



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
DEPARTAMENTO DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN CONSTRUCCIÓN CIVIL SUSTENTABLE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA
CIVIL MENCIÓN CONSTRUCCIÓN CIVIL SUSTENTABLE**

TEMA:

**“PARQUE INUNDABLE PARA EL SECTOR CENTRO URBANO DEL CANTÓN
MILAGRO”**

AUTOR:

AREVALO PAREDES JONATHAN EDEN

TUTOR:

Mg. LINA ALBANIA AGUSTO AGUSTO

GUAYAQUIL-ECUADOR

2022



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO	
TITULO Y SUBTITULO: Parque inundable para el sector centro urbano del cantón Milagro	
AUTOR: Arévalo Paredes Jonathan Edén	TUTOR: Agusto Agosto Lina Albania
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil	Grado obtenido: Maestría en Ingeniería Civil Mención Construcción Civil Sustentable
DEPARTAMENTO DE POSGRADO: Maestría en Ingeniería Civil	COHORTE: I
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PÁGS.: 56
ÁREAS TEMÁTICAS: Inundación y construcción	
PALABRAS CLAVES: Precipitación, microcuenca, alcantarillado, embalse, inundación y captación.	
<p>RESUMEN:</p> <p>La presente investigación denominada “Parque inundable para el sector centro urbano de Milagro” fue realizada en el sector en mención, cuyos objetivos son: Analizar las variables que producen las inundaciones en el sector centro urbano del cantón de Milagro, plantear el modelo de un parque inundable como alternativa para mitigar las inundaciones del casco comercial de Milagro y elaborar un presupuesto referencial de dicha obra.</p> <p>Se analizó datos hidrológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, reportes fotográficos de sector urbano afectado por inundaciones, cotas de nivel de las calles, área y volumen del embalse del parque inundable. Con respecto a la captación de agua se tomaron cuenta rejilla y válvulas para que la conducción trabaje a tubo lleno por diferencia de presiones.</p> <p>En la temporada de verano el embalse es usado como área de recreación cumpliendo su función de parque. Este sistema de evacuación de aguas lluvias para inundaciones no requiere de bombas, sin embargo, si permite aumentar su capacidad de evacuación con la implementación de sistemas de bombeos para abarcar otras áreas afectadas por el invierno en el cantón Milagro.</p>	
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
DIRECCIÓN URL (TESIS EN LA WEB):	

ADJUNTO PDF:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR: Arévalo Paredes Jonathan Edén	Teléfono: 0993882542	E-mail: jarevalop@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Eva Guerrero López Teléfono: 042596500 Ext. 170 E-mail: eguerrero@ulvr.edu.ec Directora del Departamento de Posgrado Mgs. Kleber Moscoso Riera Teléfono: 042596500 Ext. 170 E-mail: moscosor@ulvr.edu.ec Coordinador de Maestría	

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida y sus bendiciones. A mis padres por su gran amor y por creer en mí. A mis hermanos por el apoyo otorgado. A mi futura esposa Madelaine Moreno por su enorme cariño y empujarme a finalizar este proyecto. A mis familiares y amigos por ser parte de los momentos importantes de mi vida.

Jonathan Eden Arévalo Paredes

AGRADECIMIENTOS

A Dios por cada bendición que me ha brindado. A mis padres por el enorme esfuerzo que han hecho para que yo pueda alcanzar mis metas. A mis hermanos, mi novia y amigos por sus palabras de aliento, impulsando los pasos que he dado.

A Mg. Lina Albania Augusto Augusto y Ing. Civil Kleber Alberto Moscoso por compartir sus experiencias en el desarrollo de este proyecto.

Jonathan Eden Arévalo Paredes

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

Tesis Arevalo

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

7 %

FUENTES DE INTERNET

1 %

PUBLICACIONES

3 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

1%

★ Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado



Mg. Lina Albania Augusto Augusto

C.C. 0907563886

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Guayaquil 15 de enero del 2022

Yo, **Jonathan Eden Arévalo Paredes**, declaro bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Parque Inundable para el sector centro urbano del cantón Milagro, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a **La Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil**, según lo establece la normativa vigente.



Ing. Civil Jonathan Edén Arévalo Paredes

C.I. 0925987976

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Guayaquil, 15 enero del 2022

Certifico que el trabajo titulado “Parque Inundable para el sector centro urbano del cantón Milagro” ha sido elaborado por Jonathan Edén Arévalo Paredes bajo mi tutoría, y que el mismo reúne los requisitos para ser defendido ante el tribunal examinador que se designe al efecto.



Mg. Lina Albania Augusto Augusto
C.C. 0907563886

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación denominada “Parque inundable para el sector centro urbano de Milagro” fue realizada en el sector en mención, cuyos objetivos son: Analizar las variables que producen las inundaciones en el sector centro urbano del cantón de Milagro, plantear el modelo de un parque inundable como alternativa para mitigar las inundaciones del casco comercial de Milagro y elaborar un presupuesto referencial de dicha obra.

Se analizó datos hidrológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, reportes fotográficos de sector urbano afectado por inundaciones, cotas de nivel de las calles, área y volumen del embalse del parque inundable. Con respecto a la captación de agua se tomaron cuenta rejilla y válvulas para que la conducción trabaje a tubo lleno por diferencia de presiones.

En la temporada de verano el embalse es usado como área de recreación cumpliendo su función de parque. Este sistema de evacuación de aguas lluvias para inundaciones no requiere de bombas, sin embargo, si permite aumentar su capacidad de evacuación con la implementación de sistemas de bombeos para abarcar otras áreas afectadas por el invierno en el cantón Milagro.

Palabras claves: Precipitación, microcuenca, alcantarillado, embalse, inundación y captación.

ABSTRACT

The present investigation called "Flood Park for the urban center sector of Milagro" was carried out in the sector in question, whose objectives are: Analyze the variables that produce floods in the urban center sector of the canton of Milagro, propose the model of a park floodable as an alternative to mitigate the flooding of the commercial center of Milagro and prepare a reference budget for said work.

Hydrological data from the National Institute of Meteorology and Hydrology, photographic reports of the urban sector affected by floods, street level elevations, area and volume of the reservoir of the floodable park were analyzed. With regard to water intake, grid and valves were taken into account so that the conduction works at full pipe due to pressure difference.

In the summer season, the reservoir is used as a recreation area fulfilling its function as a park. This rainwater evacuation system for flooding does not require pumps, however, it does allow its evacuation capacity to be increased with the implementation of pumping systems to cover other areas affected by winter in the Milagro.

Keywords: Precipitation, micro-basin, sewage, reservoir, flood and catchment.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo I	Marco General de la Investigación	1
1.1	Tema.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	1
1.3	Formulación del Problema	2
1.3.1	Sistematización del problema	2
1.4	Objetivos de investigación	2
1.4.1	Objetivo General.....	2
1.4.2	Objetivos Específicos	2
1.5	Justificación de investigación	3
1.6	Delimitación.....	3
1.7	Limitaciones de la investigación.....	4
1.8	Idea a defender	4
1.9	Variables de investigación	4
Capítulo II	Marco Teórico.....	5
2.1	Antecedentes de investigación	5
2.2	Precipitación.....	6
2.3	Fenómenos Hidrológicos e inundaciones.....	7
2.3.1	Tipos de inundaciones	8
2.4	Riesgo de inundación en zonas urbanas.....	10
2.5	Sistemas urbanos de drenaje sostenible	12
2.5.1	Técnicas de drenaje urbano sostenible	13
2.5.2	Tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.....	14
2.6	Marco conceptual.....	19
2.7	Marco legal.....	21
Capítulo III	: Metodología- Análisis de datos.....	23
3.1	Enfoque de la Investigación	23
3.2	Alcance de la investigación.....	23
3.3	Tipo de Investigación.....	23
3.4	Técnica e instrumentos de investigación	23
3.5	Población.....	24
3.5.1	Muestra	24

3.6	Operacionalización de variables	24
3.7	Análisis, interpretación y discusión de resultados	25
3.7.1	Microcuenca Urbana.....	25
3.7.2	Periodo de retorno.....	27
3.7.3	Tiempo de concentración.....	27
3.7.4	Intensidad de lluvia.....	27
3.7.5	Coefficiente escorrentía	28
3.7.6	Caudal	29
3.8	Presentación de resultados	29
Capítulo IV Informe Técnico, plantamiento del Parque Inundable		30
4.1	Volumen de embalse	30
4.2	Área de embalse	30
4.3	Captación del agua	30
4.4	Ubicación del parque inundable.....	31
4.5	Conducción del agua.....	32
4.6	Parámetros del parque inundable	35
4.7	Presupuesto	36
Conclusiones		37
Recomendaciones		38
Bibliografía		39
Anexos		42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	24
Tabla 2 Periodos de retorno para diferentes ocupaciones.....	27
Tabla 3 Intensidad y periodos de retorno en la estación hidrológica Milagro.....	28
Tabla 4 Coeficiente de escorrentía para un área urbana	28
Tabla 5 Presentación de resultados	29
Tabla 6 Coordenadas del polígono del parque inundable.....	31
Tabla 7 Parámetros del Parque Inundable	35
Tabla 8 Presupuesto referencial	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variables del nivel de riesgo de inundaciones en zonas urbanas.	11
Figura 2. Tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible	14
Figura 3. Esquema de funcionamiento de los tanques tormenta.....	15
Figura 4. Diseño del Parque Inundable La Aguada en Santiago de Chile.....	17
Figura 5. Fotografías del parque La Marjal, donde se aprecia el llenado del parque. .	18
Figura 6 Área de inundación.....	25
Figura 7 Inundación en el mercado la Dolorosa en mayo del 2019.....	26
Figura 8 Inundación en mercado la Dolorosa en marzo del 2021	26
Figura 9 Propuesta de captación de agua para un sistema inundado.	31
Figura 10 Polígono del parque inundable	32
Figura 11 Recorrido de tubería PVC	33
Figura 12 Ilustración de embalses de inundación y parque inundable	34

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.- Especificaciones técnicas de tubería Novafort Plus.....	42
ANEXO 2.- Intensidad duración frecuencia estación M0037 Milagro.....	43

CAPÍTULO I MARCO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Tema

Parque Inundable para el sector centro urbano del cantón Milagro.

1.2 Planteamiento del problema

El cantón de Milagro, perteneciente a la provincia del Guayas, históricamente se ha visto afectada por las inundaciones de su centro urbano, mismas que son originadas por factores geográficos y antrópicos que impiden la evacuación de las aguas lluvia. En otras palabras, el anegamiento de la ciudad se atribuye a su geografía, ya que la elevación de Milagro se encuentra por debajo del nivel de los principales afluentes hídricos, por lo tanto, durante eventos de lluvia intensa, las agua no se descarga al río, reteniéndose en el en sector urbano.

Por otro lado, la ciudad de Milagro se encuentra asentada sobre un gran acuífero, lo que dificulta que la evacuación de las aguas hacia el suelo. La situación mencionada se agrava por la falta de prevención de parte de los habitantes, quienes disponen inadecuadamente los desechos sólidos, tapando los canales de drenaje y los sumideros. (Senagua, 2013)

Como se mencionó, las inundaciones en la ciudad de Milagro has sido frecuentes, datos publicados por la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres (UNDRR, 2020), muestran que, entre los años 1983 al 2019 se han registrado 58 inundaciones en esta localidad, mismas que provocaron serios impactos negativos para la calidad de vida de los pobladores, la infraestructura y la actividad agroproductiva.

Es preciso indicar que los episodios más graves de anegamientos o desbordamientos de ríos se han suscitado en periodos de lluvia intensa y prolongada, producto de la variabilidad climática consecuencia del fenómeno El Niño - Oscilación Sur (ENOS), por ejemplo, durante el invierno del año 2008, las precipitaciones en la ciudad de Milagro se extendieron por un periodo de tres meses, lo que provocó el desbordamiento del río Milagro y el estero Chirijos y con ello la inundación de la urbe. En aquella época, el GAD del cantón Milagro reportó que en varios sectores el nivel de agua alcanzaba los 90 cm, lo que mantuvo anegada la ciudad por 3

días consecutivos. Mientras que en año 2017, el cantón de Milagro fue declarado en emergencia debido a los múltiples sectores anegados a causa del fuerte invierno (Villón, 2017).

En consecuencia, las constantes inundaciones han puesto al descubierto lo vulnerable que resulta el cantón Milagro debido a sus particularidades geográficas y sociales, por lo tanto, es necesario buscar alternativas que permitan evitar la anegación, sobre todo de su centro urbano, y de esta manera disminuir el impacto socio-económico resultante de este tipo de eventos. (Toranzos, 2019).

1.3 Formulación del Problema

¿De qué manera se puede mitigar los efectos desfavorables de las inundaciones en el sector centro urbano del cantón Milagro?

1.3.1 Sistematización del problema

- ¿Qué provoca la inundación del centro urbano del cantón Milagro y cuáles son sus consecuencias?
- ¿Qué alternativa se puede plantear para mitigar las inundaciones del casco comercial de Milagro?
- ¿Cómo un parque inundable puede mitigar las inundaciones del casco comercial de Milagro?

1.4 Objetivos de investigación

1.4.1 Objetivo General

Plantear un parque inundable como solución sustentable a las inundaciones del casco comercial del cantón de Milagro.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las variables que producen las inundaciones en el sector centro urbano del cantón de Milagro.
- Describir los parámetros para la construcción de un parque inundable en el cantón Milagro.

1.5 Justificación de investigación

El cantón Milagro, constantemente debe enfrentar la amenaza de las inundaciones, debido a sus condiciones geográficas caracterizada por pendientes bajas y ondulaciones poco pronunciadas (Lasso, 2018). Ante ello, en época de lluvias es común que se produzca la anegación de centro urbano, incrementando el riesgo y vulnerabilidad para la población que habita en dicha localidad.

Ante estos eventos, la Organización de las Naciones Unidas expresa que las inundaciones tienen un impacto negativo mayor en los países en desarrollo, debido a las condiciones insegura de las viviendas en la que habitan los pobladores y la carencia de medidas de prevención y/o mitigación. En vista de ello, cuando acontece los fuertes temporales, es común que los habitantes de Milagro experimenten grandes pérdidas económicas además de encontrarse expuestos a diversos problemas sociales y de salud.

En este contexto, el cantón Milagro requiere de nuevos programas de mitigación para resolver el problema de inundación en el sector urbano, por lo que se presenta un parque inundable como una solución de mitigación, ingenieril y económica a las inundaciones, reduciendo el riesgo de anegación en el casco urbano, y además añadiendo un valor agregado para aumentar las áreas verdes y ayudar al mejoramiento del aire.

1.6 Delimitación

- Delimitación del problema de investigación: Inundación en el área del sector centro urbano del cantón Milagro
- Delimitación espacial: Centro urbano del cantón Milagro, Provincia del Guayas.
- Delimitación temporal: Julio-diciembre 2021.

- Delimitación teórica-conceptual: Factores que provocan las inundaciones, alternativas para mitigar las inundaciones, diseño de parques inundables.

1.7 Limitaciones de la investigación

La ejecución del presente estudio tuvo pocas limitantes, sin lugar a duda la de mayor peso fue las restricciones existentes por la pandemia de Covid-19, lo que impidió en determinados momentos acceder a la zona de estudio o mantener un acercamiento directo con las personas que proporcionaron información necesaria para esta investigación, sin embargo, estas limitantes fueron superadas satisfactoriamente.

1.8 Idea a defender

El parque inundable es una obra que controlara las inundaciones en el sector específico del centro urbano del cantón Milagro.

1.9 Variables de investigación

- Variable independiente: Microcuenca urbana, periodo de retorno, tiempo de concentración, intensidad de lluvia y coeficiente escurrimiento.
- Variable dependiente: Parque inundable.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

La construcción de parque inundables, como una medida para mitigar las inundaciones, es un tema que ha sido tratado en diversos estudios, a continuación, se muestran los más relevantes:

Galindo (2019) realizó una investigación denominada “Parque inundable con vegetación autóctona en la rambla de Benipila”, el objetivo del estudio es “Diseñar un parque inundable que integre la rambla al espacio urbano, revegetándola con especies autóctonas”. Como parte de la metodología aplicada, el autor evaluó la cartografía de zonas inundables, realizó un análisis hidrológico, además levanto y analizó información específica en el área donde se pretende realizar el proyecto. Como resultados, el estudio presenta el diseño de un parque con cotas altas para que sea funcional incluso en condiciones de lluvias extremas. Galindo concluye que los parques inundables no solo ayudan a mitigar en riesgo de anegación en las zonas vulnerables, sino además se constituye como un lugar de recreación otorgando múltiples beneficios a una localidad.

Escobar y Moncada (2018), presentaron un estudio titulado “Diagnóstico de situación y propuesta de solución a inundaciones en el sector el Recreo-Durán”, el mismo que tuvo por objetivo “Plantear propuestas de solución a las inundaciones que se dan en el sector El Recreo – Durán, a través del uso de modelación numérica” (pág.18). Para ello, los autores realizaron un levantamiento topográfico en la zona problemática para determinar los parámetros geométricos de la zona, también tomaron muestras del suelo del canal de los esteros la Matanza y San Enrique, para conocer el material de constitución del mismo. Finalmente analizó la problemática social por medio de la información brindada por el GAD del cantón Durán. Con los resultados obtenidos, se lanzaron dos propuestas de remediación, la primera fue ampliar y limpiar el canal de San Enrique (atraviesa a la ciudadela el Recreo) para la adecuada evacuación de las aguas lluvias, y la segunda alternativa la construcción de un parque inundable, hacia donde se conduzcan las aguas lluvia, para evitar el colapso del sistema de drenaje pluvial. Concluyendo que ambas propuestas son viables para su ejecución.

Por su parte, Pacateque (2017) presentó su trabajo denominado “Parque inundable para mitigar los riesgos de desbordamiento, en la cuenca alta del río Bogotá”, el mismo que tuvo por objetivo “Diseñar un parque inundable que ayude a mitigar las inundaciones que afectan al municipio de Chia, y a su vez logre crear un espacio de esparcimiento que permita desarrollar actividades recreativas” (pág.15). Para cumplir con lo planteado, se aplicó una metodología dividida en dos partes, en la primera se hizo un análisis de la problemática, se definió posibles soluciones funcionales y se elaboró un esquema básico del parque, mismo que consideró la cantidad de agua a movilizar y cotas de nivel. En la segunda parte se realizó un planteamiento puntual considerando el lote y diseño arquitectónico de las áreas de recreación. En los resultados el autor presento el diseño preliminar del parque inundable en una modelación 3D. Para concluir, Pacateque (2017) indica que este tipo de proyectos no solo permite mitigar el impacto de las inundaciones sino que ayudan a la dinámica socio-económica del sector donde se construye el parque inundable.

En el año 2017, Jensen et. al. presentaron su estudio denominado “Paisajes inundables: Proyecto de paisaje como herramienta de intervención en la cuenca del arroyo El gato”. La investigación tuvo por objetivo “Desarrollar una propuesta paisajística integral para la Cuenca hídrica del Arroyo del Gato, que incorpore lineamientos de acción para la revalorización paisajística, remediación del ambiente y la articulación con la trama urbana existente” (pág. 4). La metodología aplicada en el estudio se dividió en dos etapas, durante la primera se llevó a cabo un diagnóstico para conocer las características geográficas de la región y los problemas relevantes en torno a las inundaciones, para de esa manera proponer una alternativa de intervención cercana a la realidad. En la segunda etapa, se desarrolló la propuesta de intervención, misma que consistió en un proyecto de paisaje inundable, el cual está constituido por una serie de parques y espacios públicos con la capacidad de absorber grandes volúmenes de agua y evitar la anegación de la ciudad en temporales o cuando sube el cauce hídrico. Para concluir, los autores demostraron la viabilidad del proyecto y la posibilidad que el mismo sea replicado como una herramienta de gestión de territorios.

2.2 Precipitación

De acuerdo a Sánchez (2019) se conoce como precipitación a cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre, lo que incluye lluvia, nieve, granizo, rocío y escarcha. Según su origen se identifican varios tipos de precipitación:

- Ciclónicas, este tipo de precipitación es provocada por los frentes asociados a un ciclón, las cuencas de los ríos se componen en su mayoría de la recogida de este tipo de precipitación.
- De convección, son producidas por el ascenso de bolsas de aire caliente, este tipo de precipitación es común en verano, cuando se forman tormentas.
- Orográficas, suceden cuando una masa de aire húmedo asciende de manera obligatoria al chocar con una barrera montañosa.

Cuando se realiza un estudio hidrológico en una región, es necesario estudiar las precipitaciones, ya que estas se constituyen como las principales proveedoras de agua para las cuencas, además es necesario al análisis de las precipitaciones para el diseño de obras públicas, estudios de erosión, proyectos de mitigación, planes de prevención, entre otros.

2.3 Fenómenos Hidrológicos e inundaciones

Se conoce como fenómeno hidrológico a todo evento relacionado con el clima o con grandes masas de agua, entre ellos, los tsunamis, tormentas, intensas lluvias, y similares. De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM), este tipo de fenómenos ocupan el primer lugar en desastres debido a la cantidad de víctimas y pérdidas económicas generadas en la última mitad de siglo. Lo realmente preocupante es que el peligro relacionado con el clima y el agua seguirán en aumento, siendo cada vez más frecuentes e intensos debido al cambio climático (Kenny, 2021).

Por su parte Cardoso (2019) explica que los o desastres hidrológicos son los eventos que se presentan con mayor regularidad, siendo las inundaciones los más frecuentes, por lo tanto, estas últimas se constituyen como el fenómeno natural de mayor impacto socio-económico.

Con la finalidad de aclarar los conceptos, es necesario mencionar que se conoce como inundación o anegamiento al desbordamiento, o acumulación de agua en un sector o localidad, mismo que se relaciona de manera directa con las deficiencias o fallas del sistema de drenaje o falta de permeabilidad del suelo, lo que complica la absorción del agua en el suelo.

Dentro de este orden de ideas, Castro (2021) explica que las inundaciones “son la consecuencia de otros procesos de recurrencia interanual” (pág.12). Por ejemplo, el crecimiento de los caudales hídricos, sistemas de drenaje inadecuados, insuficientes o tapados con desechos.

En consecuencia, la anegación se suscita por el desequilibrio entre el volumen hídrico que debe ser evacuado, versus la capacidad de evacuación del sistema de drenaje de una ciudad, o de un cauce. Es preciso indicar que el volumen a evacuar no solo está compuesto por agua, sino además por sedimentos, por lo tanto, cuando una localidad no cuenta con un sistema de drenaje que soporte el transporte y arrastre de los elementos mencionados, se provocan con mayor facilidad inundaciones.

Las concurrencias de las inundaciones se relacionan con dos aspectos, el primero es el régimen pluviométrico y térmico de la zona, es decir con las condiciones climáticas de la localidad. El segundo son las características morfométricas del lugar, en otras palabras, la capacidad de retención hidria, características geográficas, y el diseño del sistema de drenaje del sitio. (Ferrando, 2018)

En relación a lo mencionado, Feito (2017) indica que las inundaciones se relacionan con la baja elevación del suelo, desbordamiento de causas hídricos y eventos climáticos extremos.

Una localidad puede pasar bajo el agua por varias horas, hasta que el nivel del agua baje, o estas empiecen a fluir de forma gradual. Los aspectos mencionados influyen en la velocidad de evacuación y respuesta, el volumen de los caudales, y el tiempo en que el suelo absorberá el agua.

2.3.1 Tipos de inundaciones

2.3.1.1 Inundación costera

En las localidades costeras o del litoral, una de las causas por la cual se provocan las inundaciones son las tormentas fuertes, lo que provoca la elevación inusual de la marea. En términos generales, los efectos que se dan en las zonas donde desemboca un río, suelen ser

mayores cuando acontecen precipitaciones fuertes, las cuales sumado al efecto de la geografía del lugar (zonas con pendientes), dificulta que la descarga de aguas al mar, provocando la inundación en terrenos bajos.

Las inundaciones en las zonas costeras, no sólo se asocia a precipitaciones intensas, sino también a los efectos de la marea alta, aguaje, el aumento del caudal de los afluentes hídricos y la topografía plana del lugar. Es preciso indicar que también puede estar dado por causas antrópicas es decir provocadas por el hombre, por ejemplo, roturas de tuberías, sistemas de drenaje con problemas, desechos que tapan los desagües, entre otros. (Serrano et al., 2016)

2.3.1.2 Inundación fluvial

Las inundaciones fluviales son provocadas cuando las localidades quedan por debajo de ríos, canales y esteros, y sucede el desborde de estos. Este es uno de los impactos que se generan por lo errores en la planificación urbanística, o en la planificación territorial.

A criterio de Zúrich (2019), el aumento del nivel del cauce de los afluentes de agua, puede estar provocado por las precipitaciones frecuentes y el deshielo de zonas nevadas. Cuando un cuerpo hídrico se desborda puede provocar daños severos al juntarse con ríos más pequeños, por ejemplo, se pueden romper diques o presas, inundando zonas cercanas.

Otro factor que debe considerarse al momento de determinar la posibilidad de inundación, es la saturación del suelo, por ejemplo, si existen acuíferos o si hubo lluvias previas en los terrenos cercanos a los sistemas fluviales. (Molina, 2018)

Si las inundaciones ocurren en zonas planas, el nivel del agua suele crecer de forma lenta, es menos profunda, pero puede durar varios días, mientras que, si la inundación ocurre en áreas montañosas por intensas lluvias, el nivel de agua bajará en pocos minutos, sin embargo, el peligro consiste en que el agua arrastre escombros que pueden provocar daños.

Para establecer la probabilidad de inundación fluvial, es necesario que se consideres los eventos históricos, pronósticos de precipitaciones, el nivel y caudal del río, así como las condiciones geográficas de suelo y terreno. (Williams, 2017)

2.3.1.3 Inundación por precipitación, súbita o repentina

Las inundaciones por precipitación o pluviales, se producen en cuencas de gran pendiente cuando existen tormentas o fuertes precipitaciones, su característica principal es el aumento rápido del nivel de agua, por un periodo corto de tiempo, por lo tanto, la anegación sucede en posos minutos u horas, dependiendo de la topografía de la localidad, su tipo de suelo, así como la intensidad y tiempo que dura la lluvia. (Ferrando, 2018)

Es un error creer que una localidad solo puede inundarse cuando se ubican cerca de un cuerpo hídrico, las inundaciones pluviales demuestran lo contrario, ya que estas pueden acontecer en cualquier localidad, sean rural o urbana, incluso en zonas sin cuerpos de agua cercanos.

Zúrich (2019) indica que las inundaciones por precipitación pueden ser de dos tipos, inundación de aguas superficiales y las inundaciones repentinas. De acuerdo al autor citado la primera ocurre cuando “un sistema de drenaje urbano se desborda y el agua fluye hacia las calles y estructuras cercanas, esto se produce gradualmente, lo que brinda a las personas tiempo para trasladarse a un lugar seguro” (p.9). En este tipo de inundación, el agua no supera el metro de altura, presentan un riesgo mínimo contra la vida de las personas, pero generan grandes pérdidas económicas.

En cambio, las inundaciones repentinas, tienen por característica el anegamiento rápido de un terreno cercano, al cual se direcciona un torrente de agua a gran velocidad, por ejemplo, localidades ubicadas al pie de una montaña, o cuando se destruye un dique o presa. Este tipo de inundaciones son de alto peligro para la vida humana, y muy destructivas, ya que el agua se moviliza con fuerza, arrastrando con ella escombros que ocasionan daños materiales de gran consideración.

2.4 Riesgo de inundación en zonas urbanas

Se conoce como riesgo de inundación a la probabilidad de que en una zona se generen daños a personas o materiales como resultado de una inundación. A criterio de Miteco (2019) “las inundaciones urbanas en ámbitos urbanos son las que más probabilidad tienen de afectar las vidas humanas, ya que es donde se concentra una mayor densidad de personas” (pág.9), en

este contexto, las inundaciones provocan daños no solo al mobiliario urbano, sino también al sistema de alcantarillado y todo aquello que quede a merced del agua.

Por lo tanto, es necesario conocer el nivel de riesgo a inundación de una localidad, para ello se deben considerar tres variables: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

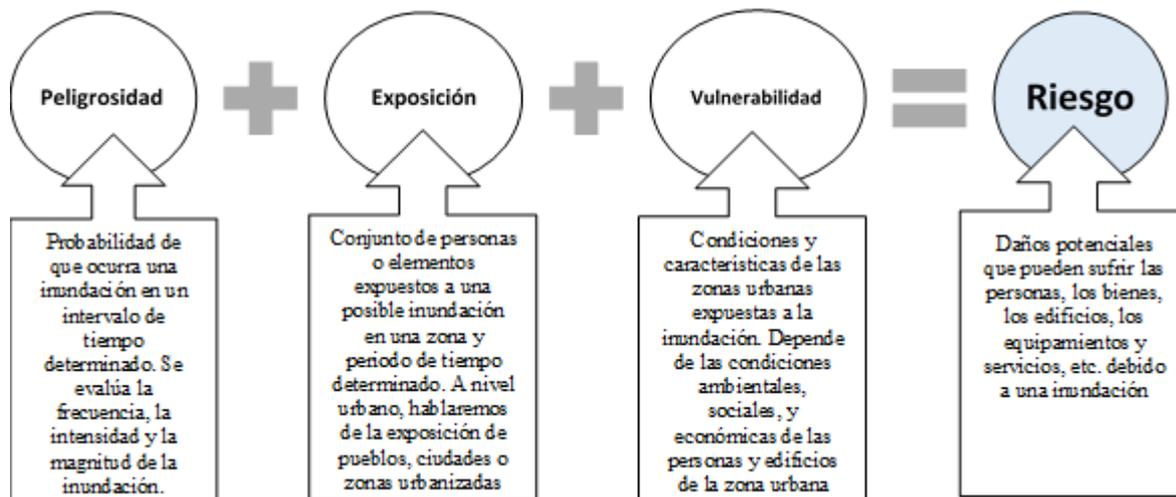


Figura 1. Variables del nivel de riesgo de inundaciones en zonas urbanas.
Fuente: (MITECO, 2019).

Considerando los conceptos propuestos en la figura 1, puede darse el caso de que una inundación afecte a una amplia zona (peligrosidad alta), sin embargo, no afecte a la zona urbana ya que esta presenta una vulnerabilidad baja, disminuyendo o anulando de esta manera los riesgos.

También puede darse el caso que una localidad muy poblada que tiene un nivel de peligrosidad de inundación bajo, tenga un nivel alto de riesgo debido a su elevada exposición, es decir cantidad de personas que se encuentran expuestas a la posible inundación (MITECO, 2019).

Para evaluar el riesgo de inundación en las áreas urbanas, además deben considerarse las siguientes características:

- Periodo de retorno, es la posibilidad que una determinada localidad sufra de inundaciones, esta se mide mediante el periodo de retorno, es decir el tiempo entre que acontece cada inundación.
- Magnitud de inundación, es la importancia de la inundación, misma que dependerá de la amplitud de la zona inundada, y el nivel que alcance el agua en

la inundación. En este elemento se incluye además el tiempo que dura el área anegada y la cantidad de materiales que transporta el agua.

- Velocidad del agua, cuando la escorrentía presenta una elevada velocidad, entonces mayor será el riesgo que arranque elementos urbanos, arrastre vehículos, y las personas tengan mayor posibilidad de salir lastimadas.
- Tiempo de permanencia, mientras más tiempo se encuentre anegada una zona, mayor será el daño y sus consecuencias, además se aumenta el riesgo que el agua ingrese a los domicilios.

2.5 Sistemas urbanos de drenaje sostenible

Uno de los grandes problemas en las zonas urbanas, son las inundaciones muchas veces provocadas por el aumento de las precipitaciones y la baja capacidad de sus sistemas de drenaje. Además de ello, debido a la urbanización y pocas áreas verdes ocurre la impermeabilización de la ciudad que dificulta la infiltración del agua al suelo, lo que incrementa los caudales de escorrentía, generando de esta manera la anegación de las localidades.

La situación mencionada se ve agravada cuando la zona se encuentra en una cota por debajo de sus afluentes hídricos, ya que difícilmente las aguas pluviales podrán desembocar en ríos, es más, la situación empeora cuando los ríos y afluentes se desbordan. Las inundaciones provocan fuertes pérdidas económicas y un impacto ambiental significativo, por tal motivo, a nivel mundial se trata de desarrollar un enfoque que permita integrar el ciclo de agua urbano y la optimización de los recursos naturales, naciendo de esta manera los sistemas de drenaje sostenible (SUDS) (Yang, 2020)

Los SUDS, favorece la infiltración de las aguas pluviales, disminuyendo de esta manera los picos de los caudales dirigidos al cuerpo receptor, ya que son diseñados para que parte del torrente se desvíen a pondajes por ejemplo reservorio y lagunas artificiales, donde se almacena temporalmente para luego ser transportadas al cuerpo receptor principal, que generalmente es afluente hídrico. Dentro de este orden de ideas Cardozo (2019) explica que los objetivos de los SUDS son los siguientes:

- Protege y mejora el ciclo del agua en localidades urbanizadas.

- Permite integrar el tratamiento de las aguas lluvia al entorno paisajístico.
- Protege la calidad del agua receptadas por los afluentes hídricos.
- Reduce el volumen de los caudales cuando ocurren eventos de lluvia extrema, además minimizan las zonas impermeables.
- Añade valor al entorno, a la par que disminuye los costos de infraestructuras de drenaje.
- Permiten preservar los sistemas de drenaje tradicionales, evitando su sobrecarga.

La característica principal de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible es la disminución de la infiltración, es así que a través de los mismos se maximiza la captación de agua, disminuye la escorrentía y permite mejorar la calidad del agua. En la última década, a nivel mundial se han implementado una serie de SUDS, Especialmente en los países de Europa y Estados Unidos, con la finalidad de mejorar la capacidad de infiltración y disminuir el riesgo de inundación en las grandes urbes. (Feito, 2017)

2.5.1 Técnicas de drenaje urbano sostenible

Existen diversas técnicas de drenajes urbanos sostenibles, estas se clasifican en no estructurales y estructurales:

- Técnicas de drenaje urbano sostenible no estructurales, involucran a la ciudadanía y actores sociales, ya que consisten en implementar programas de participación, direccionados a alcanzar la concientización del problema y búsqueda de soluciones por medio del cambio de los hábitos comunitarios, a quienes se les instruye en técnicas para disminuir los riesgos de las inundaciones.
- Técnicas de drenaje urbano sostenible estructurales, consisten en el diseño y construcción de estructuras que no solo aportan un criterio urbanístico, sino además mejoran, evitan o disminuyen los problemas que se relacionan con el ciclo natural del agua, entre las medidas estructurales destacan pavimentos porosos, parques inundables, tanques tormentas, techos verdes, humedales artificiales, entre otros. (Cardoso, 2019)
-

2.5.2 Tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible

Los Sistemas de Urbanos de Drenaje Sostenibles se clasifican, según el criterio del Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO), en tres grandes grupos:

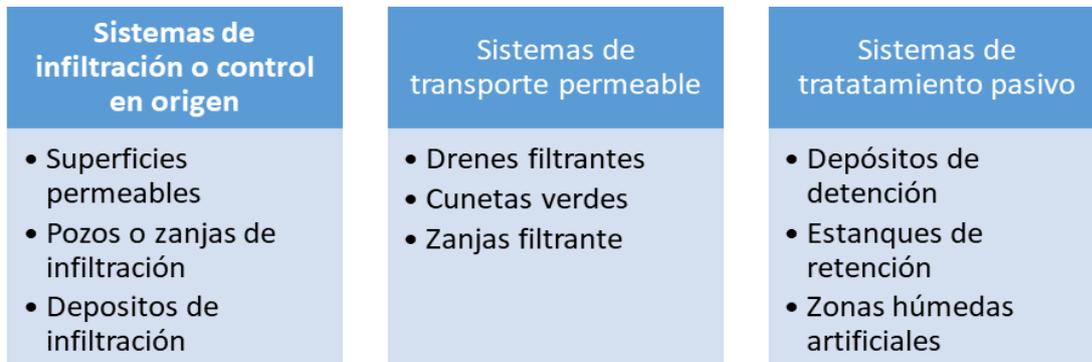


Figura 2. Tipos de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible
Fuente: (Cardoso, 2019)

De acuerdo a las necesidades de la investigación, a continuación, se procederá al desarrollo conceptual de los sistemas de tratamiento pasivo: depósitos de detención y las zonas húmedas artificiales.

2.5.2.1 Depósitos de detención: Tanque de tormenta

Las precipitaciones son una gran amenaza ya que pueden resultar en inundaciones, también resultan en una oportunidad para obtener agua de uso potable o no potable. A través de un tanque tormenta se puede recolectar y reutilizar el agua de lluvia, para que luego sean tratadas, dicho tratamiento se da para disminuir la contaminación, y los riesgos a la salud, además para emplear el recurso para uso de la población. (Escobar & Moncada, 2018)

Por lo tanto, un tanque tormenta no es más que una estructura que forma parte de la red de saneamiento, se encuentra conformado por un depósito destinado a la captura y retención del agua de lluvia, misma que es colectada por un sistema de tuberías, y así evitar o disminuir las inundaciones en localidades de alto riesgo. (Solarte, 2017)

En este contexto, los tanques de tormenta permiten que se almacene las aguas pluviales, para de esta forma regular el caudal de salida hacia los sistemas de drenaje, lo que amortigua el caudal cuando se producen eventos de precipitaciones fuertes y así disminuir el riesgo de sufrir inundaciones.

Los tanques tormenta son una alternativa que permitirán la regulación del caudal de salida del agua lluvia, ya que gran parte de ella es desviado a reservorios o depósitos para luego ser bombeada a cauces vivos (figura 3).

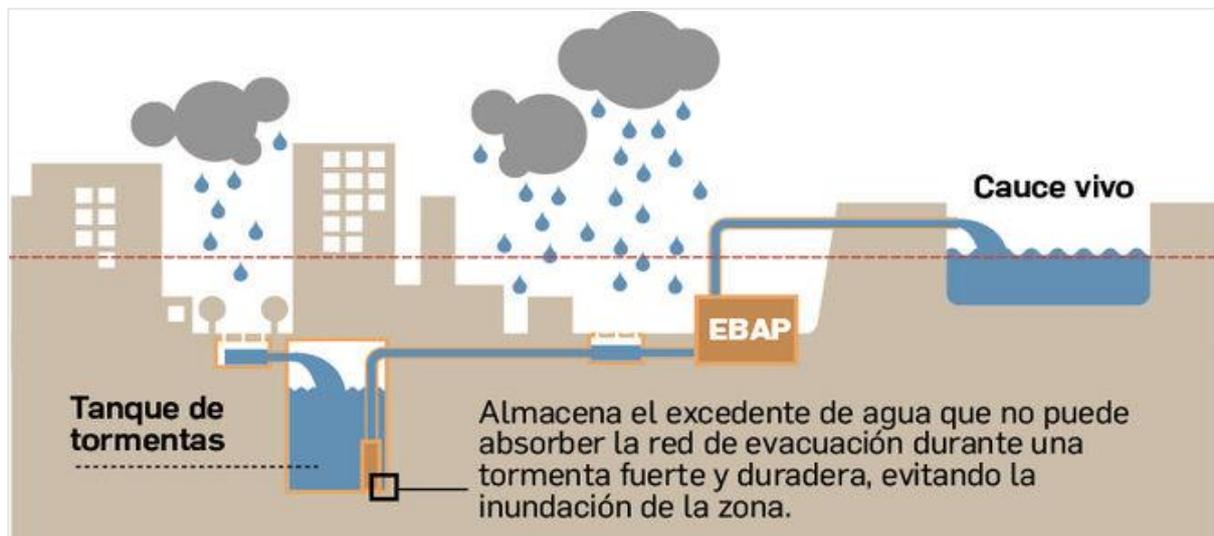


Figura 3. Esquema de funcionamiento de los tanques tormenta
Fuente: (Parejo, 2019)

También son utilizados para darle un tratamiento o depurar al agua de lluvia, y así evitar que las primeras aguas pluviales contaminadas por el lavado asfáltico, sean vertidas directamente en los afluentes hídricos. Es preciso mencionar que estas aguas una vez depurada también pueden ser aprovechadas por la población en un futuro. (Galindo, 2019)

Los tanques tormenta pueden ser construidos en zonas con poca afluencia de personas o también se les otorgan otros usos como recreativo o deportivo. En ausencia de un espacio libre la construir los depósitos, este se realiza bajo tierra, también se pueden implementar cuando existen condiciones ambientales que impiden su construcción al aire libre. Estos reservorios pueden ser construidos de hormigón o plástico.

2.5.2.2 Zonas húmedas artificiales: Parques inundables

Las zonas húmedas artificiales, son superficies cubiertas por vegetación, que en su superficie albergan varios cuerpos de agua (lagunas artificiales) de diferentes profundidades, por lo tanto, no solo tiene por finalidad disminuir el riesgo de inundación, sino brindar a la zona de un lugar de esparcimiento natural, así como transformar una zona determinada en un hábitat para especie vegetales y animales. (Bozdagan, 2016)

Los humedales o parques inundables, poseen un gran potencial ecológico, recreativo y estético. Su finalidad principal es disminuir la escorrentía urbana y depurar las aguas pluviales a través de medios naturales (vegetación y microorganismos del medio acuático).

Los parques inundables son diseñados para recoger el agua de lluvia en localidades propensas a inundaciones, misma que es desviada a las lagunas artificiales con una capacidad de carga calculada de acuerdo a las previsiones de precipitaciones y volumen hídrico de la localidad. Una vez que el agua de lluvia llega al parque inundable, esta cumple su ciclo natural, también puede ser almacenada en reservorios para su depuración, para luego ser reutilizada en el parque, y si es de buena calidad, incluso puede ser destinada al uso humano.

Es preciso indicar que los parques inundables no solo periten controlar las inundaciones, sino que en él pueden diseñarse una serie de áreas para la recreación de los pobladores, por ejemplo, canchas, senderos para caminatas, miradores, bancos, lagunas y cascadas artificiales, entre otros. (Bayón, 2018)

Un claro ejemplo de su funcionamiento es el Parque Inundable La Aguada, ubicado en Santiago de Chile, en épocas de verano el parque se convierte en un espacio de recreación y esparcimiento, donde los pobladores pueden disfrutar de un entorno natural. En invierno o épocas de lluvia, la forma especial del parque permite que, durante precipitaciones, si el agua sobrepasa el nivel de la orilla del río esta es capturada por el parque para que la ciudad no quede anegada, como se observa en la figura 4.



Bajo el agua

1 El caudal del zanjón será guiado por una bóveda de hormigón triple a través de la cual pasará el agua.



2 En caso de lluvias de 70 milímetros en un día se sobrepasaría la máxima capacidad de la bóveda y se canalizaría el agua sobre el parque.



Figura 4. Diseño del Parque Inundable La Aguada en Santiago de Chile
Fuente: (Bozdagan, 2016)

Otro ejemplo exitoso es el Parque Urbano Inundable La Marjal, ubicado en Alicante-España, el cual tiene una capacidad de carga de 45.000 m³. Su infraestructura cuenta con una laguna artificial, ciclovías, canchas, senderos y caminos ecológicos, área de picnic, y otras de recreación. El diseño del parque permite que, de darse el caso de sobrepasar su capacidad de recogida, el excedente se desvíe al mar. El agua recogida en el parque es bombeada a la estación depuradora Monte Orgegia, para luego ser empleada para riego. (Cardoso, 2019)



Figura 5. Fotografías del parque La Marjal, donde se aprecia el llenado del parque.
Fuente: (El Mundo, 2017)

En general, las administraciones públicas optan por esta alternativa sostenible, debido a su menor costo y bajo impacto ambiental, también por la posibilidad de reutilizar las aguas de lluvia, lo que genera un mayor índice de rentabilidad social. El empleo de SUDS, ofrecen una mejor alternativa paisajística, lo que no suele suceder con los sistemas convencionales de drenaje. También se produce un cambio de visión, ya que el agua pluvial paso de convertirse en un problema, a ser empleado de diversas maneras. Para concluir, la gestión de los caudales por medio del parque inundable, no solo disminuye el riesgo de inundación de una localidad, sino también facilita la infiltración del agua lluvia, reduciendo la impermeabilidad.

2.6 Marco conceptual

Para elaborar el planteamiento del parque inundable se debe tener en cuenta, los siguientes conceptos básicos que son fundamentales:

Hidráulica: Es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos en función de sus propiedades específicas, es decir, estudia las propiedades mecánicas de los líquidos dependiendo de las fuerzas a las que puede ser sometidos.

Lluvias: Es un fenómeno meteorológico que se da cuando cae agua en forma de precipitación líquida desde las nubes, formadas por la condensación de vapor de agua que al cobrar tamaño y peso no puede mantenerse suspendidos en el aire. A causa del calentamiento que almacena el viento de las plantas, forman nubes, cuando el aire caliente asciende, éste se enfría produciendo la condensación, pasando de estado de vapor a líquido.

Precipitación: Es la caída del agua desde la atmosfera hacia la superficie terrestre, forma parte del ciclo natural del agua, manteniendo el equilibrio del ecosistema. La precipitación es el resultado de la condensación de agua, forma nubes en la atmósfera donde generalmente el agua se encuentra en estado gaseoso y al existir una cantidad considerable de agua gaseosa en las nubes y al producir un enfriamiento en las nubes, el agua pasa del estado gaseoso al líquido e inclusive a sólidos, el peso del agua produce la caída de la atmosfera hacia la superficie terrestre o marítima provocando las precipitaciones.

Captación de aguas lluvias: Es la técnica de recolección y almacenamiento de aguas lluvias, antes de que se pierda en escorrentías superficiales, para dicho cometido se utiliza tanques, embalses naturales de infiltración de aguas superficiales en yacimientos acuíferos. La viabilidad técnica económica depende de la pluviosidad en el área de captación

Drenaje: Es un término que proviene del francés drainage y que hace referencia a la acción y efecto de drenar o asegurar la salida de un líquido o de la humedad excesiva mediante tuberías o zanjas. En la Ingeniería y el Urbanismo en general, drenaje es un sistema concebido en un diseño de tuberías interconectadas con el fin de desalojar líquidos de lluvias o de otro tipo.

Drenaje Pluvial: Este es un sistema que facilita el transporte de agua lluvia con el fin de aprovechar, de manera apropiada para diferentes propósitos, quizás uno de los más importantes es evitar las inundaciones de las ciudades.

Escorrentías: Es una corriente de agua lluvia que circula sobre la superficie de un terreno cuando sobrepasa la capacidad de un depósito natural o artificial también puede tomar los nombres de escurrimiento o aliviadero. La escorrentía se origina de las precipitaciones que circula y se extiende sobre la superficie del suelo luego de haber superado la capacidad de evaporación y de infiltración de la misma. Es importante indicar que la escorrentía está afectada de manera directa por los siguientes actores; meteorológicos, porque varía de acuerdo a la precipitación y cambio de temperatura; actor geográfico, varía de acuerdo a la zona geográfica y la morfología de la misma; factor hidrogeológico, se refiere a la permeabilidad de los suelos y sus capas y profundidad y por último factor biológico, tiene que ver con la superficie, vegetación y el ser humano.

Filtración: Es el proceso físico mediante el cual un elemento líquido o no, pasa a través de diferentes materiales porosos con el fin de separar de los fluidos excesos de microorganismos, elementos químicos, metales pesados y aceites.

Nivel freático: Es el nivel superior del agua o el lugar donde la presión del agua es igual que la presión atmosférica, llamado también capa freática. Es posible su medición en base a una perforación en el subsuelo. Donde la distancia medida entre el agua subterránea y la superficie corresponde al nivel freático.

Caudal: De acuerdo con la dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa a través de una sección de ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con un flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en una unidad de tiempo. $Q = A \cdot V$.

Cuenca Hidrográfica: Es un área natural de captación del agua producto de las precipitaciones de la lluvia que cuyos escurrimientos tienen un punto de convergencia en común llamado puño de salida o denominado también exutorio. Una cuenca hidrográfica está compuesta por un conjunto de superficies vertientes constituidas de acuerdo con la topografía de terreno y por afluentes que confluyen hasta llegar por un lecho único de salida.

Pendientes: En Topografía, pendiente, es un concepto que permite medir el grado de inclinación del terreno. Es la relación entre el espacio que recorreremos verticalmente y el espacio que recorreremos horizontalmente cuando subimos una rampa.

2.7 Marco legal

En Ecuador existen Leyes y decretos que regulan el uso del agua y su derecho como servicio público, además de contar con los materiales ambientales que regulan el uso adecuado y eficiente del agua, en cuanto, en material del uso de aguas lluvia es muy poco lo que se sustenta.

Constitución de la República del Ecuador, (2008) en el capítulo segundo Derechos del buen vivir, sección primera, art. 12. Indica el agua como derecho es parte fundamental e irrenunciable, debido que el agua es considerada patrimonio nacional en el uso público, imprescriptible y muy esencial para la vida.

La Ley Orgánica de Educación Superior establece en el art. 4 el derecho a la educación superior, con ejercicio de igualdad de oportunidades; así también como en el art. 5 el derecho de las y los estudiantes sin discriminación alguna en acceder, movilizarse, egresar u titularse conforme a sus méritos académicos; en el art. 6 menciona el derecho de los profesores o profesoras e investigadores o investigadoras a libre ejercicio de su cátedra e investigaciones con total libertad bajo ningún tipo de imposiciones religiosa, política, partidista, cultural o de cualquier otra índole.

Ley de Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento Del Agua, (2015). Capítulo segundo, La agencia de regulación y control del agua, en el art. 8 señala, la agencia de regulación y control del agua en sus siglas ARCA es un organismo de índole público, la cual ejercerá la regulación y control de la gestión integral de los recursos hídricos en cuanto a la calidad y cantidad de agua en las zonas y fuentes de recarga, también se encargará de la calidad de los servicios público que estén relacionados al sector del agua y en todos sus usos, aprovechamiento y el destino del agua.

En el art 10 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, (2019), y el art 54 del Reglamento para la Ley Orgánica, la autoridad hídrica público se distribuye de los siguientes compendios:

- a) Las aguas superficiales, que forman los lagos, ríos, lagunas, nevados, glaciales, humedales y caídas naturales;
- b) Las aguas subterráneas
- c) Los acuíferos.
- d) Las fuentes de agua (nacientes de los ríos, de los manantiales, de las fuentes naturales que brotan de las aguas subterráneas o de las escorrentías)
- e) Cauces naturales
- f) Subsuelos de los ríos, lagunas, embalses artificiales, lagos y cauces naturales.
- g) Las riberas
- h) Las aguas procedentes de la desalinización del agua del mar.

Ley de Gestión Ambiental la cual establece los principios básicos y las directrices de la política ambiental. También en el texto unificado de la Legislación ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente establece el alcance de los estudios de impacto ambiental y el proceso que se debe considerar para la comunicación y participación de la comunidad, así como las normas de calidad ambiental (recursos del agua) (EMAAP, 2009).

Según la EMAAP, (2019), los materiales usados para el medio son: hormigón simple (HS), hormigón armado (HA), poli cloruro de vinilo (PVC), hierro fundido (H F), poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), polietileno de alta densidad (PEAD) y los demás materiales que con adecuación puede ser apto para el fin propuesto.

Los tubos PVC para redes de alcantarillado de sanidad deberán estar fabricados bajo las Normas INEN 133,1367,1368 y 1374, los accesorias para este tipo de material en tuberías deben estar basados en las normas INEN 1329. Los tubos PVC para pared estructurada son diferentes normas, para este se aplica la norma INEN 2059:2004 tercera revisión (EMAAP, 2009).

CAPÍTULO III : METODOLOGÍA- ANALISIS DE DATOS

3.1 Enfoque de la Investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo a razón de que busca analizar y medir la problemática de inundaciones, buscando la mejora en la captación y conducción de aguas lluvias hacia una zona natural donde no ponga en peligro al ser humano.

3.2 Alcance de la investigación

Evaluar los parámetros en que se presenta una inundación en la zona urbana del cantón Milagro, el cual se enmarca en un estudio descriptivo; para plantear las condiciones que tendría un parque inundable.

3.3 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es Explicativa Correlacional, debido a que se determina las variables que presentan en una inundación en el caso urbano del cantón Milagro y se planteó los parámetros que debe tener el parque inundable como parte de la solución.

3.4 Técnica e instrumentos de investigación

Deductivo: Este tipo de investigación se basa en el estudio de la realidad y la búsqueda de verificación de unas premisas básicas a comprobar. A partir de la ley general se considera que ocurrirá en una situación particular. Observación visita en campo y revisión bibliográfica, toma en cuenta la documentación que sustenta el estudio.

Descriptiva y Correlacional: Con el propósito de realizar el análisis técnico según el tema de investigación, en base al método racional se procederá a identificar las áreas de aportación, luego se analizará tipos de escorrentía y caudales de diseño, luego de haber realizado los estudios preliminares y haber identificado estas variables; se hará las descripciones de los parámetros que deberían tomarse en cuenta para la construcción del parque inundable como solución a las inundaciones de una área determinada del centro del cantón Milagro.

3.5 Población

La población de estudio es el registro de lluvias presentadas en el cantón Milagro, en base a los datos Instituto de Meteorología e Hidrología del INAMHI, en la estación localizada en el Ingenio Azucarero Valdez.

3.5.1 Muestra

No es necesario determinar una muestra, debido a Instituto de Meteorología e Hidrología del INAMHI ha elaborado tablas probabilísticas para la obtención de intensidades de lluvia.

3.6 Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumento de recolección de información
Microcuenca Urbana	Territorio cuyas aguas fluyen a un mismo punto.	Hectáreas	Área	Planos
Periodo de retorno	Probabilidad de ocurrencia	Años	Tiempo	Tablas de EMAAP
Tiempo de concentración	Tiempo transcurrido	Minutos	Tiempo	Método de Kirpch
Intensidad de lluvia	Precipitación vs tiempo	Mm/h	Capacidad	Tablas de INAMHI
Coefficiente de escorrentía	Proporción de precipitación	Adimensional	Relación	Tablas de EMAAP
Caudal	Volumen vs tiempo	m ³ /s	Descarga	Metodo racional

Elaborado por: (Arevalo, 2022)

3.7 Análisis, interpretación y discusión de resultados

3.7.1 Microcuenca Urbana

La microcuenca urbana analizar esta comprendida entre las calles Guayaquil, Rocafuerte, García Moreno y Eloy Alfaro con un área de 130 402 m² (13.042 ha). El punto más bajo tiene una cota de 10.90 metros, en intersección de la calle 12 de febrero y Calderón.



Figura 6 Área de inundación
Elaborado por: (Arevalo, 2022)

En las siguientes fotografías se observa calle Miguel Valverde del Mercado La Dolorosa, completamente inundada.



Figura 7 Inundación en el mercado la Dolorosa en mayo del 2019
Elaborado por: (Arevalo, 2022)



Figura 8 Inundación en mercado la Dolorosa en marzo del 2021
Elaborado por: (Arevalo, 2022)

3.7.2 Periodo de retorno

Se usa periodo de retorno de 10 años, aplicando lo señalado en la Tabla 1 para áreas comerciales.

Tabla 2 Periodos de retorno para diferentes ocupaciones.

PERÍODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES OCUPACIONES DEL ÁREA		
Tipo de obra	Tipo de ocupación del área de influencia de la obra	Tr (años)
Micro drenaje	Residencial	5
Micro drenaje	Comercial	5
Micro drenaje	Área con edificios de servicio público	5
Micro drenaje	Aeropuertos	10
Micro drenaje	Áreas comerciales y vías de tránsito intenso	10 - 25
Micro drenaje	Áreas comerciales y residenciales	25
Micro drenaje	Áreas de importancia específica	50 - 100

Fuente: (EMAAP, 2009)

3.7.3 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se lo determinara mediante el método de Kirpch, con la siguiente formula:

$$T = 0.02xL^{0.77}xS^{-0.385}$$

En donde:

T: Tiempo de concentración (minutos)

L: Longitud máxima a la salida (m)= 343 metros

S: Pendiente media del lecho (m/m) = 0.0017

Aplicando el método Kipch , se obtiene 20.8 minutos, por lo que asumiremos un tiempo de concentración de 20 minutos.

3.7.4 Intensidad de lluvia

Se toma en cuenta la siguiente tabla del Instituto de Meteorología e Hidrología del INAMHI, tomando de referencia que el periodo de retorno es de 10 años y el tiempo de concentración de 20 minutos, se obtiene una intensidad de lluvia 117.70 mm/h.

Tabla 3 Intensidad y periodos de retorno en la estación hidrológica Milagro

t (min)	Período de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	132.8	166.4	197.4	247.5	293.5	348.2
10	102.6	128.5	152.5	191.1	226.7	268.9
15	88.2	110.5	131.1	164.3	194.9	231.1
20	79.2	99.2	117.7	147.5	175.0	207.6
30	68.1	85.3	101.2	126.8	150.5	178.5
60	52.6	65.9	78.1	97.9	116.2	137.8
120	36.0	43.4	50.0	60.3	69.5	80.1
360	14.2	17.2	19.8	23.9	27.5	31.7
1440	4.4	5.3	6.1	7.4	8.5	9.8

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Fuente: (INAMHI, 2015)

3.7.5 Coeficiente escorrentía

El coeficiente de escorrentía integra una gran cantidad de variable hidrometeorológicas y características de infiltración morfológicas del suelo y las condiciones de uso, cobertura y ocupación del suelo. Se asumirá un coeficiente de escorrentía de 0.70, aplicando lo señalado en la Tabla 3.

Tabla 4 Coeficiente de escorrentía para un área urbana

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA UN ÁREA URBANA	
Descripción del área	Coeficiente de escorrentía
<i>Negocios</i>	
Centro	0.70 a 0.95
Barrios	0.50 a 0.75
<i>Residencial</i>	
Unifamiliar	0.30 a 0.60
Multi-unidades, contiguas	0.40 a 0.75
Departamentos	0.60 a 0.85
<i>Industrias</i>	
Livianas	0.50 a 0.80
Pesadas	0.60 a 0.90
Sin mejoras	0.10 a 0.30

Fuente: (EMAAP, 2009)

3.7.6 Caudal

El Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo [m³/s]

C: Coeficiente de escorrentía = 0.7

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)=117.70 mm/h

A: Área de la cuenca. (Ha)= 13.0402 hA

El caudal a evacuar en la zona de estudio es de 2.98 m³/s.

3.8 Presentación de resultados

Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5 Presentación de resultados

Descripción	Resultado
Microcuenca Urbana	13.042 hectáreas
Periodo de retorno	10 años
Tiempo de concentración	20 minutos
Intensidad de lluvia	117.70 mm/h
Coeficiente de escorrentía	0.70
Caudal	2.98 m ³ /s

Elaborado por: (Arevalo, 2022)

CAPÍTULO IV INFORME TÉCNICO, PLANTAMIENTO DEL PARQUE INUNDABLE

4.1 Volumen de embalse

Se considera que el tiempo de llenado del embalse es de 10 horas que corresponde a la probabilidad de duración de una lluvia en el cantón Milagro. Por lo que tendríamos un volumen de inundación de 107 483 m³.

4.2 Área de embalse

Se considera que la altura de embalse es de 1.50 metros, por lo que:

$$\text{Área (A)} = \text{Volumen(V)} / \text{Altura de embalse (h)}$$

$$\text{Área (A)} = 71\,625 \text{ m}^2 = 7.16 \text{ hectáreas}$$

4.3 Captación del agua

En la cámara de inspección ubicada en la calle 12 de febrero y Abdón Calderón, se encuentra en la cota 10.90, en dicha cámara de inspección se instalará una tubería con rejilla, tubería PVC novafort y válvula de retención, para la captación de agua lluvia. Este sistema de captación trabajara cuando el sistema de alcantarillado existente colapse y la cámara de inspección este inundada.

El punto de captación que iniciara con la rejilla, se ubicara a 50 centímetros por debajo del nivel de la tapa de la cámara de inspección.

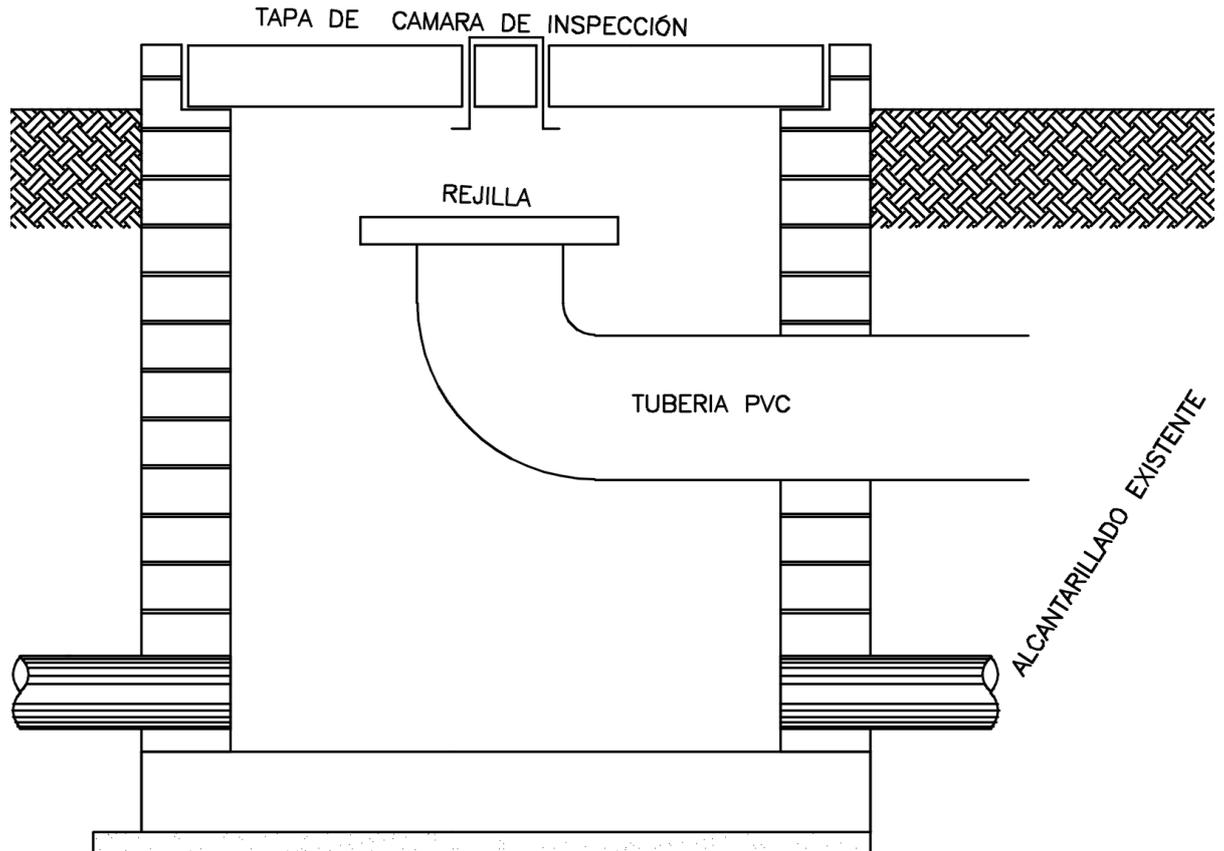


Figura 9 Propuesta de captación de agua para un sistema inundado.
Elaborado por: (Arevalo, 2022)

4.4 Ubicación del parque inundable

El parque inundable, se ubicará en las siguientes coordenadas:

Tabla 6 Coordenadas del polígono del parque inundable

Descripción	Norte	Este
P1	9764044.00	653149.00
P2	9763868.00	652758.00
P3	9763649.00	652813.00
P4	9763767.00	653191.00

Elaborado por: (Arevalo, 2022)

El sitio está localizado en la antigua via Milagro- Chobo, a la rivera del Rio Milagro que comprende un área aproximadamente de 10 hectáreas, donde la cota del terreno es 7.0 metros.



Figura 10 Polígono del parque inundable
Elaborado por: (Arevalo, 2022)

4.5 Conducción del agua

Se usará la tubería Novarfor Plus de diámetro nominal 975 mm y diámetro interior 900mm descrita en ANEXO 1

La longitud de la tubería desde el punto de captación (Calle 12 de febrero y Calderon) hasta punto de descarga (parque inundable) es 4076 metros (Ver Figura 11) .

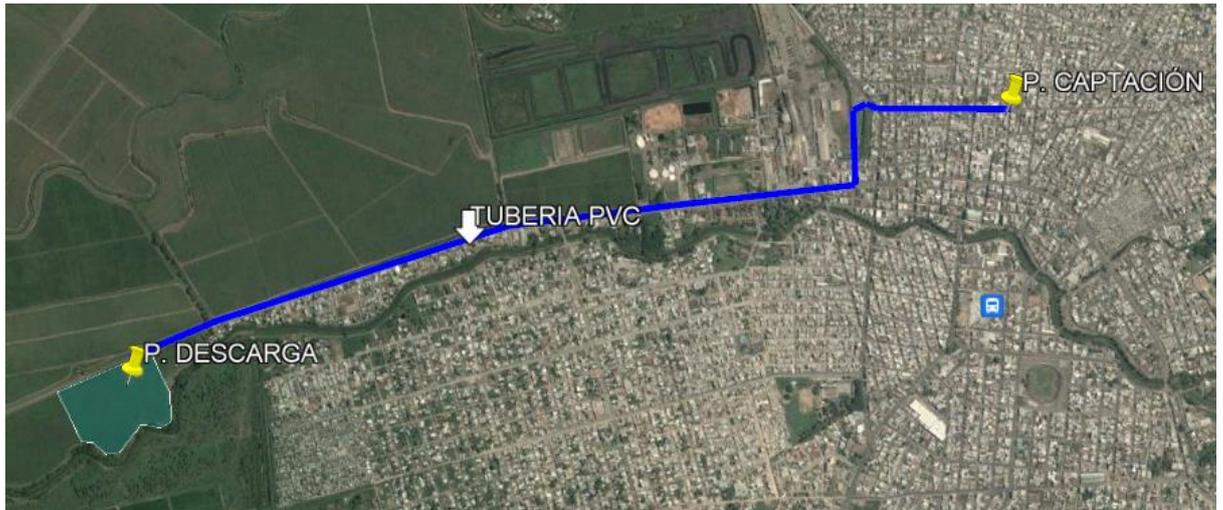


Figura 11 Recorrido de tubería PVC
Elaborado por: (Arevalo, 2022)

Para el cálculo del caudal se usará el teorema de Bernoulli y la ecuación de Hazen-Williams para pérdidas de cargas por longitud.

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2}{2g} + \Delta H_{1-2}$$

En donde:

z_1 = Cota de captación en el área de inundación = 10.90 metros

$P_1 = P_2$ = Presión atmosférica

v_1 = Velocidad en embalse del área urbana = 0 m/s

v_2 = Velocidad en embalse del parque inundable = 0 m/s

z_2 = Cota de descarga en el embalse del parque inundable = 7.00 metros

ΔH_{1-2} = Pérdida de carga entre el punto 1 y 2

γ = densidad del agua

g = gravedad

Despejando la fórmula obtenemos que la pérdida de carga desde el punto 1 al punto 2 es $\Delta H_{1-2} = 3.90$ metros, en la Figura 12 se ilustra los embalses de la zona inundación como punto 1 y el parque inundable como punto 2.

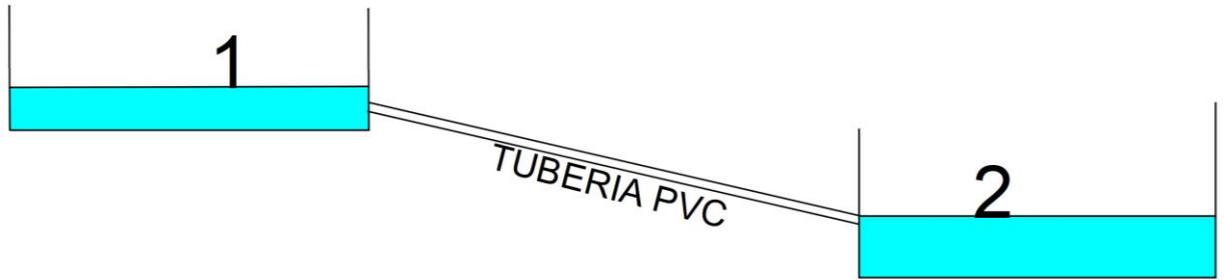


Figura 12 Ilustración de embalses de inundación y parque inundable
Elaborado por: (Arevalo, 2022)

Aplicamos la siguiente fórmula de Hazen-Williams, obtener el caudal promedio de la tubería Novafort.

$$\Delta H_{1-2} = 10.674 \times \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.78}} \times L$$

Donde:

ΔH_{1-2} : Pérdida de carga o de energía (m) = 3.90 metros

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de rugosidad=150

D: diámetro interno de la tubería (m)=0.9 m

L: Longitud de la tubería (m) =4076 metros

Despejando la fórmula de Hazen- Williams, obtenemos que el caudal promedio en la Tubería PVC es Q= 2.74 m³/s.

Por lo que para evacuar el volumen de inundación de 107 483 m³, provocado por 10 horas de lluvias, se tomaría un tiempo de 10 horas con 54 minutos.

Considerando que el alcantarillado existente colapsa a una hora de precipitación, se tendría a favor 6 minutos, garantizando que dicha zona comercial no se vea afectada.

4.6 Parámetros del parque inundable

Para definir un presupuesto referencial, es importante definir algunos parámetros geométricos para estimar una cuantificación, en la Tabla 7 se define los datos significativos que debe tener el parque inundable.

Tabla 7 Parámetros del Parque Inundable

Parámetros	Características
Tubería de conducción de aguas lluvias	4076 metros de tubería Novafort de diámetro nominal de 975 mm
Accesorios	3 válvulas de aire y rejilla en punto de captación
Punto de captación	Obra civil de reconstrucción de la cámara de inspección.
Área descarga	Obra civil con amortiguamiento para la descarga de agua lluvia
Dique de tierra en el perímetro del parque	Construcción de un muro de 2 metros altura aproximadamente con cota de corona de 9 metros, lo cota de desborde del río Milagro en área del parque inundable es de 8.5 metros. La longitud del dique es de 1416 metros
Obra civil de descarga al río Milagro	Construcción de un aliviadero de hormigón con compuertas
Obra arquitectónica	Áreas Verdes y camineras.
Movimiento de tierra	Rediseño de la topografía donde se localiza el parque inundable (10 hectáreas)

Elaborado por: (Arevalo, 2022)

4.7 Presupuesto

El presupuesto es del parque inundable seria:

Tabla 8 Presupuesto referencial

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Obra civil de reconstrucción de la cámara de inspección	Global	1.00	\$ 7 000.00	\$ 7 000.00
Tubería PVC de 975 mm	ml	4076.00	\$ 350.00	\$1 426 600.00
Re Pavimentación de calle con asfalto de 7.5 cm	m2	8152.00	\$ 22.00	\$ 179 344.00
Accesorios para la conducción de aguas lluvias	Global	1.00	\$ 50 000.00	\$ 50 000.00
Obra civil de descarga al parque inundable	Global	1.00	\$100 000.00	\$ 100 000.00
Dique de tierra	ml	1416.00	\$ 156.00	\$ 220 896.00
Reconformación del terreno	m3	15000.00	\$ 13.00	\$ 195 000.00
Obra civil de descarga al rio Milagro	Global	1.00	\$150 000.00	\$ 150 000.00
Obra Arquitectónica	ha	13.00	\$ 20 000.00	\$ 260 000.00
				\$2 588 840.00

Elaborado por: (Arevalo, 2022)

CONCLUSIONES

- El polígono de inundación que se analizó está comprendido entre las calles Guayaquil, Rocafuerte, García Moreno y Eloy Alfaro que comprende aproximadamente 13 hectáreas, la cota de las calles no permite la evacuación de agua lluvias por el sistema convencional cuando la cota del río es alta, por lo que se planteó un sistema alternativo.
- Se propuso un sistema de evacuación de aguas lluvias alternativo, implementado un sistema de captación en la cámara de inspección existente y empieza a trabajar cuando el sistema convencional se inunde.
- La captación de agua lluvia en sistema propuesto está libre de cuerpos que puedan obstruir la conducción, al usar una rejilla y colocar el punto de ingreso de aguas por encima de la cota del alcantarillado existente.
- Se usa válvulas de retención y ventosas para garantizar que la conducción trabaje a tubo lleno a través de diferencia de presiones, en donde se toma cuenta la cota de ingreso y la cota descarga, dando facilidades a que la conducción de aguas se adapte a la topografía del terreno, evitando a que la tubería se profundice por mantener una pendiente de evacuación como en los sistemas convencionales.
- Usando el modelo propuesto, los costos del parque inundable son viables como una solución a las inundaciones para un área urbana, donde se desarrolla una actividad comercial importante.

RECOMENDACIONES

- Reconstruir la cámara de inspección de la calle 12 febrero y Calderon, para garantizar un espacio adecuado para el mantenimiento de la captación de aguas lluvias del sistema propuesto.
- Garantizar que las uniones de la tubería PCV Novafort, se mantengan herméticamente selladas, para un adecuado funcionamiento del sistema.
- Sembrar árboles endémicos en el parque inundable que sean resistente a inundaciones.
- Realizar el diseño arquitectónico del parque, que garantice un turismo verde.
- Realizar las ingenierías respectivas para tener planos de detalle para la construcción de esta obra.

BIBLIOGRAFÍA

- Arevalo, J. (2022). *Parque Inundable para el sector centro urbano del cantón Milagro*. Guayaquil: ULVR.
- Bayón, J. (2018). Drenaje Urbano Sostenible. *IAGUA*, 19-20. Obtenido de <http://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/drenaje-urbano-sostenible>
- Bozdagan, C. (2016). Parque inundable. *Urbes*.
- Cardoso, X. (2019). *Inundaciones Urbanas: Propuestas para una gestión de riesgos con enfoque en la prevención de daños*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Castro, J. (2021). *Análisis de Riesgo por Inundaciones en la Parroquia Roberto Astidollo, Cantón Milagro: Propuesta de un sistema de alerta temprana comunitario*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- El Mundo. (2017). El parque inundable de La Marjal. *El Mundo*.
- EMAAP. (1 de febrero de 2009). Recuperado el 15 de abril de 2021, de Normas de diseño de sistema de alcantarillado para la EMAAP: http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- Escobar, T., & Moncada, M. (2018). *Diagnostico de situación y propuesta de solución a inundaciones en el sector el Recreo-Durán*. Guayaquil: ESPOL.
- Feito, L. (2017). Vulnerabilidad de los sistemas Sanitarios. *ISCIII*, 30(3), 7-22.
- Ferrando, A. (2018). Inundaciones y Anegamientos. *Revista de Urbanismo*, 13-19.
- Galindo, J. (2019). *Parque inundable con vegetación autóctona en la rambla de Benipila*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- INAMHI. (2015). *Determinación de ecuaciones para el calculo de intensidades maximas de precipitación*. Quito: INAMHI.
- Jensen, K., Cremaschi, M., Rebodero, J., & Freaza, N. (2017). *Proyecto de paisaje como herramienta de intervención en la Cuenca del Arroyo el Gato*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata Universidad Nacional de San Martin.
- Kenny, P. (2021). *Los fenómenos hidrológicos han dominado los desastres en los últimos 50 años*. Anadolu Agency.
- Lasso, K. (2018). *Diseño de un sistema de alerta temprana para la prevención de la población frente a inundaciones en el cantón Milagro*. Quito: Pontifica Universidad Católica del Ecuador.
- MITECO. (2019). *Guía de adaptación al riesgo de inundación: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*. Madrid: MITECO.

- Molina, D. (2018). *Parque Inundable Vínculo San Joaquín*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Municipio de Milagro. (2014). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Milagro: Municipio de Milagro .
- Pacateque, Á. (2017). *Parque inundable para mitigar los riesgos de desbordamiento, en la cuenca alta del río Bogotá*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Parejo, J. (2019). Emasesa construirá un tanque de tormentas en Los Remedios. *Sevilla*. Obtenido de https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Emasesa-construira-tanque-tormentas-Los-Remedios_0_1318968250.html
- PLASTIGAMA. (2018). *Especificaciones de tubería Novafort Plus*. Obtenido de <https://plastigama.com/wp-content/uploads/2018/07/Triptico-NOVAFORT-2018.pdf>
- Sánchez, J. (2019). *Precipitación*. Salamanca: Departamento de Geología. Obtenido de <http://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>
- Senagua. (2013). *Control de inundaciones de Milagro y área de influencia*. Milagro: Senagua.
- SENPLADES. (2009). GENERACION DE GEOINFORMACION PARA LA GESTION DEL TERRITORIO Y VALORACION DE TIERRAS RURALES DE LA CUENCA DEL RIO GUAYAS ESCALA 1:25.000. Ecuador: SENPLADES.
- Serrano, S., Reisancho, Á., Lizano, R., & Borbor, M. S. (2016). Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala. *revista de Ciencias de la Vida*, 24(2), 53-68. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4760/476051632004/html/>
- Solarte, L. (2017). *Factibilidad del reciclado de agua de tabques de tormenta para otros usos urbanos en una zona de estudio de ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Sorgato, V. (11 de Junio de 2016). *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/ciudades-ecuador-polucion-enfermedades-contaminacion.html>
- Toranzos, M. (08 de 04 de 2019). *Expreso*. Obtenido de <https://www.expreso.ec/actualidad/obras-inundaciones-infraestructuras-guayas-BX2743641>
- UNDRR. (2020). *Proyecto DesInventar Sendai*. Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres.

- Villón, J. A. (31 de Marzo de 2017). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2017/03/31/nota/6117427/103-personas-albergues-milagro-desbordamiento-rios>
- Williams, R. (2017). Geological Applications, in Manual of Remote Sensing. *Water Resources Bulletin*, 2, 1040-1049.
- Yang, X. (2020). *Sistema de Drenaje Urbano Sostenible*. Alcalá: Universidad de Alcalá.
- Zurich. (2019). *Tres tipos comunes de inundaciones*. Obtenido de <https://www.zurich.com.mx/es-mx/blog/articulos/2019/04/tres-tipos-comunes-de-inundacion>

ANEXOS

ANEXO 1.- Especificaciones técnicas de tubería Novafort Plus

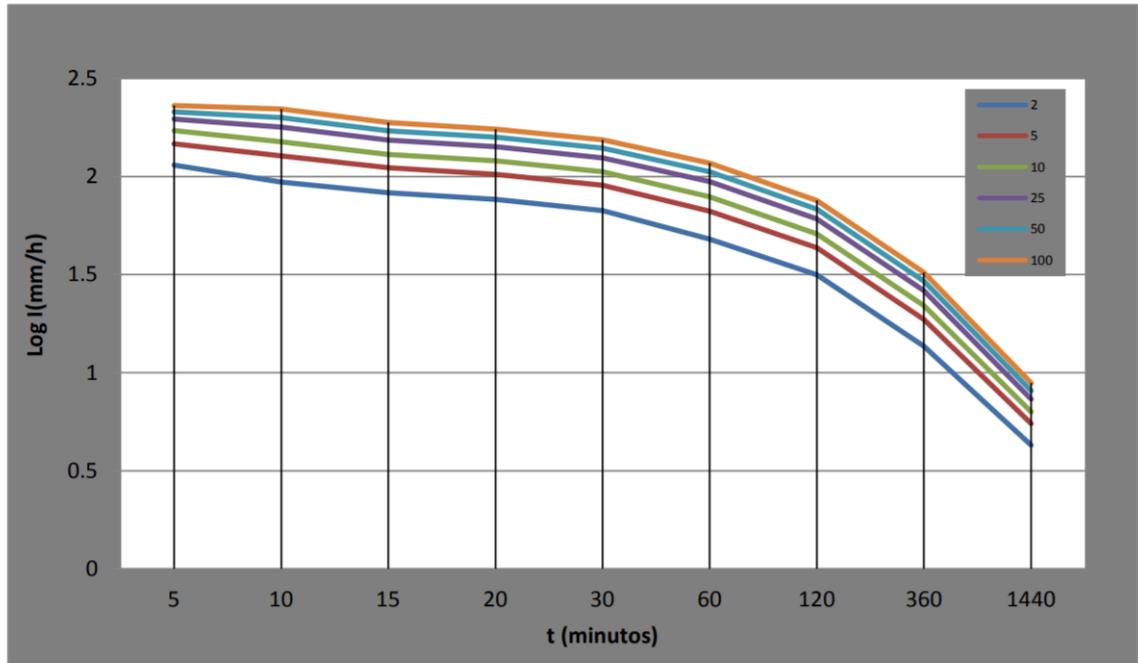
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TUBERÍAS DE PVC PARED ESTRUCTURADA NOVAFORT PLUS						
Diámetro Nominal	Diámetro Interior	Longitud Útil (NO incluye campana)	RIGIDEZ			
			Rigidez Anular ISO 9969 kPa (kN/m ²)		Rigidez del Tubo ASTM D-2412 lb/plg ² (kN/m ²)	
			INEN 2059			
mm	mm	m	Serie 5	*Serie 6	Serie 5	*Serie 6
125	110,00	6	-	8	-	57 (394)
175	160,00	6	4	-	29 (199)	-
220	200,00	6	4	-	29 (199)	-
280	250,00	6	4	-	29 (199)	-
335	300,00	6	4	-	29 (199)	-
400	364,00	6	4	-	29 (199)	-
440	400,00	6	4	-	29 (199)	-
540	500,00	6	4	-	29 (199)	-
650	600,00	6	4	-	29 (199)	-
760	700,00	6	4	-	29 (199)	-
875	800,00	6	4	-	29 (199)	-
* 975	900,00	6	4	-	29 (199)	-

* PRODUCTO DE FABRICACIÓN BAJO PEDIDO

Fuente: (PLASTIGAMA, 2018)

ANEXO 2.- Intensidad duración frecuencia estación M0037 Milagro

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE				
M0037	MILAGRO	5 <120	$i = 204.065 * T^{0.2064} * t^{-0.3730}$	0.9796	0.9595
		120 <1440	$i = 1777.308 * T^{0.2045} * t^{-0.8442}$	0.9976	0.9951



t (min)	Período de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	132.8	166.4	197.4	247.5	293.5	348.2
10	102.6	128.5	152.5	191.1	226.7	268.9
15	88.2	110.5	131.1	164.3	194.9	231.1
20	79.2	99.2	117.7	147.5	175.0	207.6
30	68.1	85.3	101.2	126.8	150.5	178.5
60	52.6	65.9	78.1	97.9	116.2	137.8
120	36.0	43.4	50.0	60.3	69.5	80.1
360	14.2	17.2	19.8	23.9	27.5	31.7
1440	4.4	5.3	6.1	7.4	8.5	9.8

INTENSIDAD MAXIMA (mm/h)

Fuente: (INAMHI, 2015)