIDAD	CÓDIGO DE MUESTRA				MÉTODO (*)
		B-06-12-005	B-06-12-006	B-06-12-007	B-07-01-001	
CLORO LIBRE	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	4500-Cl-G
CLORO TOTAL	mg/l	---	---	---	---	4500-Cl-G
CONTAJE MESÓFILO AEROBIO	col/ml	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	9215-D
CONIFORMES TOTALES	col/100 ml	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	9222-B
CONIFORMES FECALES	col/100 ml	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	9222-D
HONGOS Y LEVADURAS	col/100 ml	---	---	---	---	9610-D

(*) Codificación según los Métodos Estándar APHA, 20va Edición

OBSERVACIONES: (**) MUESTRAS COLOR CREMA, CON SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y MUCHA TURBIEDAD
(***) MUESTRA CRISTALINA SIN PRESENCIA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS


Revisado por
Supervisor del Laboratorio


Aprobado por
Gerente de Apoyo Técnico

Emisión: Abril 01 / Vigencia: Sept 02 / # Revisión: 1

FO-011-011

9

Urbanización Parque Ind. Castillero - Av. Este Oeste L-2 Calle N° 99 - Parcela L-54 - Galpón B - Telfs.: (0241) 8716141 - 8715189 -
E-mail: tacca-vg@contiv.net - Zona Postal 2002 - El Trigal - Apartado N° 3288

Análisis Bacteriológico río Cúpira

Fuente: TAC C.A. 2006

REPORTE ANÁLISIS DE AGUAS BACTERIOLÓGICOS

EMPRESA: URBANIZACIÓN VALLE DE ORO	FECHA: 30/01/07
DIRECCIÓN: SAN DIEGO, EDO. CARABOBO	

I.- DATOS SOBRE LAS MUESTRAS:

CODIGO DE MUESTRA	B-06-12-008	B-06-12-010	B-06-12-009	
PUNTO DE MUESTREO	AGUAS ARRIBA RÍO SAN DIEGO	AGUAS ZONA MEDIA RÍO SAN DIEGO	AGUA ABAJO RÍO SAN DIEGO	
FECHA DE MUESTREO	05/12/06	05/12/06	05/12/06	
HORA DE MUESTREO	02:30 P.M.	03:25 P.M.	03:10 P.M.	
FORMA DE MUESTREO	MANUAL (**)	MANUAL (**)	MANUAL (**)	

II.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS:

PARAMETROS	UNIDAD	CÓDIGO DE MUESTRA			MÉTODO (*)
		B-06-12-008	B-06-12-010	B-06-12-009	
CLORO LIBRE	mg/l	0.0	0.0	0.0	4500-Cl-G
CLORO TOTAL	mg/l	---	---	---	4500-Cl-G
CONTAJE MESÓFILO AEROBIO	col/ml	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	9215-D
CONIFORMES TOTALES	col/100 ml	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	9222-B
CONIFORMES FECALES	col/100 ml	INCONTABLES	INCONTABLES	INCONTABLES	9222-D
HONGOS Y LEVADURAS	col/100 ml	---	---	---	9610-D

(*) Codificación según los Métodos Estándar APHA, 20va Edición

OBSERVACIONES: (**) MUESTRAS CON LIGERA COLORACIÓN AMARILLENTA, PRESENCIA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y LIGERA TURBIEDAD

Revisado por
Supervisor del Laboratorio

Aprobado por
Gerente de Apoyo Técnico

Emisión: Abril 01 / Vigencia: Sept 02 / # Revisión: 1

FQ-011-011

10

Urbanización Parque Ind. Castillito - Av. Este Oeste L-2 Calle N° 99 - Parcela L-54 - Galpón B - Telfs.: (0241) 8716141 - 8715189 - 8715065 - 8716457 - Fax: (0241) 8715468 - e-mail: tacca-ve@cantv.net - Zona Postal 2002 - El Trigal - Apartado N° 3288
Valencia - F-to. Carabobo - Venezuela

Análisis Bacteriológico río San Diego

Fuente: TAC C.A. 2006