

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Hidráulica



TÍTULO:

“EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA”.

TESIS:

PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO HIDRÁULICO.

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA.

ASESOR:

ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ

Cajamarca – Perú

DEDICATORIA.

Dedico este proyecto:

A Dios, por guiar mi camino en la conclusión de esta tesis y permitirme estar junto a las personas que amo.

De manera muy especial a mis padres, Wilson y Paula, que con su apoyo incondicional transmitieron la confianza que requería en la realización de la tesis.

A mis hermanos, Cintia por siempre estar a mi lado y Manuel que desde el cielo me da la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mi esposa Sandra y mi ángel Nicolás, mi familia, mi inspiración que siempre me acompañan en todo momento.

AGRADECIMIENTO.

Doy gracias a mi alma Mater, la Universidad Nacional de Cajamarca, que me acogió en sus aulas en todos esos años de experiencia y convivencia, así como los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi asesor de Tesis, el Ing. Luis Vásquez Ramírez por haberme orientado con su capacidad y conocimiento científico en la elaboración y desarrollo de este proyecto.

A las personas que de una u otra manera influyeron en la realización de este proyecto, mis familiares y amigos gracias por su apoyo.

INDICE DE CONTENIDOS.

	Pág.
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE DE CONTENIDOS.	IV
INDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA	2
JUSTIFICACIÓN.....	2
ALCANCE	2
OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS	5
2.2.1. HIDROLOGÍA URBANA.....	5
2.2.2. HIDRÁULICA URBANA.....	26
2.2.3. DRENAJE URBANO.....	33
2.2.4. RIESGO E INUNDACIÓN.....	41
2.2.5. PARAMETROS Y PROPIEDADES DE LAS SUBCUENCAS.....	45
2.2.6. MODELO DE SIMULACIÓN SWMM.....	48
2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS.....	61
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
3.1. UBICACIÓN ESPACIAL.....	64
3.2. PROCEDIMIENTO.....	64
3.2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	64
3.2.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	71
3.3. RESULTADOS.....	85
3.3.8. ESTABILIDAD Y DESLIZAMIENTO.....	93

3.4. PROPUESTA PROFESIONAL PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA ZONA.	95
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	102
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	105
ANEXOS.....	106

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 01: Valores del coeficiente de escorrentía para diferentes usos del suelo	18
Tabla N° 02: Valores de Período de Retorno T (Años)	21
Tabla N° 03: Recomendación de Periodos de retorno para distintos tipos de infraestructura	22
Tabla N° 04: Uso De La Tierra Y Períodos De Retorno Función Complementaria	23
Tabla N° 05: Tipo de vía y período de retorno mínimo función complementaria	24
Tabla N° 06: Condiciones Máximas de Inundación para tormentas menores	36
Tabla N° 07: Condiciones Máximas de Inundación para tormentas mayores	36
Tabla N° 08: Tabla de Factor de corrección para distintas pendientes	39
Tabla N° 09: Coeficiente de Manning para escorrentía superficial	40
Tabla N° 10: Categorías de riesgo en función de la velocidad. Gómez y Russo, 2009	44
Tabla N° 11: Categorías de severidad en función del producto calado-velocidad	45
Tabla N° 12: Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión	47
Tabla N° 13: Coordenadas referidas al Datum Wgs84 Z. 17 Sur	64
Tabla N° 14: Intensidades Máximas en mm/hora para diferentes Periodos de Duración, de los datos obtenidos de la Estación Weberbauer para los años 1973 – 2015	75
Tabla N° 15: Análisis de Frecuencia	77
Tabla N° 16: Tiempos de Retorno vs. Intensidades Máximas para diferentes Periodos de Retorno	79
Tabla N° 17. Resultados del producto de calados – velocidades para un $Tr = 2$ años	93

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01: Ciclo Hidrológico del Agua	6
Figura N° 02: Esquema del Pluviómetro	8
Figura N° 03: Esquema del pluviógrafo de Hellmann – Fuess	9
Figura N° 04: Método de los bloques alternados	12
Figura N° 05: Cuenca Ideal	15
Figura N° 06: Representación del Caudal	15
Figura N° 07: Representación del Caudal a partir de $t > t_c$	15
Figura N° 08: Representación del Caudal. Caso $t_a > t_c$	16
Figura N° 09: Representación del Caudal. Caso $t_a = t_c$	16
Figura N° 10: Representación del Caudal. Caso $t_a < t_c$	17
Figura N° 11: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil	21
Figura N° 12: Típica zona residencial de alta densidad	23
Figura N° 13: Zona residencial bifamiliar	24
Figura N° 14: Características del balance Hídrico en una cuenca urbana (OECD, 1986)	28
Figura N° 15: Impacto debido a la urbanización (Schueler, 1987)	29
Figura N° 16: Cambios en los flujos hidrológicos por efectos de la impermeabilización	32
Figura N° 17: Esquema Ilustrativo De Un Sistema De Drenaje Urbano	35
Figura N° 18: Geometría transversal de la cuneta simple	38
Figura N° 19: Esquema del escurrimiento a cuneta llena	38
Figura N° 20: Cálculo del módulo RUNOFF de SWMM (en unidades americanas)	49
Figura N° 21: Levantamiento topográfico de la zona	65
Figura N° 22: Imagen satelital de la zona	65
Figura N° 23: Parámetros y características clasificadas de la zona	66
Figura N° 24: Histograma de evolución de la lluvia	74
Figura N° 25: Curva IDF para $T_r = 2, 5, 10, 25, 50$ y 100 años	80
Figura N° 26: Hietograma de lluvia de duración de 40 min	84
Figura N° 27: Sección transversal de los canales colectores propuestos	95

RESUMEN

En el sector sur de la ciudad de Cajamarca al producirse un evento pluvial, se presentan problemas de inundación y anegamientos en la zona, el objetivo de la investigación fue realizar un análisis del comportamiento de la zona frente a un evento pluvial mediante un software de simulación que nos permita determinar cuáles eran las circunstancias que conllevan a que se produzcan estos problemas de inundación y anegamientos; para esto se procedió a la recolección y procesamiento de información meteorológica, catastral, topográfica y satelital que requería el software de modelamiento de gestión de aguas pluviales o conocido por sus siglas en inglés SWMM, la simulación permitió analizar muchas variables como velocidad, tirantes, capacidad, caudales, etc., obteniendo resultados como que el 41.1% de conductos sobrepasa la velocidad máxima de seguridad, el 18.18% de conductos se sobrecargan, el 5.56% de los nodos poseen más de 200 m³ de volumen de inundación y un 8.33% entre 100 y 200 m³ llegando a la conclusión que existe un constante riesgo de inundación y anegamientos mientras no se controle la escorrentía superficial; sin haber existido un planeamiento de urbanización en la zona y con cambios de uso de suelo constantes, el problema ira incrementando, por lo que se realizó como aporte profesional un diseño para mitigar en gran porcentaje el riesgo de inundación y anegamientos durante eventos pluviales.

Palabras Claves: Pluvial, escorrentía, inundación, anegamiento, simulación, urbanización.

ABSTRACT

In the southern sector of the city of Cajamarca there are flooding and waterlogging problems in the area when a rain event occurs. The objective of the present investigation was to make an analysis of the behavior of the area in front of a rain event through simulation software, which allowed to determine what are the circumstances that lead to these flooding and flooding problems. To carry out the above, we proceeded to the collection and processing of meteorological, cadastral, topographic and satellite information required by the stormwater management model, known as SWMM for its acronym in English. The simulation allowed to analyze a large number of variables such as speed, braces, capacity, flow rates, among others, obtaining results such as 41.1% of conduits exceeds the maximum safety speed, 18.18% of conduits are overloaded, 5.56% of the nodes have more than 200 m³ of flood volume and 8.33% between 100 and 200 m³. It was concluded that there is a constant risk of flooding and water logging as long as surface runoff is not controlled. In addition, it was determined that the problem will increase, since there is no urbanization planning in the area and there are changes in the use of constant ground. That is why a design was made to mitigate the risk of flooding and waterlogging during rain events as a professional contribution.

Keywords: Rainfall, runoff, flood, flooding, simulation, urbanization.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cajamarca como toda ciudad viene expandiéndose urbanísticamente cada año, aunque la falta de planificación en este proceso está permitiendo un desorden de infraestructura que se ve reflejado al momento que la escorrentía superficial intenta conducirse a través de la ciudad de manera descontrolada provocando inundaciones y anegamientos.

En la zona de estudio se ha venido desnaturalizando el drenaje natural, principalmente impermeabilizando los suelos y generando mayor escorrentía superficial, para controlar esta escorrentía proveniente de las precipitaciones se ha implementado infraestructura de urgencia e improvisada a lo largo de la zona sin previo estudio queriendo intentar conducirla de manera controlada sin éxito alguno.

La investigación se enfocara en analizar la zona para determinar primero los requerimientos mínimos que se debieron establecer para mantener la zona segura, luego analizaremos la infraestructura destinada a la evacuación de la escorrentía superficial que se encuentra en la zona y clasificar su funcionalidad de acuerdo a los parámetros que debe cumplir, finalmente de encontrarse deficiencia en alguno de los aspectos recomendar algunas soluciones posibles para intentar mitigar los riesgos a los que se pueda encontrar vulnerable la zona.

La investigación será guiada mediante el modelamiento computarizado, el análisis estará enfocado al cumplimiento de las normas y parámetros que investigaciones han establecido con un enfoque de escorrentía superficial en el ámbito urbano.

Se espera que este proyecto tenga como inicio la iniciativa para establecer proyectos preventivos en las distintas localidades y ciudades de las distintas partes de la región que se encuentran en urbanización y no tener que esperar la urbanización avanzada para comenzar a implementar infraestructura improvisada que no cumpla su función y se tenga que buscar varias soluciones conforme avance el tiempo y los riesgos aumenten.

PROBLEMA

Por tanto, con el presente estudio de investigación se pretende identificar las circunstancias que permite que exista inundaciones y anegamientos generados por la escorrentía durante eventos pluviales; esta identificación permitirá realizar un análisis para la toma de decisiones y medidas de prevención y solución para enfrentar estos riesgos.

Con base en esto se puede generar la siguiente pregunta:

¿Existe riesgo de inundación y anegamiento en el sector sur de la ciudad de Cajamarca cuando ocurren eventos pluviales al no controlar la escorrentía superficial generada?

JUSTIFICACIÓN

La investigación enfoca su línea en la rama del drenaje urbano como un tema de evaluación, mostrando un procedimiento y los estudios necesarios para realizar un análisis mediante una herramienta de simulación que puede mostrarnos el comportamiento de la escorrentía superficial sobre una zona de acuerdo con sus características y componentes que existan; esta investigación también utiliza procedimientos que pueden ser utilizados en la planificación de zonas urbanas que requieran drenajes.

ALCANCE

Se desarrollara una metodología capaz de evaluar zonas urbanizadas o previas a ser urbanizadas y analizar su comportamiento frente a eventos pluviales mediante la simulación, esto permitirá planificar anticipadamente o solucionar los problemas en las zonas con riesgo a inundarse o anegarse; y de manera puntual la investigación permitirá tomar soluciones frente a la falta de control de la escorrentía superficial en el sector sur de la ciudad de Cajamarca ya que la simulación nos permite conocer el comportamiento de todas las variables que inciden en una posible inundación o anegamiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Identificar y analizar las variables y circunstancias que conllevan que la escorrentía generada durante un evento pluvial permita problemas de inundación y anegamiento en la zona de estudio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información meteorológica, cartográfica, satelital y topográfica para la zona.
- Establecer los parámetros geométricos y las propiedades de cada subcuenca en la zona.
- Simular la zona frente a eventos pluviales mediante el software SWMM estableciendo los parámetros de frontera.
- Analizar variables como caudales, velocidades, capacidades y puntos de inundación resultantes de la simulación, evaluarlos y establecerlos mediante mapas de riesgo.
- Realizar un aporte profesional que intente mitigar en lo mayor posible el riesgo de inundación que exista en la zona.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

A continuación, se presenta el capítulo II, marco teórico, donde se presenta los antecedentes que existen sobre la investigación, bases teóricas que fundamentan la investigación y la definición de términos básicos describiendo cada término. Continúa el capítulo III, materiales y métodos, donde se describe todo el procedimiento y tratamiento que se siguió para alcanzar los objetivos, luego sigue el capítulo IV, análisis y discusión de resultados, donde básicamente se describen, explican y discuten los resultados encontrados, finalmente el capítulo V, conclusiones y recomendaciones, refiriéndose al logro de objetivos y aspectos necesarios para seguir ampliando sobre la investigación.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Existen informes e investigaciones sobre el tema de inundación en la ciudad de Cajamarca, de modo informativos, preventivos y correctivos, siendo alguno de estos:

- Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI – 2005, realizó su estudio denominado “Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca”, el cual tiene por objetivo diseñar una propuesta de mitigación con el fin de orientar las políticas y acciones de la Municipalidad Provincial de Cajamarca vinculadas al desarrollo urbano de la ciudad, teniendo en cuenta criterios de seguridad física ante peligros naturales y antrópicos e identificando sectores críticos mediante la estimación de los niveles de riesgo, algunas conclusiones que se derivan del estudio son:
 - La ciudad de Cajamarca se encuentra amenazada por fenómenos de origen climático, conformados por períodos lluvias extraordinarias entre los meses de noviembre a marzo.
 - Ausencia de un adecuado sistema integral de drenaje pluvial y apropiadas instalaciones de drenaje en las edificaciones;
 - La sobrecarga pluvial propicia inundaciones en zonas topográficamente deprimidas y erosiones en los cursos de agua por el incremento de la velocidad de escorrentía.
 - Crecimiento urbano desorganizado y tendencia de expansión multidireccional como producto de la falta de control urbano.
- Plataforma provincial de defensa civil de Cajamarca, MPC – 2015, realizó el documento denominado “Plan provincial de contingencia periodo de lluvias 2015 – 2016 y posible ocurrencia del fenómeno del niño”, teniendo como objetivo general que la población e infraestructura este preparada, protegida y responda adecuadamente ante la temporada de lluvias, asegurando y garantizando el uso oportuno de los recursos y ejecutar acciones de preparación y respuesta, dejando en contexto que la ciudad de Cajamarca al año 2015 no a logrado mitigar los riesgos de inundación que existen en la ciudad profundizando en que las causas no han sido tratadas.
- Yañez E. – 2014, realizó la tesis denominada “Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”, teniendo por objetivo analizar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en las avenidas mencionadas localizadas en la ciudad de Cajamarca, esto debido a los problemas que se suscitan al presentarse un evento pluvial como inundaciones y anegamientos, durante el procedimiento se auxilió del software de

modelamiento SWMM, dejando conclusiones como que el sistema que existe en la zona para el transporte de la escorrentía superficial funciona de manera ineficiente y a esto sumado un inexistente operación y mantenimiento del sistema dan como resultado las inundaciones y anegamientos en la zona, el software utilizado se hizo una herramienta útil al momento de diseñar y evaluar sistemas de drenaje urbano.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. HIDROLOGÍA URBANA.

El estudio hidrológico de cuencas urbanas presenta una serie de particularidades derivadas del hecho urbano. En primer lugar, las dimensiones de las cuencas son mucho más pequeñas que las correspondientes a los ríos. Mientras que, en el estudio hidrológico habitual de un río, la unidad de medida de la cuenca suele ser el Km², con superficies totales de decenas, cientos o incluso miles de kilómetros cuadrados, en zona urbana la unidad de medida es la Hectárea, o sea 100 veces menos que 1 Km².

Este trabajo a escala reducida hace que todos los demás elementos del estudio queden afectados por un factor de escala. No encontraremos caudales de miles o cientos de metros cúbicos por segundo sino del orden de pocos metros cúbicos por segundo en general. Pero el hecho más significativo es la reducción de la escala de tiempo en todos los procesos hidrológicos en medio urbano. Los tiempos de concentración se medirán en minutos (no en horas ni días) y por esta razón, la cuenca urbana será sensible a efectos de lluvias muy intensas y que duren pocos minutos. Un suceso de lluvia muy intensa y de duración 15 minutos, que actúe sobre una pequeña superficie (pocas Hectáreas) tendrá una repercusión indudable en el caudal punta a la salida de la cuenca, pero si la superficie total de la misma es de decenas o cientos de Km², esa influencia quedará muy limitada, al difuminarse entre los efectos globales de una gran cuenca. Otra consecuencia de este hecho es que en los estudios de hidrología urbana el intervalo de tiempo en que debemos disponer de información de lluvia es mucho más pequeño que el habitual en los estudios hidrológicos de cauces naturales. Los intervalos de tiempo de media hora o una hora, habituales en el estudio hidrológico de una cuenca fluvial no son admisibles en general en zona urbana. Deberemos operar con pasos de tiempo de 5 a 10 minutos, como norma general, o incluso menores según el tamaño de la cuenca. Esto supone una información muy detallada de la evolución de la lluvia en el tiempo.

a. Ciclo Hidrológico.

El ciclo hidrológico es el fenómeno global de circulación cerrada del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, impulsado básicamente por la energía solar asociada a la gravedad y rotación terrestre. La superficie terrestre incluye los continentes y los océanos, participando en el ciclo hidrológico la capa porosa que recubre los continentes (suelos, rocas) y reservorios formado por océanos.

El ciclo hidrológico se identifica a través de flujos de agua como se muestra en la figura:



Figura N° 01: Ciclo Hidrológico del Agua.

El ciclo hidrológico es accionado por la energía solar. Este ciclo retira agua de los océanos a través de la evapotranspiración de los océanos y de la superficie terrestre. La energía del sol que actúa sobre el sistema terrestre utiliza el 36% de toda la energía que llega a la tierra y es utilizada para la evaporación de la tierra y de los océanos. El agua evaporada hacia la atmósfera queda en promedio diez días en la atmósfera. El flujo sobre la superficie terrestre es positivo, es decir la precipitación es mayor que la evapotranspiración, resultando los caudales de los ríos. En los océanos el flujo es negativo, ya que ocurre mayor evaporación sobre las superficies líquidas que la precipitación.

Las alteraciones producidas por el hombre sobre el ecosistema pueden alterar parte del ciclo hidrológico en cuanto a la cantidad y la calidad de 1 agua. A nivel global, las emisiones de gases hacia la atmósfera producen aumento en el efecto invernadero, alterando las condiciones de las emisiones de la radiación térmica, contaminación aérea, etc. A nivel local, las obras hidráulicas actúan sobre los ríos, lagos y océanos; la deforestación actúa sobre el comportamiento de la

cuenca hidrográfica; la urbanización también produce alteraciones localizadas en los procesos del ciclo hidrológico terrestre, contaminación de las aguas, etc.

b. Precipitación, lluvia y su medición.

La precipitación es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo. (También rocío y escarcha que en algunas regiones constituyen una parte pequeña pero apreciable de la precipitación total) (Sánchez J, 2008).

La lluvia que será el tipo de precipitación que acogeremos en la investigación, es un fenómeno atmosférico de tipo hidrometeorológico que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes, según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre no sería lluvia, sino virga, y, si el diámetro es menor, sería llovizna.

- **Tipos de Lluvia:** Para la hidrología existen 3 tipos.

i) Las lluvias convectivas.

Son precipitaciones formadas por la ascensión de las masas de aire caliente de la superficie, cargado de vapor de agua. Al subir el aire, sufre enfriamiento, provocando la condensación del vapor del agua actual y, por consiguiente, la precipitación. Son características de este tipo de precipitación, la corta duración, alta intensidad, frecuentes descargas eléctricas y comprendidas en pequeñas áreas.

ii) Las lluvias orográficas.

Son normalmente provocadas por el desplazamiento de las capas de aire húmedo hacia arriba debido a la existencia de la elevación natural del terreno por grandes extensiones. Se caracterizan por su gran duración y baja intensidad, afectan grandes áreas por varias horas continuas y sin descargas eléctricas.

iii) Las lluvias frontales.

Se originan por el desplazamiento de frentes fríos o calientes contra frentes contrarios térmicamente, son más fuertes que las orográficas incluyendo, sin embargo, grandes áreas, precipitaciones intermitentes con breves intervalos de estiaje y con presencia de violentas descargas eléctricas.

- **Medición de Lluvia:** Dos aparatos son comúnmente empleados en las mediciones.

i) Pluviómetro.

El pluviómetro es el más utilizado debido a la simplicidad de sus instalaciones y operación. En el pluviómetro se lee la altura total de agua precipitada; es decir, la lámina acumulada durante la precipitación. Sus registros están dados en milímetros por día o en milímetros por lluvia, con anotación de esta dependiendo de la capacidad y del criterio del operador.

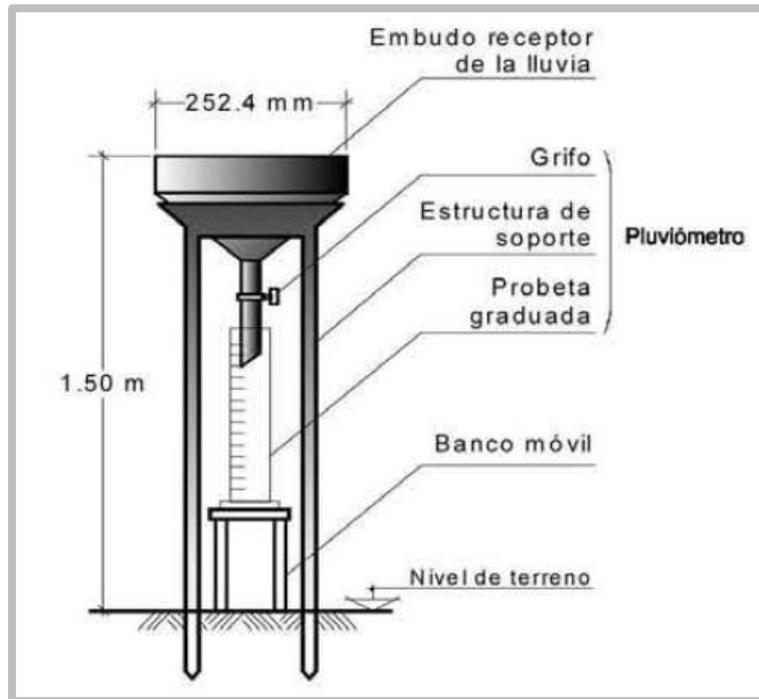


Figura N° 02: Esquema del Pluviómetro.

ii) Pluviógrafo.

El pluviógrafo es el más común en las estaciones meteorológicas propiamente dichas y registra la intensidad de precipitación, es decir, la variación de la altura de lluvia con el tiempo. Este aparato registra en una cinta o banda de papel en modelo apropiado, simultáneamente, la cantidad y la duración de la precipitación. Su operación, es más compleja y el propio costo de adquisición del aparato, tornan su uso limitado, aunque sus resultados sean más importantes hidrológicamente.

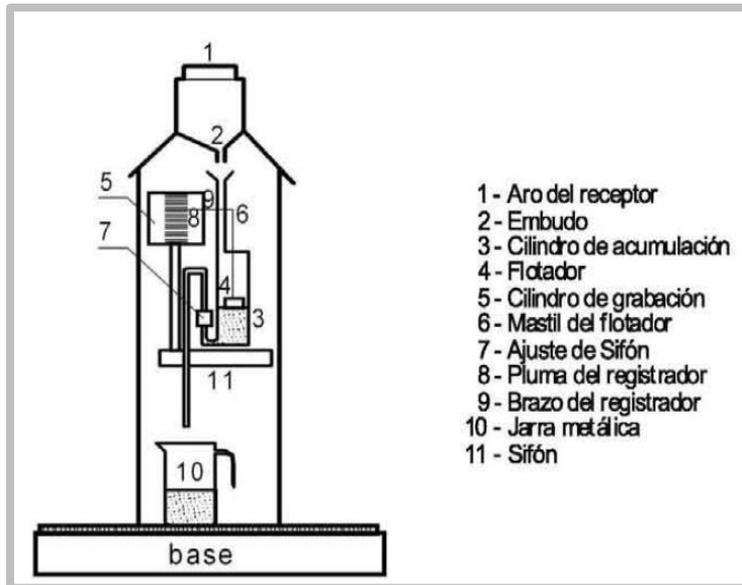


Figura N° 03. Esquema del pluviógrafo de Hellmann – Fuess.

c. Escorrentía.

Usualmente cuando la tasa de la precipitación o de la fusión nival excede la tasa de infiltración superficial, el exceso de agua comienza a acumularse temporalmente en pequeñas depresiones de la superficie del suelo o simplemente escurre convirtiéndose en escorrentía superficial.

El total de la precipitación puede considerarse constituida de dos componentes: una de “exceso de lluvia” o “precipitación efectiva” y otra de “pérdidas”. La primera es la que contribuye directamente a formar la escorrentía superficial, mientras que la segunda, es la precipitación remanente como evaporación, evapotranspiración, intercepción por vegetación o por el suelo e infiltración que en un principio no aporta a la escorrentía superficial. El proceso así descrito incluye otros componentes como escorrentía subsuperficial y el flujo subterráneo.

La escorrentía superficial está formada en un primer momento por el flujo en forma de lámina sobre la superficie del suelo. Si la cuenca receptora tiene pendiente este flujo fluye por gravedad hacia cursos de agua o canales de drenaje en principio pequeños, los cuales se van agrupando en cauces de orden superior formando luego los tributarios principales de los grandes ríos.

Cuando la cuenca carece de pendiente, como es el caso de buena parte de las llanuras (pocos centímetros por kilómetro), no existe un sistema de drenaje jerarquizado pues predomina el escurrimiento en forma laminar. En estas circunstancias son predominantes los movimientos verticales (infiltración – percolación – movimiento del flujo subterráneo y evapotranspiración) limitados por la presencia de lagunas naturales u obras de infraestructura como terraplenes, canales y colectores.

En cuencas con pendiente y sistemas de drenaje definidos la escorrentía forma el caudal total que fluye a la salida de la cuenca. Este caudal total se divide, por razones prácticas, en dos: escorrentía directa y flujo base. La primera es aquella parte de la escorrentía que llega rápidamente al sistema de canales de drenaje después de una lluvia, formando la creciente; mientras que la segunda es aquella componente proveniente del afloramiento de aguas subterráneas y el flujo subsuperficial.

d. Análisis de Tormentas.

El análisis de tormentas está íntimamente relacionado con los cálculos, estudios previos al diseño de obras de ingeniería hidráulica y de conservación de suelos. En efecto, las dimensiones de estas obras dependen principalmente de la magnitud que tengan las tormentas y de la frecuencia con que ellas se presentan en el lugar para el cual se está diseñando. Por lo tanto interesa conocer su magnitud o sea su intensidad por unidad de tiempo para una duración determinada, y la frecuencia con que se presentará una tormenta de determinada magnitud, La frecuencia que se seleccione estará en relación directa con los años de vida probable de la obra y su importancia, ya que diseñar para una tormenta de máxima intensidad que se presente en un período de tiempo muy largo implicaría incurrir en inversiones que no compensen los riesgos que se pretende cubrir. El aspecto más importante en el análisis de tormentas, desde el punto de vista de obras de conservación (canales de desviación o drenaje superficial, alcantarillas, etc.), es la determinación de las curvas Intensidad Frecuencia-Duración, que proveen la base para la determinación de gastos máximos.

- **Análisis del Pluviograma**

El análisis del pluviograma es el procedimiento más básico en el comienzo del análisis de tormentas, consta de tabular los datos desde las bandas pluviográficas a cuadros debidamente ordenados, luego confeccionar un histograma a partir del cuadro anterior que permitirá percibir la evolución de la lluvia en función del tiempo, finalmente calcular la intensidad máxima para periodos de duración diferente.

- **Análisis de Frecuencia**

El análisis de frecuencia es una herramienta utilizada para, predecir el comportamiento futuro de precipitaciones, intensidades o caudales máximos en un sitio de interés, a partir de la información histórica de precipitaciones, intensidades o caudales máximos. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud del caudal asociado a un período de retorno. Su confiabilidad depende de la longitud y calidad de la serie histórica, además de la incertidumbre propia de la distribución de probabilidades seleccionada. Cuando

se pretende realizar extrapolaciones, período de retorno mayor que la longitud de la serie disponible, el error relativo asociado a la distribución de probabilidades utilizada es más importante, mientras que en interpolaciones la incertidumbre está asociada principalmente a la calidad de los datos a modelar; en ambos casos la incertidumbre es alta dependiendo de la cantidad de datos disponibles.

- **Distribución de Eventos – Método Gumbel**

En teoría de probabilidad y estadística la distribución de Valores Tipo I conocida como distribución de Gumbel o Doble Exponencial (1891-1966) es utilizada para modelar la distribución del máximo (o el mínimo), por lo que se usa para calcular valores extremos. Por ejemplo, sería muy útil para representar la distribución del máximo nivel de un río a partir de los datos de niveles máximos durante 10 años. Es por esto que resulta muy útil para predecir terremotos, inundaciones o cualquier otro desastre natural que pueda ocurrir.

Está gobernada por las siguientes expresiones:

La posibilidad de No ocurrencia, de un evento cuya magnitud es X se expresa:

$$P = e^{-e^{-y}} \quad (01)$$

Siendo:

$$y = a (X - X_f) \quad (02)$$

$$X_f = \bar{x} - S_f \frac{\bar{Y}_n}{S_n} \quad (03)$$

$$a = \frac{S_n}{S_x} \quad (04)$$

donde:

- e = base de los logaritmos naturales.
- \bar{x} = promedio de los valores extremos observados.
- S_x = desviación estándar de los valores extremos observados.
- \bar{Y}_n = variable reducida, depende del número de años de registro, n.
- S_n = desviación estándar esperada, depende del número de registro, n.

Una vez encontrado el valor de P, puede calcularse el período de retorno empleando la expresión:

$$Tr = \frac{1}{1 - P} \quad (05)$$

Ya que $1 - P$ representa la posibilidad de que sí ocurra X.

- **Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia**

Las curvas IDF, son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno. Es decir, se trata de una representación gráfica de cómo de intensa es una precipitación en función de cuánto dura el episodio de lluvias y con qué probabilidad puede excederse ese episodio de lluvias.

- e. Hietograma.**

Un hietograma es un gráfico que expresa precipitación en función del tiempo. En ordenadas puede figurar la precipitación (mm), o bien la intensidad de precipitación (mm/h). A veces un hietograma se refiere a un día o a una tormenta concreta; en otras ocasiones el periodo de tiempo representado en el eje horizontal puede ser más amplio: meses o años.

Para su elaboración, si se trata de un hietograma mensual o anual, bastara con representar datos diarios. Si se trata de un hietograma de un día o de unas horas de duración, necesitamos una banda de pluviógrafo, leyendo la precipitación caída en los intervalos elegidos.

- **Método de Bloques Alternados.**

Se trata sin duda del más extendido de los métodos para obtener una lluvia de proyecto a partir de la curva IDF. El hietograma producido por medio de este procedimiento especifica la precipitación en un número n de intervalos de tiempo Δt , para una lluvia de duración total $T_d = n \Delta t$. Una vez seleccionado el periodo de retorno deseado, se toman los datos de intensidad de precipitación de la curva IDF para duraciones $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t \dots$, así como la precipitación total obtenida multiplicando las intensidades por las duraciones de lluvia. Se trata de estimar los intervalos más desfavorables de precipitación, de acuerdo con la Figura N° 013.

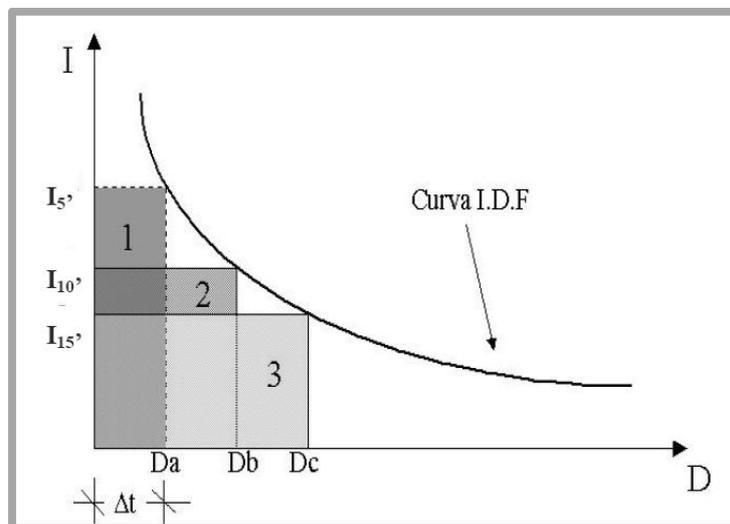


Figura N° 04: Método de los bloques alternados.

Estos bloques de lluvia se van distribuyendo de forma alternada, alrededor del bloque de lluvia de mayor intensidad, uno a cada lado, o bien se redistribuyen en el tiempo, dando al hietograma una forma acorde con el aspecto de las tormentas de la zona, siempre y cuando se disponga de información al respecto.

f. Lluvia de diseño.

Una lluvia de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia – escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta o un mapa de isoyetas.

Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación como en este caso, o de información regiones adyacentes, su aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar caudales picos en alcantarillados de aguas de lluvia, hasta el uso de hietogramas de tormenta como las entradas para el análisis de lluvia – escorrentía. (Ven te Chow, 1994)

Para evaluar la zona de estudio y los elementos de las obras de drenaje de una urbanización que tenga, se supondrá que sobre la cuenca se recibe una tormenta de diseño, de manera que para todas las tormentas iguales o menores a ella las obras serán evaluadas. Para tormentas mayores se aceptará que los elementos vean sobrepasadas sus capacidades de diseño, pero se verificará que no provoquen problemas graves.

Debemos tener en cuenta que:

- Para obras de conducción, que se deben dimensionar para conducir un gasto Q , la tormenta de diseño se selecciona a partir de las curvas IDF del lugar, con el período de retorno de diseño y una duración igual 1 hora si el área de la cuenca es menor a 50 ha. y el tiempo de concentración de la cuenca es menor a 1 hora. Si tanto el área de la cuenca o su tiempo de concentración es mayor al mencionado previamente, se debe usar tormentas de diseño de 24 horas de duración.
- Para obras de almacenamiento, o cuando no se tiene certeza sobre la estimación del tiempo de concentración, es conveniente seleccionar como tormenta de diseño, una de 24 horas de duración con intensidades obtenidas de la curva IDF para el período de retorno de diseño.

g. Relación Intensidad Duración y Frecuencia.

Uno de los primeros pasos que se debe seguir en muchos proyectos de diseño hidrológico, como esta evaluación, es la determinación del evento o los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para el sitio. En muchos casos existen curvas IDF estándares disponibles para el sitio, luego no es necesario llevar a cabo este análisis. Sin embargo, es conveniente entender el procedimiento utilizado para desarrollar estas relaciones. Usualmente los datos presentan en forma gráfica, con duración en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical, mostrando una serie de curvas, para cada uno de los periodos de retorno de diseño.

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h o pulg/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como

$$i = \frac{P}{T_d} \quad (06)$$

donde P es la profundidad de lluvia (mm o pulg.) y T_d es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del periodo de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño. (Ven te Chow, 1994).

h. Duración de la lluvia.

Para el estudio de la influencia de la duración de la lluvia en la forma del hidrograma se recurre a un ejemplo hipotético en el cual se idealiza una cuenca como un canal de anchura unidad y longitud infinita. El aguacero es de intensidad uniforme I y de duración t_a . Se supone que la velocidad del agua en el canal es v m/s constante e independiente del tiempo. El canal se divide en tramos de v metros, de tal modo que el agua recorrerá un tramo en un segundo (tiempo unidad).

En el tiempo 1 segundo llega a la salida de la cuenca el caudal vI , que corresponde a la lluvia caída en el primer tramo. En el tiempo 2 segundos llegará la lluvia caída en los dos primeros tramos, es decir $2vI$. En general, en el tiempo t, llegará el caudal $q = vIt$

Por consiguiente, el hidrograma será una recta que pasa por el origen y de pendiente vI .

En la siguiente figura, se puede observar la forma del hidrograma para una lluvia de duración indefinida.

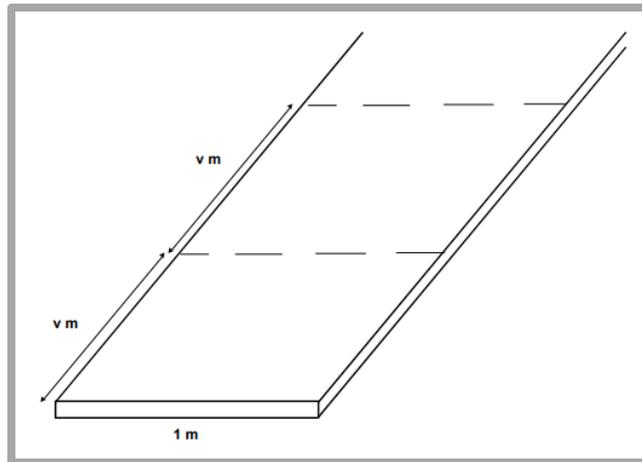


Figura N° 05: Cuenca Ideal.

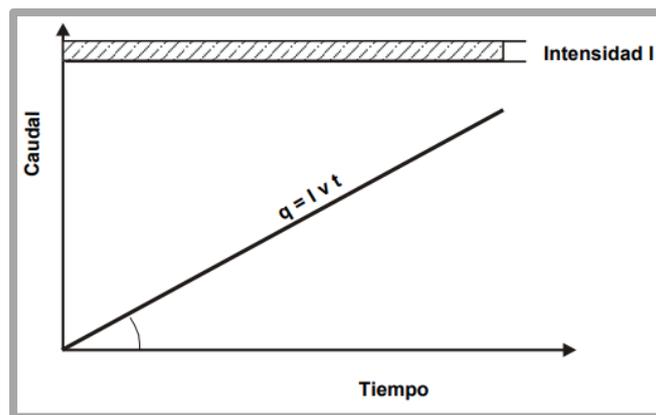


Figura N° 06: Representación del Caudal.

Si se supone que el canal tiene una longitud finita L , el caudal crece según una recta, pero a partir de un determinado tiempo $t_c = L/v$, el caudal que llega es el de la lluvia caída en todo el canal permaneciendo constante el valor de q , adoptando el hidrograma la forma que se representa en la Figura N° 06. A t_c se le denomina el tiempo de concentración y se pueden presentar los siguientes casos.

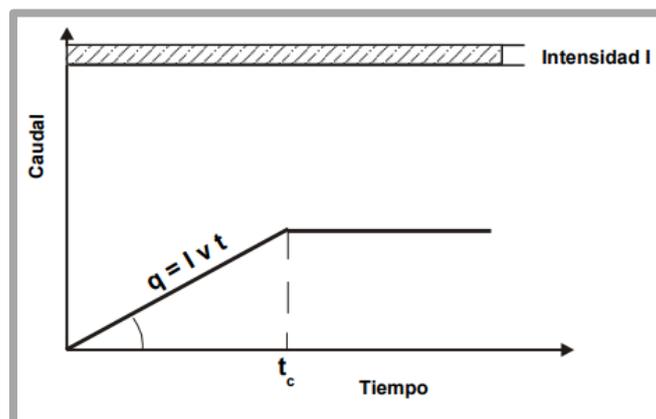


Figura N° 07: Representación del Caudal a partir de $t > t_c$

- **Caso en que la duración de la lluvia es mayor que el tiempo de concentración**

En este caso $t_a > t_c$, los caudales crecen al principio como una recta hasta que se alcanza un caudal máximo que se estabiliza (Figura N° 07). En el momento que cesa la lluvia el caudal comienza a decrecer, debido a que los tramos inferiores del canal dejan de aportar su parte correspondiente de escorrentía. Al ser la velocidad v del flujo independiente de q , la curva de decrecimiento es otra recta de pendiente $-v$. El tiempo base del hidrograma es $t_b = t_a + t_c$. El tramo horizontal, comprendido entre t_c y t_a recibe el nombre de meseta.

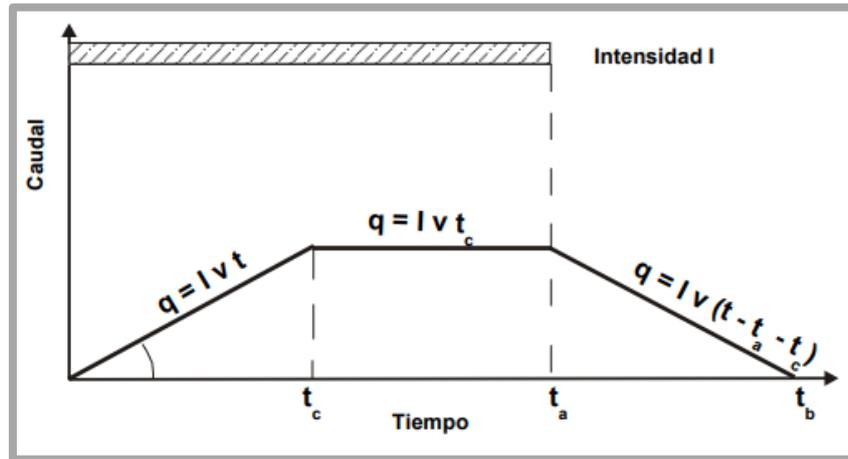


Figura N° 08: Representación del Caudal. Caso $t_a > t_c$

- **Caso en que la duración de la lluvia es igual que el tiempo de concentración**

En este caso $t_a = t_c$, la meseta queda reducida a un punto, ya que la longitud de esta es $t_a - t_c = 0$ (Figura N° 08).

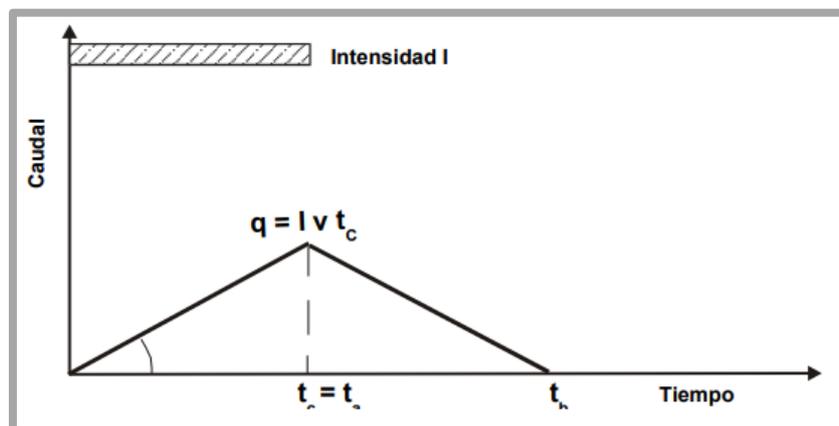


Figura N° 09: Representación del Caudal. Caso $t_a = t_c$.

- **Caso en que la duración de la lluvia es menor que el tiempo de concentración**

En este caso $t_a < t_c$, los caudales crecen al principio como una recta hasta que se alcanza un caudal máximo para el instante t_a en el que se estabiliza. En ese momento cesa la lluvia y los tramos inferiores del canal van dejando sucesivamente de aportar escorrentía, pero se van

sumando las escorrentías correspondientes a los tramos superiores que no habían tenido tiempo de llegar a la salida, estabilizándose el caudal hasta el tiempo de concentración, a partir de cuyo instante el caudal decrece.

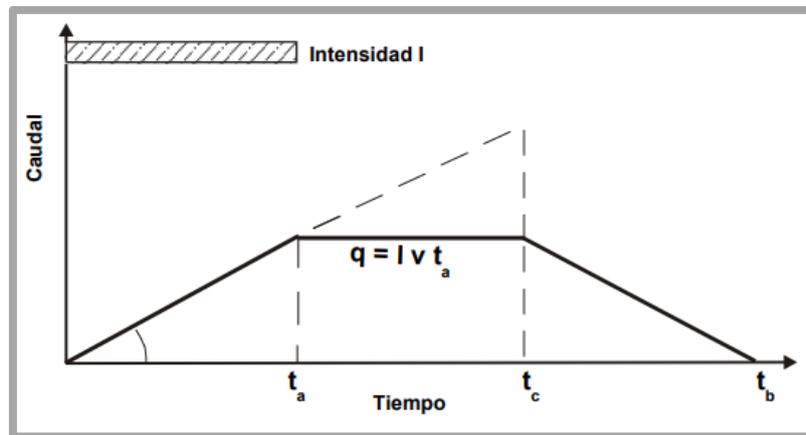


Figura N° 10: Representación del Caudal. Caso $t_a < t_c$.

i. Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía se define, esencialmente, como la relación entre el volumen de lluvia neta (o de escorrentía) y el de la lluvia total, y, por lo tanto, teóricamente varía en el rango de valores entre 0 y 1. De un modo particular en el método racional el coeficiente de escorrentía puede expresarse como la relación entre las intensidades medias de la lluvia efectiva y total, y también como el caudal máximo por unidad de área y por unidad de intensidad media de lluvia total. Aunque el método racional se denomina como tal a partir de considerar que puede llegarse a él de forma teórica, la utilización en el mismo de coeficientes de carácter experimental implica cierto grado de empirismo, ya que el usuario debe escoger los valores más acordes con la experiencia. De todos modos, en zonas urbanas con grados de impermeabilidad de la superficie muy elevados los coeficientes de escorrentía tienden a 1 y se mueven en intervalos relativamente pequeños, lo que facilita su elección.

Principalmente, el fenómeno físico que intenta reproducir el coeficiente de escorrentía es el proceso de pérdidas que actúa en diferentes vías (interceptación, almacenamiento en depresiones, infiltración, evapotranspiración, etc.), y que depende de las características del uso y tipo de suelo, de la topografía y de la propia tormenta. Como se ha indicado anteriormente, la aplicación de dicho coeficiente se produce de forma uniforme en toda la duración de la lluvia, lo que contradice lo observado experimentalmente, puesto que el índice de pérdidas disminuye al aumentar la duración de la lluvia. Por ello, otras funciones de pérdidas asignan un valor de pérdidas iniciales, o umbral de escorrentía, y una vez cubiertas éstas utilizan una función de

infiltración de carácter decreciente. El uso del coeficiente de escorrentía en el método racional supone considerar un índice promedio de pérdidas totales durante un tiempo equivalente al de concentración.

En la tabla N° 01 se muestra un intervalo de valores del coeficiente de escorrentía para determinados usos urbanos del suelo. A continuación, se analizarán las causas fundamentales por las que el coeficiente de escorrentía puede tomar diferentes valores para un mismo uso de suelo.

Tabla N° 01: Valores del coeficiente de escorrentía para diferentes usos del suelo.

Descripción del área	Rango de C	Valor ecomendado	ID
Centro Comercial	0.70 - 0.95	0.85	CE-CO
Periférico	0.50 - 0.70	0.60	PER
Residencial			
Casas Individuales	0.30 - 0.50	0.40	R-CI
Dptos. con Espacios	0.40 - 0.60	0.50	R-DCE
Dptos. Pegados	0.60 - 0.75	0.70	R-DP
Suburbano	0.25 - 0.40	0.35	R-SUB
Departamentos	0.50 - 0.70	0.60	R-DEP
Industrial			
Poco densa	0.50 - 0.80	0.65	I-PD
Muy densa	0.60 - 0.90	0.75	I-MD
Parques	0.10 - 0.25	0.20	I-PAR
Deportes	0.20 - 0.35	0.30	I-DEP
Baldíos	0.10 - 0.30	0.20	I-BAL
Carácter de la Superficie	Rango de C	Valor Recomendado	ID
Pavimento - Asfalto	0.70 - 0.95	0.85	PA-AS
Empedrado	0.75 - 0.85	0.80	EMP
Techos	0.75 - 0.95	0.85	TEC
Área Suelo Arenoso			
Llanas (0% - 2%)	0.05 - 0.10	0.08	ASA-L
Medianas (2% - 7%)	0.10 - 0.15	0.13	ASA-M
Inclinadas (Mayor 7%)	0.15 - 0.20	0.18	ASA-I
Área Suelo Pesado			
Llanas (0% - 2%)	0.13 - 0.17	0.15	ASP-L
Medianas (2% - 7%)	0.18 - 0.22	0.20	ASP-M
Inclinadas (Mayor 7%)	0.25 - 0.35	0.30	ASP-I

j. Tiempo de Concentración.

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

El tiempo de concentración de la cuenca es muy importante porque en los modelos lluvia-escorrentía, la duración de la lluvia se asume igual al tiempo de concentración de la cuenca, puesto que es para esta duración cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía, por lo cual se espera que se presenten los caudales máximos. Las diversas metodologías existentes para determinar el tiempo de concentración de una cuenca a partir de sus parámetros morfométricos fueron determinadas a partir de ajustes empíricos de registros hidrológicos.

Debido a las diferentes formas como fueron concebidas estas expresiones, la variabilidad de los resultados entre una y otra puede ser bastante alta, razón por la cual el criterio del analista juega un papel fundamental en la definición del tiempo de concentración de una determinada cuenca.

A continuación, se presentan algunas expresiones usadas comúnmente:

- Kirpich (1940): $t_c = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$
- California Culverts Practica (1942): $t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$
- Federal Aviation Administration (1970): $t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$

k. Periodo de Retorno.

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento

de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

Probabilidad de no ocurrencia. La fórmula que liga las probabilidades de no ocurrencia en un año cualquiera p con los períodos de retorno T_R es:

$$p = 1 - \frac{1}{T_R} \quad (07)$$

Asimismo, la probabilidad de ocurrencia J de un evento cualquiera en un período de retorno de n años viene dada por la ecuación:

$$J = 1 - p^n \quad (08)$$

O en función del período de retorno:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n \quad (09)$$

y finalmente, la probabilidad de ocurrencia en un año cualquiera j estaría ligada a la ocurrencia para el mismo período, mediante la relación:

$$j = 1 - p = \frac{1}{T_R} \quad (10)$$

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n \quad (11)$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno T , fijando el riesgo de falla admisible R , el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra.

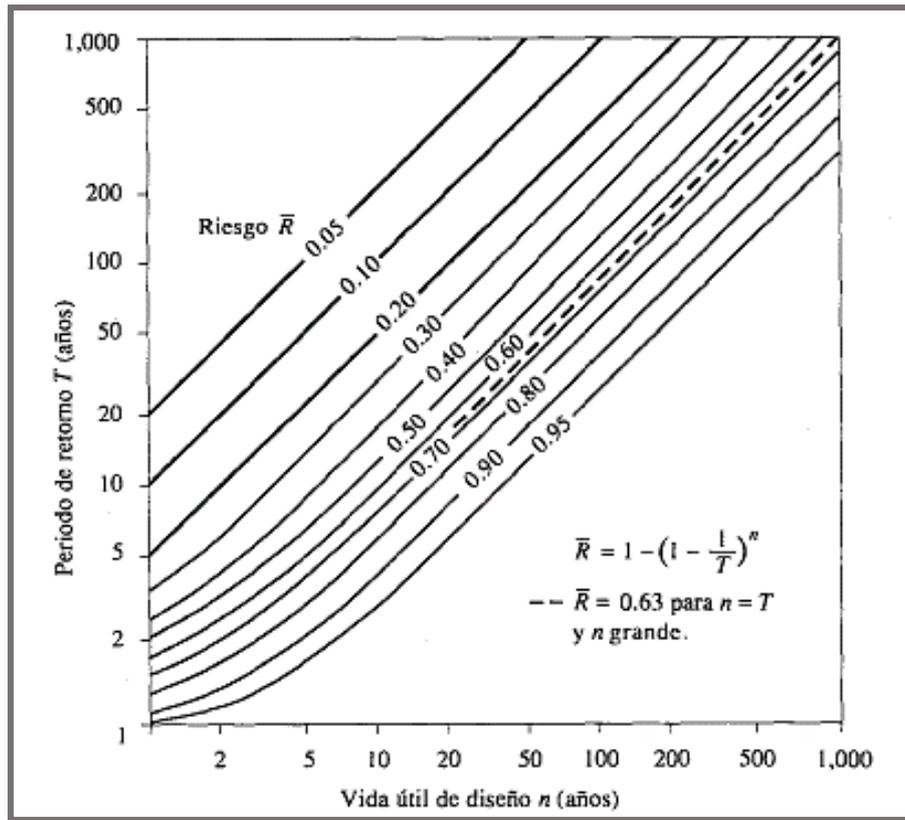


Figura N° 11: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.
 Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow).

La siguiente tabla presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

Tabla N° 02: Valores de Período de Retorno T (Años).

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
R										
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Tabla N° 03: Recomendación de Periodos de retorno para distintos tipos de infraestructura.

Tipo de estructura	Periodo de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 – 50 *

- Período de retorno para la función básica.** Los períodos de retorno seleccionados en diferentes países, para la función básica o situaciones similares, son sumamente variables, desde una protección absoluta (estimación del evento posible), hasta 50 y 25 años de frecuencia, dependiendo de la magnitud de la ciudad y de las obras.

En Estados Unidos, independiente de otros factores influyentes, se ha extendido la idea de concebir la función básica con una protección correspondiente a la frecuencia de 100 años. En Europa es variable y hay casos, como en la ciudad de Viena, donde se ha trabajado para 500 años.

- Período de retorno para la función complementaria.** Los conceptos analizados para la función básica son igualmente válidos para la complementaria: la única diferencia radica en que se puede aceptar un riesgo mayor en materia de garantizar el tránsito de personas y vehículos.

Es práctica común delimitar la periodicidad del gasto de proyecto de acuerdo al uso de la tierra. También se usa como criterio el tipo de vía terrestre, el cual es de importancia especial en las grandes ciudades, donde existe un intenso tránsito automotor, aún en las vías secundarias.

A continuación, se presenta una tabla donde se recomiendan los períodos de retorno en función del uso de la tierra, la cual incluye un solo período para cada uso y no unos límites como los

establecidos en las referencias indicadas, por considerar que ellas corresponden básicamente a los EE.UU., donde por su extensión, la diversidad de usos es mucho mayor que en Perú.

Esta tabla debe ser empleada con flexibilidad, pues su aplicación estricta en cuanto a usos puede llevar a una subdivisión excesiva de las áreas urbanas, y complicar innecesariamente la fijación de los Período de Retorno.

Tabla N° 04: Uso De La Tierra Y Períodos De Retorno Función Complementaria

TIPO DE USO	T _R (años)
a) ZONAS DE ACTIVIDAD COMERCIAL	10
b) ZONAS DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL	10
c) ZONAS DE EDIFICIOS PÚBLICOS	10
d) ZONAS RESIDENCIALES MULTIFAMILIARES DE ALTA DENSIDAD	5
e) ZONAS RESIDENCIALES UNIFAMILIARES Y MULTIFAMILIARES DE BAJA DENSIDAD	2
f) ZONAS RECREATIVAS DE ALTO VALOR E INTENSO USO POR EL PÚBLICO	2
g) OTRAS ÁREAS RECREATIVAS	1

(*) Se entiende por baja densidad a valores inferiores a 150 habitantes por hectárea bruta.



Figura N° 12: Típica zona residencial de alta densidad. Le corresponde 5 años de período de retorno.



Figura N° 13: Zona residencial bifamiliar, a la cual le corresponde un período de retorno de 2 años.

Por ello, cuando se menciona el tipo de uso, debe entenderse el dominante en el área. Cuando no exista uso predominante, se puede tomar conservadoramente el de mayor período de retorno. La siguiente tabla es un complemento de la anterior tabla.; es decir, una vez establecidos los períodos de retorno de acuerdo a esta última, debe comprobarse si dentro de las diferentes áreas existen vías terrestres a las que corresponden en Tabla N° 05, unos períodos de retorno mayores, y si éste fuese el caso, se utilizarían estos últimos para la vía en cuestión.

Tabla N° 05: Tipo de vía y período de retorno mínimo función complementaria

TIPO DE VÍA	T _R (años)
VIALIDAD ARTERIAL AUTOPISTAS URBANAS Y AVENIDAS QUE GARANTIZAN LA COMUNICACIÓN BÁSICA DE LA CIUDAD	10
VIALIDAD DISTRIBUIDORA VÍAS QUE DISTRIBUYEN EL TRÁFICO PROVENIENTE DE LA VIALIDAD ARTERIAL O QUE LO ALIMENTAN	5
VIALIDAD LOCAL AVENIDAS Y CALLES CUYA IMPORTANCIA NO TRASPASA LA ZONA SERVIDA	2
VIALIDAD ESPECIAL ACCESO A INSTALACIONES DE SEGURIDAD NACIONAL Y SERVICIOS PÚBLICOS VITALES	10

1. Límites de Inundación.

- **Función Básica.** Si se quieren evitar daños a las propiedades, no debe permitirse en principio que las aguas pasen sobre las aceras, lo cual limitaría la altura máxima en las calles y avenidas a 15 o 20 cm según el tipo de brocal.

Sin embargo, existe frecuentemente una diferencia positiva de cota entre las entradas de las edificaciones y la acera, lo cual permite una altura adicional, que deberá fijarse luego del análisis de cada caso en particular.

Asimismo, en áreas verdes, tales como parques, pueden admitirse, en muchos casos, alturas mayores a los 15 ó 20 cm, sin que ello cause problemas significativos. Al fijar esta altura máxima, se debe tener en cuenta que nunca debe ser mayor que la necesaria para que un vehículo de emergencia pueda transitar, lo que la sitúa en el orden de los 50 cm, en cualquier tipo de vía terrestre. En calles de mucha pendiente, la altura máxima puede estar limitada por la velocidad de las aguas que pueda aceptarse, sin poner en peligro la vida de personas o la seguridad de los vehículos. En este sentido, no deberían, en principio admitirse velocidades en exceso de 1 m/seg, cuando la altura de agua es superior a 10 cm.

- **Función Complementaria.** Sobre la problemática de fijar unas profundidades o anchos de inundación máximos que no molesten significativamente el tráfico de personas y vehículos, existen diversidad de criterios en muchos casos bastante rígidos, particularmente cuando se refieren al movimiento de personas. Debe tenerse en cuenta que ellos provienen de países de climas templados, donde las Lluvias son menos intensas, pero más permanentes que en climas tropicales. Para frecuencias tan altas como para un período de retorno de 2 años, la intensidad es generalmente tan fuerte, que durante su ocurrencia resulta difícil no solamente que las personas caminen a la intemperie, sino que los vehículos transiten por lo menos a cierta velocidad, pues el golpeteo de la lluvia, sobre el parabrisas dificulta la visibilidad.

De acuerdo con el análisis anterior, parece prudente aceptar un ancho máximo de inundación de 3 metros, que corresponde a la longitud transversal normal de un canal de circulación, y significa para una pendiente transversal de la calle de 2%, una altura máxima de 6 cm, que no crea inconvenientes significativos.

Para pendiente transversales menores de 2%, que es el caso de muchas calles de las antiguas zonas urbanizadas del país, lo recomendable sería no permitir alturas superiores a los 6 cm. La escogencia final depende en gran parte de los buenos juicios del proyectista, al analizar los tipos de vías terrestres, la intensidad del tránsito y las pendientes longitudinales y transversales.

2.2.2. HIDRÁULICA URBANA.

a. Proceso de Urbanización.

El crecimiento urbano en los países en desarrollo ha sido realizado de manera insustentable con deterioro de la calidad de vida y del medio ambiente. Este proceso es todavía más significativo en América Latina donde 77% de la población es urbana (47,2% a nivel mundial).

El crecimiento urbano ocurrido en países en desarrollo ha sido significativo desde la década de los 70. En los países desarrollados el crecimiento de la población se estacionó y tiende a disminuir ya que la tasa de natalidad es inferior a 2,1 hijos por matrimonio, manteniéndose así la población estable. La recuperación o el mantenimiento de la población actual ocurre solamente a través de la migración controlada. En los países en desarrollo el crecimiento es aún muy importante y la proyección de las Naciones Unidas es que la estabilización de la población ocurrirá solamente en el año 2150. La urbanización es un proceso que ocurre a nivel mundial con diferencias entre los continentes. En América Latina la urbanización ha sido alta con la transferencia de la población rural hacia las ciudades. Este proceso tiende a medio plazo estabilizar el crecimiento demográfico.

b. Conceptos de la Expansión Urbanística en las aguas pluviales.

La urbanización es uno de los procesos que afecta de manera más significativa a las condiciones naturales de una cuenca y a su ciclo hidrológico, reduciendo la intercepción natural y la evapotranspiración, impermeabilizando y compactando el suelo, modificando las vías naturales de drenaje y aumentando la contaminación de los recursos hídricos.

La concentración urbana en las ciudades, y sus años, han puesto en evidencia los efectos de la alteración significativa del medio ambiente y la hidrología natural. En las ciudades en las que la planificación hidráulica no se ha anticipado a estos problemas, las evidencias, hasta el punto de que provocan daños por inundaciones incluso para lluvias habituales. (Campus Iberus, Universidad de la Rioja)

Los efectos nocivos de la impermeabilización del suelo **son ya una evidencia contrastada**. En los últimos años se ha desarrollado la conciencia de la necesidad de revertir la situación y de gestionar el agua de lluvia. Conceptos y expresiones como "rain harvesting", "stormwater management" o "sustainable drainage systems" (SuDS) forman parte ya del vocabulario cotidiano de muchos de los profesionales del urbanismo y del mundo del agua. (iAgua Asociación para la defensa de la calidad del agua.)

c. Impactos de la Infraestructura Urbana.

Uno de los principales problemas relacionados con la infraestructura y la urbanización en los países en desarrollo, con especial destaque para América Latina es que, la urbanización es espontánea y el planeamiento urbano es realizado en la ciudad ocupada por población de renta media y alta. Sin haber un planeamiento del espacio, la ocupación ocurre sobre áreas de riesgo de inundaciones y de deslizamientos, con frecuentes muertes durante el período de lluvias.

Los problemas de urbanización ocurren por causa de uno o más factores a lo largo del tiempo y éstos se han incrementado en las últimas décadas. Algunos de los factores son:

- Las poblaciones que migran hacia las ciudades generalmente son de baja renta y no poseen capacidad de inversión y tienden a invadir áreas públicas o comprar áreas precarias sin infraestructura y de urbanización informal. Entre éstas se localizan las áreas de riesgo de inundación o deslizamiento.
- El déficit de empleo, de renta y de vivienda es alto.
- Legislaciones equivocadas de control del espacio urbano.
- Incapacidad del municipio de planificar y anticipar la urbanización y de invertir en planeamiento de espacios seguros y adecuados como base del desarrollo urbano.
- Crisis económicas en los países.
- El municipio apenas consigue controlar las áreas de medio y alto valor económico con reglamentación de uso del suelo, donde está la ciudad formal.

d. Impacto del desarrollo urbano en el ciclo hidrológico

El desarrollo urbano altera la cobertura vegetal provocando varios efectos que afectan los componentes del ciclo hidrológico natural. Con la impermeabilización del suelo a través de tejados, calles, veredas y patios, el agua que previamente era infiltrada pasa a escurrir por los conductos de desagüe aumentando el escurrimiento superficial. El volumen que escurría lentamente por la superficie del suelo y quedaba retenido por las plantas, con la urbanización, pasa a escurrir en los canales, exigiendo mayor capacidad de escurrimiento de las secciones.

A continuación, se presentada el efecto sobre las variables del ciclo hidrológico debido a la urbanización. El hidrograma típico de una cuenca natural es aquél resultante de la urbanización.

Con la urbanización son introducidas las siguientes alteraciones en el referido ciclo hidrológico:

- Reducción de la infiltración en el suelo.
- El volumen que deja de ser infiltrado queda en la superficie, aumentando el escurrimiento superficial. Además de esto, como fueron construidos conductos pluviales

para el escurrimiento superficial, acelerando y provocando una reducción del tiempo de desplazamiento. Los caudales máximos también aumentan sus picos en el tiempo.

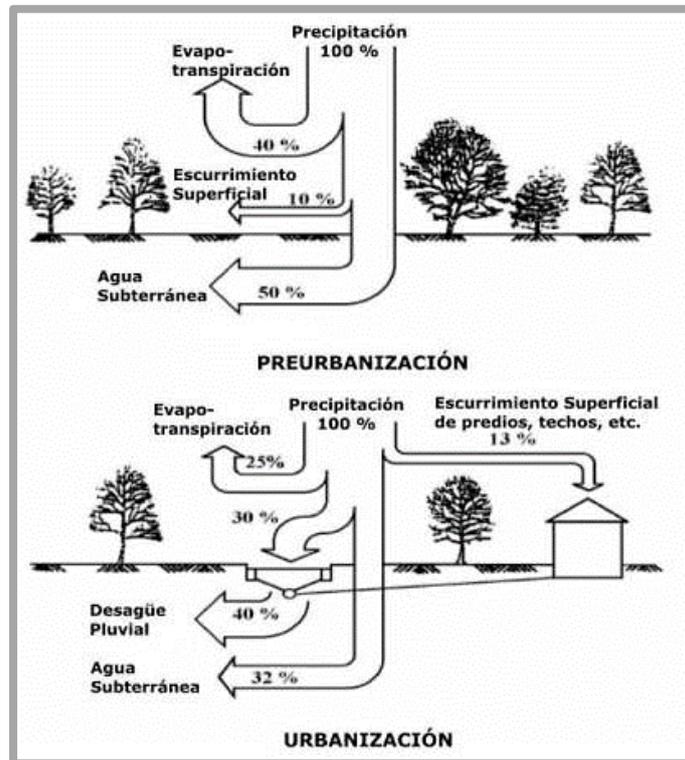
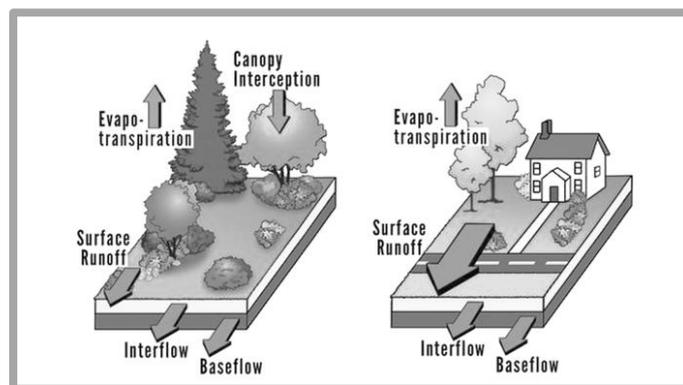
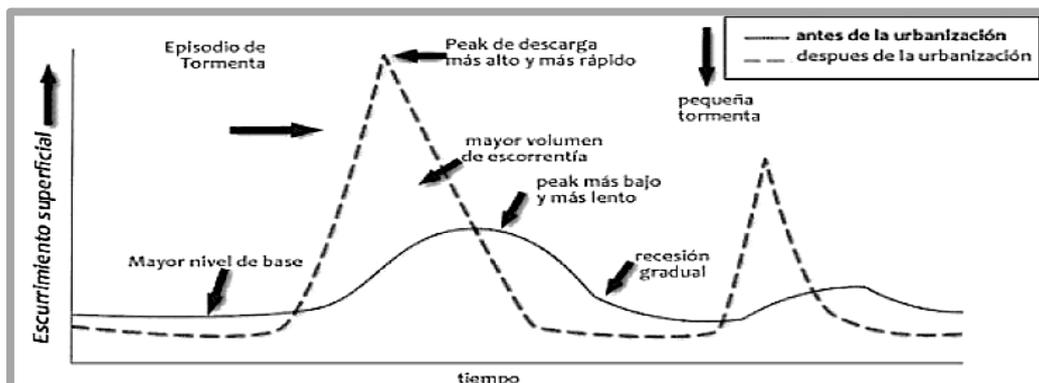


Figura N° 14: Características del balance Hídrico en una cuenca urbana (OECD, 1986)

a. Balance Hídrico.



b. Escurrimiento.



c. Respuesta de la geometría del curso ante el escurrimiento.

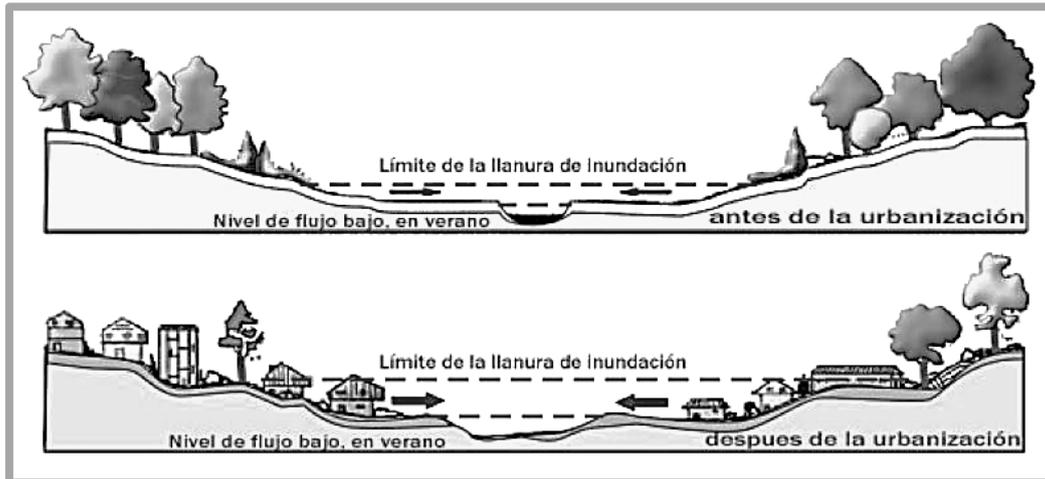


Figura N° 15: Impacto debido a la urbanización (Schueler, 1987)

- Con la reducción de la infiltración, el acuífero tiende a disminuir el nivel de la capa freática por falta de alimentación (principalmente cuando el área urbana es muy extensa), reduciendo así el escurrimiento subterráneo. Las redes de abastecimiento y cloacal poseen pérdidas que pueden alimentar el acuífero, teniendo un efecto inverso al mencionado
- Debido a la sustitución de la cobertura natural ocurre una reducción de la evapotranspiración, ya que la superficie urbana no retiene agua como lo hace cobertura vegetal y no permite la evapotranspiración de los follajes y del suelo. A pesar de esto, las superficies urbanas generadas por las ciudades sufren calentamiento y cuando ocurre precipitaciones de baja intensidad puede generar una mayor evaporación.

e. Planeamiento de la Infraestructura Urbana.

El planeamiento urbano es realizado para la ciudad formal y para la ciudad informal son apenas analizadas las tendencias de esta ocupación. Los principales problemas relacionados con la infraestructura de agua en el ambiente urbano son los siguientes:

- Falta de tratamiento de cloacas: gran parte de las ciudades de la región, no poseen tratamiento de cloacas y lanzan los efluentes en la red pluvial, que escurre por los ríos urbanos.
- Redes de escurrimiento sanitario (muchas veces sin tratamiento), sin la implementación de una red de drenaje urbano lo que lleva las ciudades a sufrir frecuentes inundaciones y aumento de la impermeabilización.
- Ocupación de las terrazas de inundación, con problema de frecuentes inundaciones.

- Impermeabilización y canalización de ríos urbanos con aumento del caudal de crecida (hasta siete veces) y de su frecuencia; aumento de la carga de residuos sólidos y disminución de la calidad del agua pluvial sobre los ríos próximos a las áreas urbanas.

Existe una visión limitada de lo que es la gestión integradora del suelo urbano y de su infraestructura. Gran parte de los problemas ya mencionados fueron generados por uno o más de los aspectos descritos a continuación:

- Falta de conocimiento: de la población y de los profesionales de distintas áreas que no poseen informaciones adecuadas sobre los problemas y sus causas. Esta falta de conocimiento de los tomadores de decisiones resulta en altos costos, debido que algunas empresas se aprovechan de esta situación para aumentar sus ganancias. Por ejemplo, el uso de canalización para drenaje es una práctica generalizada, aunque represente costos muy altos y tienda a aumentar los problemas que pretendía resolver. La propia población, cuando posee algún problema de inundación, solicita la ejecución de un canal para el control de ésta. Con el canal construido la inundación es transferida aguas abajo afectando otra parte de la población.
- Concepción inadecuada de los profesionales de ingeniería para el planeamiento y control de los sistemas: una parcela importante de los ingenieros que actúan en el medio urbano, están desactualizados con respecto a la visión ambiental y generalmente buscan soluciones estructurales, que alteran el ambiente, con exceso de áreas impermeables y consecuente aumento de temperatura, inundaciones, contaminación, entre otros.
- Visión sectorial del planeamiento urbano: el planeamiento y el desarrollo de áreas urbanas son realizados sin incorporar los aspectos relacionados con los distintos componentes de la infraestructura del agua. Una parte importante de los profesionales que actúan en esta área posee una visión sectorial limitada.
- Falta de capacidad gerencial: los municipios no poseen estructura para el planeamiento y gerenciamiento adecuado de los distintos aspectos del agua en el medio urbano.

f. Impermeabilización Urbana.

Las cuencas urbanas están caracterizadas por el aumento de la impermeabilización y reducción de la infiltración debido al revestimiento del suelo como consecuencia de la construcción de edificios, pavimentación de avenidas y otros, situaciones las cuales producen impacto sobre las condiciones de escurrimiento.

De acuerdo con Romero (2003), “las Áreas Totalmente Impermeables (ATI) que resultan de los usos del suelo y coberturas superficiales son incrementadas con la urbanización y tienen

relación directa con los coeficientes de escorrentía del total de agua caída sobre el área, que, al no poder infiltrar, escurre”.

Los impactos provocados por la impermeabilización que afectan las condiciones de escurrimiento son:

1. Reducción del promedio anual de evapotranspiración y consecuentes cambios en la cantidad de agua que circula en la cuenca, en el tiempo y volumen de las precipitaciones, en tiempos y tasas de carga y descarga.
2. Disminución del tiempo de retardo de la cuenca debido a que el agua circula por superficies menos rugosas adquiriendo mayor velocidad de escurrimiento.
3. La cuenca se torna más sensible ante tormentas intensas de corta duración.

De acuerdo con Tucci (1995), en el análisis del efecto de la impermeabilización sobre el escurrimiento se utilizan dos criterios básicos:

1. Métodos basados en simulación de dos escenarios con parámetros estimados.
2. Métodos que estiman parámetros de modelos estadísticos o modelos hidrológicos a través del ajuste de varias cuencas de diferentes grados de urbanización.

Según Paul & Meyer (2001), las coberturas naturales de bosques, matorrales u otro tipo de vegetación tiene propiedades tales que permiten la infiltración ideal del agua en los suelos.

De acuerdo con Ferrando, 2003 y Audofey 2003, «La disminución de la permeabilidad se asocia directamente a un aumento de la escorrentía¹⁶, tanto superficial como subterránea”, ya que la superficie de los suelos se compacta o se artificializa, lo que produce inundaciones, anegamientos y otros desastres urbanos, agrícolas o de otra índole, asociados a los procesos naturales».

Según Arnaold & Gibbons (1996), “la impermeabilización de los suelos provoca alteraciones en todo el ciclo hidrológico, y se puede observar cuantitativamente en la disminución de la evapotranspiración de un 40% hasta un 30% o de un aumento de la escorrentía desde un 10% en condiciones naturales, hasta un 55% en condiciones artificiales”.

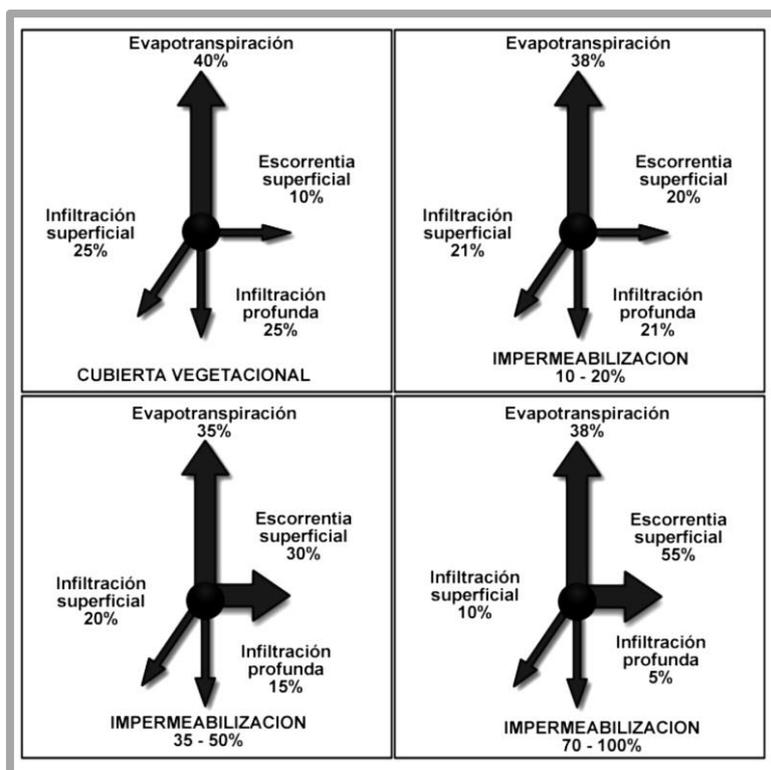


Figura N° 16: Cambios en los flujos hidrológicos por efectos de la impermeabilización.

Fuente: ARNOLD & GIBBONS, 1996 en ROMERO & VÁSQUEZ, 2005.

De acuerdo con Tucci et al, (2000), “uno de los principales desafíos para el proyectista es el de anticiparse y controlar los impactos antes que los mismos sean producidos. En una ciudad, los impactos de la urbanización sobre el drenaje pueden producir efectos para los cuales el costo de control sea tan alto que su control se torne casi inviable. Para anticiparse a este problema en las ciudades es necesario estimar el hidrograma para los futuros escenarios con base en indicaciones del desenvolvimiento urbano de modo que los controles puedan ser previstos, tanto en el propio planeamiento como en las áreas de amortiguamiento para la contención del aumento de las lluvias”.

2.2.3. DRENAJE URBANO.

a. Objetivos

Un sistema de drenaje urbano debe estar dirigido al logro de unos objetivos, es decir, los fines o intenciones hacia las cuales se dirigen acciones a llevar a cabo. Estos objetivos son dos: uno básico y otro complementario, tal cual se establece a continuación:

- **Básico.** Evitar al máximo posible los daños que las aguas de lluvias puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano.
- **Complementario.** Garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de precipitaciones.

b. Funciones básica y complementaria

La función básica de un sistema de drenaje se define como el conjunto de acciones preventivas y correctivas encaminadas al logro del objetivo básico de un sistema de drenaje. De igual forma, la función complementaria, es el conjunto de acciones preventivas y correctivas encaminadas a satisfacer el objetivo complementario de un sistema de drenajes. Lo anterior significa que las dos funciones conforman conjuntamente un sistema de drenaje urbano, pues permiten alcanzar los dos objetivos establecidos.

Asimismo, del análisis de las definiciones se desprende que pueden existir acciones comunes o acciones de una función que contribuyan a la otra. En el primer caso, estaría, por ejemplo, la prohibición del uso para cualquier fin de un área determinada, y en el segundo, la construcción de un sumidero con su correspondiente colector, pues al mismo tiempo que contribuye a retirar las aguas de las calles y al mantenimiento del tráfico de vehículos y personas, ayuda, por la misma razón, a evitar daños a estas y sus propiedades.

c. Grado de producción en Drenaje Urbano

Se define el grado de protección como el nivel aceptable de riesgo de ocurrencia de daños o molestias. En consecuencia, existirán básicamente dos grados de protección, uno correspondiente a la función básica y otra a la complementaria, siendo el riesgo en el primer caso menor que en el segundo, por cuanto la protección de las personas y propiedades debe ser mayor que la garantía del tráfico de personas y vehículos.

A los efectos prácticos, estos grados de protección se traducen en la fijación de la probabilidad de ocurrencia de los escurrimientos cuyos daños deben ser eliminados, y al establecimiento de los niveles de inundación aceptables.

d. Drenaje superficial, primario y secundario.

El drenaje superficial comprende las acciones correctivas constituidas por el conjunto de facilidades naturales y artificiales que conducen al escurrimiento superficial, desde el lugar de caída de las aguas de lluvia hasta su entrada en un cauce natural o en un conducto artificial, disminuyendo las molestias al tráfico de personas y vehículos.

El drenaje superficial es el conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construidos por el hombre, las cuales permiten garantizar que las aguas no obstaculicen el normal desenvolvimiento del tráfico de personas y vehículos en las áreas urbanas.

El drenaje primario es el conjunto de acciones correctivas, constituido por los cauces naturales y los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades.

En consecuencia, los drenajes superficial y secundario cumplen con la función complementaria, y el primario con la función básica. Sin embargo, en la realidad, los dos primeros también contribuyen el logro del objetivo básico, y el primario lo hace igualmente con el complementario. En la práctica, lo anterior se traduce en el que el drenaje primario debe ser concebido principalmente en forma tal que, juntamente con las acciones preventivas, cumpla con el objetivo básico, comprobándose su funcionamiento para el objetivo complementario; y en el caso de los drenajes superficiales y secundario, al contrario; es decir, cumplir con el objetivo complementario y comprobar para el básico.

Una regla práctica para distinguir drenaje primario de secundario sería la siguiente, aplicada al caso de un conducto artificial, que es el más común. Si las dimensiones del conducto, establecidas de acuerdo a la función complementaria, permanecen inmodificadas para garantizar el grado de protección requerido en la función básica, el conducto es un drenaje secundario; en caso contrario, si hubiere necesidad de aumentar esas dimensiones para proveer la garantía necesaria, el conducto es un drenaje primario.

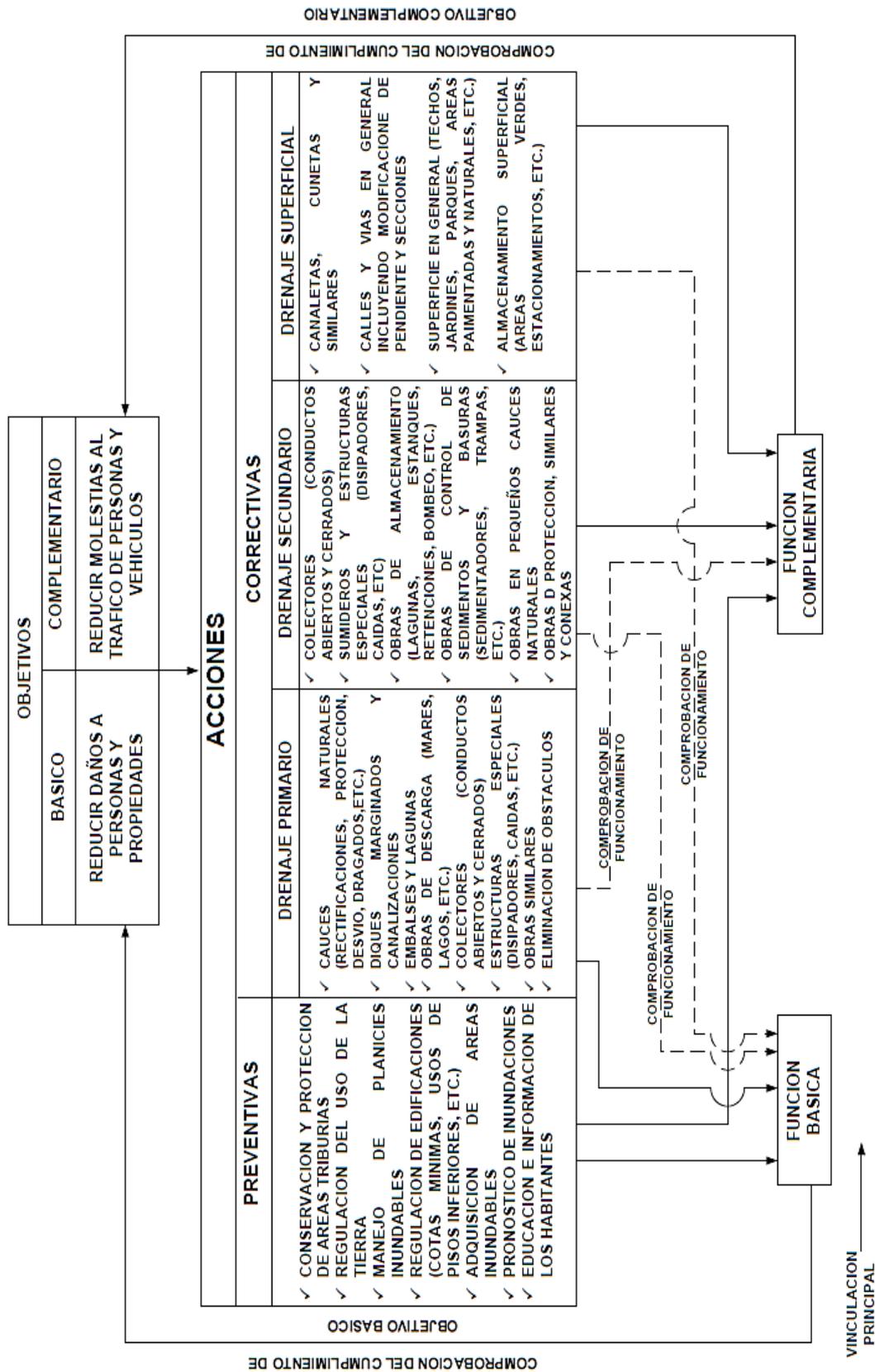


Figura N° 17: Esquema Ilustrativo de un Sistema de Drenaje Urbano

e. Transporte de caudales urbanos.

Las calles, veredas y otros elementos destinados al tránsito de personas o vehículos reciben parte importante de las lluvias y en muchos casos se consideran como los elementos iniciales para el drenaje. Como su principal tarea no es conducir aguas de lluvias, se debe tener especial precaución para evitar disfuncionalidad que impidan el tránsito, considerando de manera especial las capacidades de agua y la forma de evacuarla.

i) Transporte en calles y sumideros.

Para el diseño de una red de aguas de lluvias se debe verificar que las calles no conduzcan cantidades importantes de aguas de lluvia, de manera que las áreas y profundidades de inundación de las calles en condiciones de tormentas menores, de periodos de retorno de 2 años, no sobrepasen ninguna de las indicadas para cada tipo de vía.

Tabla N° 06: Condiciones Máximas de Inundación para tormentas menores.

Tipo de Vía	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas mayores.
Todos los tipos	<ul style="list-style-type: none">✓ La inundación no debe alcanzar la línea de edificación ni en el nivel ni en la extensión.✓ La velocidad media del flujo no debe sobrepasar los 2m/s.✓ La velocidad media del agua en cualquier punto de la selección transversal de la calle no debe exceder de 0.3 m si la velocidad media es inferior a 1m/s, ni de 0.2 m si es mayor a 1.0 m/s.
Pasajes	✓ La profundidad máxima no debe exceder de 0.2 m y la velocidad media debe ser inferior a 1,0 m/s.
Locales	✓ El nivel del agua no debe sobrepasar la solera.

Además, para evitar riesgo a las personas, o daños a la propiedad pública o privada, se debe verificar que, para tormentas mayores, con periodo de retorno de 100 años, las inundaciones provocadas por las aguas de lluvias en las calles no sobrepasen las condiciones que se indican a continuación.

Tabla N° 07: Condiciones Máximas de Inundación para tormentas mayores.

Tipo de Vía	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas menores.
Todos los tipos	<ul style="list-style-type: none">✓ No sobrepasar el nivel de la solera.✓ El ancho de la cuneta inundada no debe sobrepasar de 1,0 m.

ii) Orientación del flujo.

En el diseño de pistas se deberá prever pendientes longitudinales (S_l) y transversales (S_t) a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia extremos o bordes de la calzada.

Las pendientes que considerar son:

- * Pendiente Longitudinal (S_l) > 0.5 %
- * Pendiente Transversal (S_t) de 2% a 4%.

iii) Capacidad hidráulica de las calles.

La capacidad teórica de agua que puede conducir una calle se puede estimar con las con las características geométricas de la cuneta y la pendiente longitudinal de la calzada, aplicando la ecuación de Manning para estimar la velocidad media del flujo, con un coeficiente de rugosidad de $n = 0.015$ para pavimentos de hormigón y asfalto.

Expresiones de la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} (Rh)^{2/3} \sqrt{S} \quad (12)$$

$$Q = \frac{1}{n} A (Rh)^{2/3} \sqrt{S} \quad (13)$$

donde:

Rh : radio hidráulico, en m, que es función del tirante hidráulico h .

n : coeficiente que depende de la rugosidad de la pared.

V : velocidad media del agua, en m/s, que es función del tirante hidráulico h .

S : la pendiente de la línea de agua en m/m.

A : área de la sección del flujo de agua.

Q : caudal del agua en m^3/s .

Desde el punto de vista del diseño la capacidad de conducción de aguas lluvias de las calles se considerará como el valor mínimo de las siguientes dos capacidades alternativas: considerando el ancho máximo permitido de la sección inundada, o la cuneta llena y un factor de reducción por otros usos de la calle, de acuerdo a lo que se indica a continuación.

- **Capacidad de diseño para tormentas menores.**

Estas capacidades teóricas de las calles se entregan como referencia, sin embargo, la capacidad real deberá estimarse con las condiciones geométricas de terreno, considerando además que ella se ve afectada por la existencia de singularidades como badenes, lomos de toro, accesos vehiculares, encuentros de calles, reparaciones, vehículos estacionados, etc.

La capacidad teórica de las calles según el ancho máximo inundable permite reunir y conducir pequeños caudales hacia la red de drenaje o a otros cauces para tormentas menores, con periodos de retorno de 2 años.

Las formas geométricas de las cunetas típicas usadas en la ciudad corresponden a una cuneta simple formada por la intersección de la solera y una pendiente transversal entre 2% y el 4% en la calzada, dependiendo del ancho de la calle. Sin embargo, también se puede considerar una pendiente distinta en la zona de la cuneta para aumentar su capacidad como se ilustra en la figura N° 018.

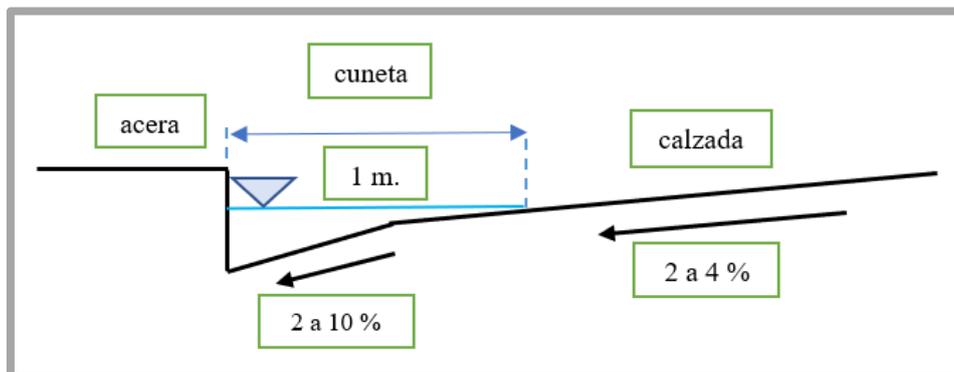


Figura N° 18 Geometría transversal de la cuneta simple.

Como puede apreciarse la capacidad de conducción de las calles, con la restricción de un ancho de inundación máxima de 1,0 m y pendiente transversal máxima de 4 % es muy reducida.

En algunos casos se puede recurrir a pendientes transversales de mayor pendiente, ya sea para formar una cuneta simple, o como parte de una cuneta compuesta.

- **Capacidad Máxima.**

La capacidad máxima de las calles se establece para la verificación frente a tormentas mayores, con períodos de retorno de 100 años, en la cual se acepta que conduzca agua hasta el nivel superior de la solera, evitando que desborde la calle e inunde las propiedades vecinas.

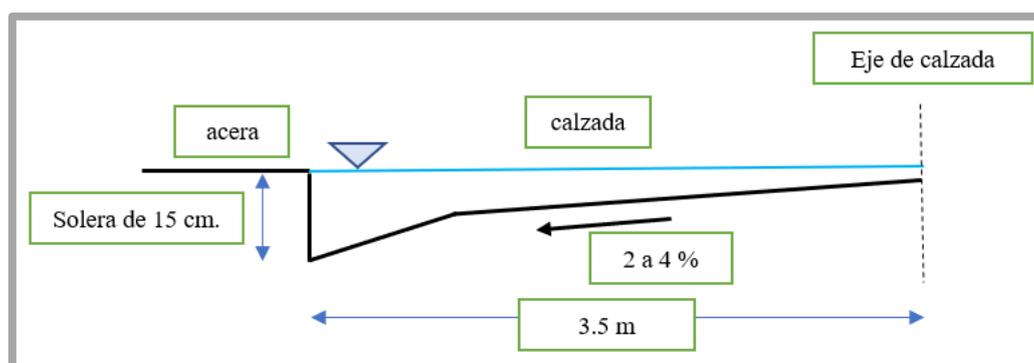


Figura N° 19: Esquema del escurrimiento a cuneta llena.

Para estimar la capacidad de las calles con la cuneta llena, hasta el borde de la solera, se puede utilizar la mencionada ecuación de Manning, pero se debe incluir un factor de corrección para tomar en cuenta la reducción de capacidad por autos estacionados, obstrucciones en la cuneta, olas y salpicaduras. Los valores de capacidad indicados a continuación suponen flujo uniforme. En casos especiales deberá hacerse cálculos más precisos estimando los niveles del eje hidráulico considerando el efecto de las singularidades. El factor de corrección depende de la pendiente longitudinal. Los factores de corrección, valores máximos teóricos para una cuneta llena con soleras de 15cm.

Tabla N° 08: Tabla de Factor de corrección para distintas pendientes.

Pendiente Longitudinal de la calle	Factor de Corrección.	Pendiente Longitudinal de la calle	Factor de Corrección.
0.003	0.30	0.030	0.70
0.004	0.40	0.040	0.50
0.005	0.50	0.050	0.45
0.006	0.80	0.060	0.37
0.007	0.80	0.070	0.32
0.008	0.80	0.080	0.28
0.009	0.80	0.090	0.25
0.010	0.80	0.100	0.21
0.020	0.70		

Coeficiente de Manning para escorrentía superficial.

El valor del coeficiente es más alto cuanto más rugosidad presenta la superficie de contacto de la corriente de agua. Algunos de los valores que se emplean de n son:

Tabla N° 09. Coeficiente de Manning para escorrentía superficial

Superficie	N
Asfalto Liso	0.011
Hormigón Liso	0.012
Revestimiento de Hormigón basto	0.013
Madera pulida	0.014
Ladrillo con mortero de cemento	0.014
Arcilla vitrificada	0.015
Fundición de hierro	0.015
Tuberías de metal corrugado	0.024
Superficie de escombrera	0.024
Terreno improductivo (libre de residuos)	0.05
Terreno cultivado	
Cubierta de residuos < 20%	0.06
Cubierta de residuos > 20%	0.17
Pasto natural	0.13
Hierba	
Corta, pradera	0.15
Densa	0.24
Hierba Bermuda	0.41
Bosque	
Con cubierta ligera de arbustos	0.4
Con cubierta dense de arbustos	0.8

Fuente: McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC.

Superficie	N
Tipo de Cuneta	
Cuneta de C° con buen acabado	0.012
Pavimento Asfáltico	
Textura Lisa	0.013
Textura Aspera	0.016
Cuneta de C° con pavimento asfáltico	
Textura Lisa	0.013
Textura Aspera	0.015

Fuente: Reglamento Técnico de diseño de sistemas de Alcantarillado.

2.2.4. RIESGO E INUNDACIÓN.

Antes de establecer algunas bases teóricas en las que se orientan conceptos como riesgo e inundación es importante establecer lo que engloba a esta investigación como lo es el concepto de “evaluación del riesgo” que sigue teniendo una evolución hacia un enfoque más holístico (del todo o que considera algo como un todo), tal como se puede observar en las siguientes definiciones:

- De acuerdo con la Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, (2004), «para el Decenio Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres Naturales declarado en el año 1990, la evaluación del riesgo se consideró como una “metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de amenazas potenciales y la evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad, que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen”».
- Dentro del Marco de Hyogo (2005-2015) la evaluación del riesgo se constituyó en “el punto de partida para reducir los riesgos de desastre y promover una cultura de resiliencia y consiste en conocer las amenazas y los factores físicos, sociales, económicos y ambientales de la 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”.
- De acuerdo con la Asamblea General de Las Naciones Unidas, en el nuevo Marco de Acción de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, «la evaluación del riesgo se convierte en el componente principal de la primera prioridad para poder “prevenir y mitigar, elaborar y aplicar medidas adecuadas de preparación y respuesta eficaz para casos de desastre, medidas integradas e inclusivas de índole económica, estructural, jurídica, social, sanitaria, cultural, educativa, ambiental, tecnológica, política e institucional”».

Entonces el concepto aún sigue evolucionando intentando globalizar más la evaluación de los riesgos, pero de una manera más específica y menos compleja.

a. Riesgo

Los criterios de riesgo por inundaciones pluviales que consideran la acción conjunta de calados y velocidades, en su mayoría han sido desarrollados para cuencas rurales y son aplicados en casos de inundaciones provocadas por desbordamiento de ríos. En la actualidad se han desarrollado técnicas para el análisis de riesgo en cuencas urbanas basándose en el análisis multi-criterio y en la ponderación de factores combinatorios de distinta naturaleza.

Quedando establecido esto las metodologías y los criterios utilizados para cuantificar la peligrosidad asociada al flujo en calles es un tema en el cual “no existe consenso”, por esta razón, es común encontrarse investigaciones donde se construyen mapas de peligrosidad y riesgo pluvial aplicando los mismos criterios que se utilizan en la gestión de inundaciones ocurridas en ambientes rurales. A diferencia de la gestión de inundaciones de origen fluvial (por desbordamiento de ríos), la gestión del drenaje pluvial urbano requiere del conocimiento exhaustivo de la evolución de caudales y profundidades de flujo en las calles y avenidas de la zona urbana (Hauger 2006).

En general, se recomienda que para cualquier vía el tirante asociado a una tormenta de diseño dada debe estar restringido a un valor máximo tal que no supere el nivel de acera, a fin de garantizar la libre circulación de peatones y vehículos (Gómez et al. 2009).

Teniendo en cuenta lo establecido anteriormente el sector sur de la ciudad de Cajamarca corre un riesgo por la ausencia de un sistema integral de drenaje pluvial que garantice la debida evacuación de las aguas de lluvia en la ciudad; en épocas de precipitaciones normales y extraordinarias; bajo una visión integral en el que se debe tomar en consideración el desarrollo de las cuencas naturales de drenaje, la actual configuración del relieve urbano y el desalojo de los cursos emisores para su aprovechamiento múltiple; sin afectar las redes de desagüe de la ciudad, teniendo aún más en cuenta que en el reglamento nacional de edificaciones contamos con una norma la OS.060 donde deja establecidos los criterios generales para su diseño en la elaboración de estos proyectos, y siendo uno de los proyectos básicos para las zonas urbanas de una ciudad.

Con esto se debe tener en claro que si la ciudad aún no cuenta con la perspectiva de sistemas de drenaje urbano sostenible por lo menos debe preverse un sistema de drenaje pluvial funcional para mitigar inundaciones o aniegos que puedan causar los eventos pluviales.

b. Inundación.

De acuerdo con Salaz y Jiménez (2013), “una inundación es aquel evento que, debido a la precipitación, oleaje, marea o falla de alguna estructura hidráulica, provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura”.

Las inundaciones para esta investigación son las referidas al del tipo pluvial o por precipitaciones, una inundación pluvial es causada directamente por la lluvia que ocurre en una región poco permeable por lo general, con escasa pendiente o donde carezca de un sistema de drenaje o sea ineficiente.

Las inundaciones en la ciudad de Cajamarca son originadas principalmente por la acción pluvial y por el desborde, estas inundaciones pluviales están estrechamente relacionadas con la cantidad e intensidad de las precipitaciones y la escorrentía, por ello también se la puede definir como un exceso de agua producto de precipitaciones intensas en relación con la humedad del suelo y el sentido y la velocidad del escurrimiento. Se debe tener en cuenta también la presencia de otros factores que influyen en las manifestaciones de este fenómeno, por ejemplo: la topografía, la vegetación, la ocupación del espacio y las actividades que realiza la población. Se planteará este estudio teniendo en cuenta la génesis, es decir, se analizan las inundaciones pluviales o también llamadas inundaciones por anegamiento por lluvias locales.

c. Criterios de vulnerabilidad asociados a inundación urbana.

A continuación, se muestran algunos de los criterios de vulnerabilidad asociados a inundación que se han desarrollado en las últimas décadas. Se clasifican en función de la variable de estudio considerada:

- **Criterios Basados en el Calado Máximo ($y_{m\acute{a}x}$)**
 - **Criterio de Denver.**

Criterio definido en función de la cota máxima de la lámina de agua que no produzca la inundación de la planta baja de edificios. El umbral se establece en 0.45 m sobre el nivel mínimo de la calle.
 - **Criterio de Mendoza.**

Similar al criterio de Denver con la definición del umbral en 0.30 m.
 - **Criterio de Témez (1992).**

Establece un valor de calado límite de 1 m. para la zona de inundación no peligrosa, con independencia de la velocidad del flujo.

- **Criterios basados en la velocidad máxima ($v_{\text{máx}}$)**

- **Criterio de Témez (1992).**

Establece un valor de velocidad límite de 1 m/s para la zona de inundación no peligrosa, con independencia del calado de afección.

- **Criterio de Gómez y Russo (2009).**

En 2009, Gómez y Russo [21] realizan un estudio experimental de un modelo físico a escala para la obtención de criterios de riesgo en medio urbano. Las conclusiones del estudio establecen tres niveles de riesgo en función de la velocidad del flujo:

- Riesgo leve: El individuo presenta problemas de estabilidad y dificultades para andar.
- Riesgo medio: Significativas pérdidas de estabilidad y de maniobrabilidad.
- Riesgo grave: El individuo es arrastrado por el agua y existe clara pérdida de maniobrabilidad.

Tabla N° 10. Categorías de riesgo en función de la velocidad. Gómez y Russo, 2009.

Categoría	v (m/s)
Zona de Seguridad	$v < 1.51$
Riesgo Leve	$1.51 < v < 1.56$
Riesgo Medio	$1.56 < v < 1.88$
Riesgo Alto	$v > 1.88$

- **Criterios basados en la estabilidad al vuelco ($[v \cdot y]_{\text{máx}}$)**

- **Criterio de Témez (1992)**

Establece un valor máximo del producto velocidad-calado igual a 0.50 m²/s para la zona de inundación no peligrosa.

- **FEMA (1979)**

Establece un valor máximo del producto velocidad-calado igual a 0.56 m²/s a partir del cual un adulto comenzaría a presentar pérdida de estabilidad.

- **Reiter (2001)**

En 2001, Reiter establece una clasificación de la severidad de la inundación en función del producto calado-velocidad, distinguiendo 5 categorías.

Tabla N° 11. Categorías de severidad en función del producto calado-velocidad. Reiter, 2001.

Categoría	v.y - (m ² /s)
Severidad Baja. Se espera que no haya víctimas.	0 - 0.5
Severidad Alta. Población en peligro. Vehículos flotan.	0.5 - 1
Severidad Baja para edificios, alto riesgo para la población que se encuentre en el exterior.	1.0 - 3.0
Severidad media para edificios (daños estructurales)	3.0 - 7.0
Severidad Alta para edificios (destrucción)	> 7.0

- **Criterios basados en la estabilidad al deslizamiento ($[v^2 \cdot y]_{\text{máx}}$)**

- **Nanía (1999).**

Este criterio evalúa la capacidad del peatón para mantener la estabilidad al deslizamiento. Se obtiene del desarrollo teórico tras considerar igualdad de fuerzas entre la fuerza de fricción con el suelo y la fuerza de arrastre del agua. Tomando valores habituales del coeficiente de rozamiento y de arrastre, para un adulto de 60 kg se obtiene un valor de $v^2 \cdot y = 1.23 \text{ m}^3/\text{s}^2$. Este valor puede adaptarse al peso y tamaño de peatón. (SUFRI, Strategies of Urban Flood Risk Management, 2010).

2.2.5 PARAMETROS Y PROPIEDADES DE LAS SUBCUENCAS.

a. Área

- En este punto se destaca lo necesario de conocer como es la distribución catastral dentro de las manzanas que componen la cuenca, ello permitirá identificar la forma de aporte de cada una y ajustar los límites de las cuencas y subcuencas en forma precisa.
- Las áreas serán trabajadas en hectáreas (ha) en el modelo, pero para hallar el parámetro “ancho de cuenca” las expresaremos también en metros cuadrados (m²).

b. Longitud de Máximo Recorrido.

- La longitud flujo superficial es igual a la distancia desde la parte posterior de un lote típico a la mitad de la calle, expresada en metros (m).

c. Ancho.

- Existen diferentes esquemas conceptuales para identificar el ancho de las subcuencas. En efecto, tal y como reportan Macor (2002) y Sánchez (2012) son considerados planos inclinados por donde el flujo superficial escurre.
- El parámetro W puede servir para ajustar la respuesta de salida del modelo de depósito no lineal (MDNL) (Barco et al. 2008). En efecto, para una misma superficie si este parámetro disminuye, el hidrograma se atenúa lo cual es un indicador de que aumenta

el efecto de laminación y del almacenamiento en la subcuenca. En caso contrario, es decir si W aumenta, el hidrograma acorta su duración y consecuentemente aumenta el valor máximo y el flujo entonces alcanza su salida más rápido.

- Teniendo en cuenta las siguientes observaciones:
 - Se considera el flujo superficial escurriendo pendiente debajo de una subcuenca idealizada como un plano rectangular.
 - El ancho W de la subcuenca es el ancho físico del escurrimiento en el plano, determinado como la relación entre el área A de la subcuenca y la longitud media del flujo L .
- La relación para determinar el ancho W que se utilizó es la siguiente $w = \frac{A(m^2)}{L(m)}$.

d. Pendiente.

- Es el cálculo de la pendiente media de la cuenca, en %.

e. Impermeabilidad.

- El parámetro de impermeabilidad en SWMM es el área impermeable eficaz o conectados directamente, que es típicamente menor que la total estanqueidad. El área impermeable eficaz es el área que drena directamente al sistema de conducción de aguas pluviales, por ejemplo, un canal, tubería o canal de drenaje. Idealmente, la impermeabilidad se debe medir directamente en el campo o de fotografías determinando el porcentaje de la superficie dedicada a los tejados, calles, estacionamientos, calzadas, etc. Cuando estas observaciones no están disponibles, es necesario el uso de otros métodos. Una aproximación conservadora que tiende a sobreestimar las descargas de escorrentía es el uso de coeficientes de escorrentía como el valor de la impermeabilidad.
- Un coeficiente de escurrimiento es un valor empírico constante que representa el porcentaje de agua de lluvia que se convierte en escorrentía. Las etapas implicadas son las siguientes:
 - Identificar todos los principales usos de la tierra que existen dentro de la subcuenca.
 - Calcular el área A_j dedicada a cada uso de la tierra j en la subcuenca.
 - Asigne un C_j coeficiente de escorrentía para cada uso del suelo categoría j . Áreas permeables se supone que tienen un coeficiente de escurrimiento de 0.

- Calcule la impermeabilidad I como el promedio ponderado del área de los coeficientes de escorrentía para todos los usos del suelo en la subcuenca, $I = (\sum C_j A_j) / A$, donde A es el área total de la subcuenca.

Los Coeficientes de Escorrentía se obtienen de la Tabla N° 001. Coeficientes de Escorrentía para diferentes usos de suelo.

En la zona existen 3 usos de suelo los cuales consideraremos de manera general, que se expresan a continuación para hallar la impermeabilidad:

- Zona Industrial poco densa. C: 0.65 id: I-PD
- Techos. C: 0.85 id: TEC
- Área suelo pesado. C: 0.20 id: ASP-M

f. Almacenamiento en Depresión.

Los valores típicos para el almacenamiento en depresión se consideran de la siguiente tabla:

Tabla N° 12. Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión

Superficie impermeable	1,25 – 2,5 mm
Césped y hierba	2,5 – 5 mm
Pastos y prados	≈5 mm
Lecho forestal	≈7,5 mm

Fuente: ASCE, (1992), Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York

Se considera los siguientes valores:

- Almacenamiento en Depresión, zona impermeable: 1.25 mm
- Almacenamiento en Depresión, zona permeable: 5 mm

Finalmente, el último parámetro para la subcuenca es el porcentaje de área impermeable sin almacenamiento en depresión, esto se refiere a la cantidad de precipitación a partir de la cual el terreno no es capaz de infiltrar más agua y esta discurre sobre la superficie en un flujo.

- El % de área impermeable sin almacenamiento en depresión para cada subcuenca en la se ha considerado: 20%.

g. Coeficiente de Manning en las Subcuencas.

Los valores de rugosidad de Manning (n) para las subcuencas se obtienen de la tabla N° 09:

Impermeable (n): 0.014

Permeable (n): 0.15

h. Parámetros de Infiltración.

Los valores conforme a los usos de suelo para los parámetros de Horton son:

	I-PD	TEC	ASP-M
Tasa Infiltración Máx.	12.5	5	75
Tasa Infiltración Mín.	0.25	0.05	5
Constante Decaimiento	4	4	4
Tiempo de secado	2	1	5

2.2.6. MODELO DE SIMULACIÓN SWMM.

El modelo de gestión de aguas pluviales de la EPA (SWMM) es un modelo de simulación de lluvia-escorrentía-enrutamiento dinámico utilizado para un solo evento o largo plazo simulación (continua) de la cantidad y calidad de escorrentía de áreas principalmente urbanas. El componente de escorrentía de SWMM opera sobre un conjunto de áreas cada una siendo una subcuenca y que reciben la precipitación y escorrentía. La porción de enrutamiento de SWMM transporta esta escorrentía a través de un sistema de tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento, bombas y reguladores. SWMM hace un seguimiento de la cantidad de la escorrentía generada dentro de cada subcuenca, la velocidad de flujo, la profundidad de flujo en el canal durante un período de simulación.

El modelo posee varios módulos, pero por las características de la zona y el enfoque de la investigación se usarán los módulos Runoff y Extran que contemplan lluvia – escorrentía y enrutamiento respectivamente. (GMMF, Modelo de Gestión de Aguas Pluviales SWMM 5.0 vE - 2005).

a. Módulo Runoff.

Este módulo tiene por función simular los fenómenos de transformación lluvia – escorrentía de una cuenca y la entrada de hidrogramas en la red de drenaje. Para ello, la cuenca se divide en un número determinado de subcuencas, cada una de las cuales genera su propia escorrentía que acaba introduciendo a la red por un determinado punto o nodo de entrada, que equivale a un imbornal en la mayoría de los casos.

El bloque RUNOFF se usa para el cálculo de la escorrentía producida por la lluvia en cada una de las subcuencas en las que se decide dividir la cuenca, y su salida de resultados, en forma de hidrogramas de entrada en ciertos puntos, puede ser usada por los siguientes módulos, en particular, por EXTRAN. Por este motivo, la correcta preparación de los datos de este bloque es decisiva, pues se transmitirá a los siguientes.

Los cálculos de la escorrentía están basados en un modelo de depósitos modificado con la onda cinemática. El modelo divide cada subcuenca en una zona permeable sin retención superficial, otra impermeable sin retención y una última zona permeable con retención, en función de los porcentajes de impermeabilidad y de retención introducidos. La escorrentía es generada aproximando el funcionamiento de cada una de estas zonas a un depósito no lineal esquematizado en la Figura N° 020.

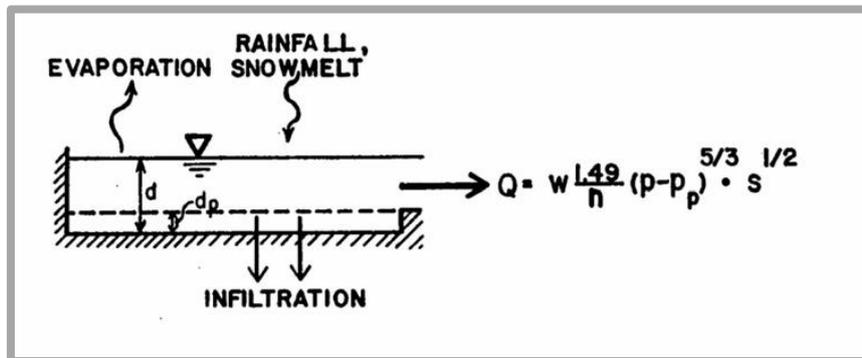


Figura N° 20: Cálculo del módulo RUNOFF de SWMM (en unidades americanas).

Fuente: (Huber & Dickinson, 1992).

❖ Ecuaciones Gobernantes para el Proceso Hidrológico.

El caudal de salida responde a la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{W}{n} (P - P_p)^{5/3} S^{1/2} \quad (14)$$

Donde:

- Q : caudal de salida de la subcuenca, [m³/s].
- W : ancho de la subcuenca, [m].
- n : coeficiente de rugosidad de Manning.
- p : profundidad del agua, [m].
- P_p : profundidad de retención superficial, [m].
- S : pendiente.

La ecuación del depósito no lineal se establece resolviendo el sistema de ecuaciones que constituyen la ecuación de continuidad y la ecuación de Manning.

La continuidad para cada subcuenca es:

$$\frac{dV}{dt} = A \frac{dp}{dt} = A \cdot i - Q. \quad (15)$$

Donde:

- V : volumen de agua en la subcuenca ($V=A \cdot p$), [m³].
- p : profundidad del agua, [m].
- t : tiempo, [s].

- A : superficie de la subcuenca, [m²].
- i : lluvia neta (precipitación menos infiltración y evaporación), [m/s].
- Q : caudal de salida de la subcuenca según [01], [m³/s].

Las dos ecuaciones anteriores se combinan para dar lugar a la ecuación diferencial, no lineal, para el calado:

$$\frac{dp}{dt} = i - \frac{W}{A.n} (P - P_P)^{5/3} S^{1/2} \quad (16)$$

Esta ecuación se resuelve mediante un esquema en diferencias finitas de Newton-Raphson, para cada incremento de tiempo.

Conviene resaltar que los parámetros que se introducen en el modelo pueden servir para ajustar la respuesta de este. Por ejemplo, W corresponde a la anchura del depósito que está representando a una determinada subcuenca y que debe estimarse a partir de la forma geométrica real de la misma, que no será ni uniforme ni simétrica. Asumiendo una cuenca rectangular y para una misma superficie, un mayor ancho producirá hidrogramas de salida de la subcuenca de menor duración y mayor caudal punta, mientras que un ancho menor retrasará la punta del hidrograma, produciendo un efecto de laminación. Sin embargo, si se conocen realmente los valores de los parámetros y no sólo se están estimando, conviene usar otras variables para el ajuste, como por ejemplo el coeficiente de rugosidad de Manning, que, para valores elevados, produce caudales punta menores y calados mayores. Idéntica situación se podría plantear para otros parámetros como la pendiente de las subcuencas, por ejemplo, aunque los análisis de sensibilidad y la calibración de modelos requieren un conocimiento de la cuenca estudiada bastante elevado.

Los datos de entrada requeridos por el módulo RUNOFF son:

1. Datos meteorológicos. Descripción del evento (o eventos) de lluvia; por ejemplo, mediante datos de intensidades de lluvia en intervalos fijados de tiempo y duración total (hietograma).

También podrían introducirse espesores y características de la capa de nieve.

2. Características de las subcuencas. Debe introducirse la siguiente información:

- ✓ Asignación de un hietograma (evento de lluvia) a cada subcuenca.
- ✓ Número de identificación de la subcuenca.
- ✓ Identificación del lugar por donde drena la subcuenca, que puede ser un sumidero (nodo de entrada a la red de drenaje) o un canal en superficie. Los sumideros pueden ser compartidos por varias subcuencas.
- ✓ Ancho de la subcuenca.
- ✓ Área de la subcuenca.

- ✓ Pendiente media de la subcuenca.
- ✓ Coeficiente de rugosidad de Manning de las zonas permeables e impermeables.
- ✓ Volumen de almacenamiento o retención en la zona permeable e impermeable.
- ✓ Parámetros de infiltración, según la ecuación de Horton (aunque también es posible usar la formulación de Green-Ampt):

$$f_p = f_\infty + (f_0 - f_\infty) \cdot e^{-\alpha \cdot t} \quad (17)$$

Donde:

- f_p : capacidad de infiltración.
- f_0 : capacidad de infiltración inicial.
- f_∞ : capacidad de infiltración del suelo saturado.
- α : coeficiente de reducción de la infiltración.
- t : tiempo desde el inicio de la lluvia.

3. Características de los canales de drenaje. Son los canales por los que cada subcuenca puede conducir su escorrentía, en vez de enviarlos directamente a un sumidero. Suelen corresponder a las propias calles y vías de comunicación de la cuenca y quedar delimitados por sus bordillos, por ejemplo. Estos canales pueden atravesar varias subcuencas, pero acabando siempre en un sumidero que de entrada a la red. En este caso, el sumidero podría corresponder a un imbornal de grandes dimensiones (interceptores transversales, por ejemplo). Requieren de la definición de los siguientes parámetros (siempre que la cuenca no drene directamente a un punto de entrada):

- ✓ Número de identificación.
- ✓ Identificación del siguiente canal o sumidero al que drena el canal.
- ✓ Forma, que puede ser trapezoidal, circular, parabólica y contener un azud o un orificio de salida, y los parámetros que la definen.
- ✓ Coeficiente de rugosidad de Manning de los canales.
- ✓ Calado máximo admisible en el canal y calado inicial.

4. Otros parámetros. Se puede ajustar el intervalo de tiempo de la discretización numérica, así como la duración total de la simulación, sistema de unidades, etc.

b. Módulo Extran.

EXTRAN (Extended Transport Module) utiliza como datos de entrada los datos de salida del módulo RUNOFF, consistentes en la evolución temporal de la entrada del agua de escorrentía en la red de alcantarillado a través de los imbornales (o nodos de entrada), para modelar el flujo del agua por la red de alcantarillado, a través de los conductos, nodos y depósitos, mediante la resolución de las ecuaciones completas de Saint-Venant.

EXTRAN es una mejora del módulo TRANSPORT del mismo programa, y que resolvía el problema de propagación mediante el método de la onda cinemática.

Este último método, que no tiene la capacidad de reproducir los efectos hacia aguas arriba, representaba una importante deficiencia y merma de la validez de los resultados. La falta de capacidad de algunos conductos, la disposición de depósitos de retención, etc., son circunstancias que repercuten en el funcionamiento del sistema de alcantarillado propagándose aguas arriba, por lo que la resolución de las ecuaciones completas de Saint-Venant es necesaria para la correcta modelización de una red de alcantarillado compleja. EXTRAN, al reproducir el flujo gradualmente variado, permite la modelización de azudes, orificios, bombeos, compuertas, depósitos, redes malladas y vertidos, con las condiciones de contorno deseadas.

❖ Ecuaciones Gobernantes del Proceso Hidráulico.

Las ecuaciones de Saint-Venant son las siguientes:

- Ecuación de continuidad para secciones prismáticas

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (18)$$

Donde:

- A: área de la sección.
- Q: caudal.
- x: distancia a lo largo del conducto.
- t: tiempo.

Ecuación de conservación de la cantidad de movimiento

$$\bullet \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + g \cdot A \frac{\partial H}{\partial x} + g \cdot A \cdot S_t = 0 \quad (19)$$

Donde:

- g: gravedad.
- H: cota piezométrica ($H = z + h$).
- z: cota de la solera o lecho.
- h: calado.
- S_f : pendiente de fricción, según la ecuación de Manning.

Extran combina las ecuaciones de continuidad y conservación de cantidad de movimiento en una sola, que resuelve para todos los conductos en cada intervalo de tiempo. La ecuación es la siguiente:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + g \cdot A \frac{\partial H}{\partial x} + g \cdot A \cdot S_f = 0 \quad (20)$$

Por otro lado, aplica la ecuación de continuidad en los nodos para cada intervalo de tiempo:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \sum \frac{Q}{A_S} \quad (21)$$

Donde:

- A_S : área del nodo (según el Esquema, el área incluye el nodo propiamente dicho y el área correspondiente a la mitad de la longitud de los conductos que confluyen en ese nodo).

Las condiciones que se deben cumplir para que el esquema sea estable numéricamente son:

- **Condición de Courant:**

Expresada de la siguiente manera, donde el incremento de tiempo está limitado al tiempo necesario por una onda dinámica para propagarse en la longitud del conducto:

$$\Delta t \leq \frac{L}{\sqrt{g \cdot D}} \quad (22)$$

Donde:

- Δt : incremento de tiempo.
- L : longitud del conducto.
- D : calado máximo del conducto.
- g : gravedad

- **Condición sobre los nodos.**

$$\Delta t \leq 0.1 * A_S \frac{\Delta H_{max}}{\Sigma Q} \quad (23)$$

Donde:

- ΔH_{max} : elevación máxima del agua en Δt .
- ΣQ : flujo neto de entrada al nodo.

De forma análoga a cómo los depósitos se pueden representar mediante nodos de dimensiones iguales al depósito, los orificios, que se introducen como tal, son modelizados automáticamente por SWMM como conductos equivalentes mediante la siguiente expresión:

$$Q_0 = C_0 \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (24)$$

Donde:

- C_0 : coeficiente de descarga (depende del tipo de obertura y longitud del orificio).
- A : área del orificio.
- g : gravedad.
- h : altura hidráulica en el orificio.

La conversión de orificio a conducto se realiza igualando la ecuación anterior a la expresión de Manning, de manera que:

$$n \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} = C_0 \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (25)$$

Finalmente, para la resolución de las ecuaciones de Saint-Venant, se necesita la condición de contorno aguas abajo. La restricción que presenta SWMM en este aspecto es que obliga a la disposición de sólo un conducto (procedente de un nodo donde sólo haya otro conducto de llegada) en la salida del sistema, e imponer ahí la condición de contorno.

Los datos de entrada (inputs) requeridos por el módulo EXTRAN son:

1. Datos procedentes del módulo RUNOFF.

2. Duración de los incrementos de tiempo.

- ✓ Incremento de tiempo para el cálculo de las ecuaciones (teniendo precaución de cumplir las condiciones de estabilidad numérica).
- ✓ Duración total de la simulación. Aunque SWMM no tiene limitaciones en los pasos de cálculo, hay que controlar la aparición de errores para simulaciones muy largas una vez terminado el suceso de lluvia.

3. Características de los colectores y alcantarillas. La siguiente información es requerida por el programa:

- ✓ Número de identificación del colector (conviene mantener una relación numérica lógica con los identificadores de los nodos a los que une, para una mejor y más sencilla revisión de los datos).
- ✓ Número de identificación de los dos pozos que une el conducto.
- ✓ Flujo inicial circulante por el conducto. Se puede considerar el flujo de aguas residuales o evitar problemas de simulación con caudal nulo.
- ✓ Tipología del conducto y sus dimensiones.
- ✓ Longitud del conducto.
- ✓ Elevación de los extremos del conducto sobre la solera del pozo, si ésta es distinta de cero.
- ✓ Coeficiente de rugosidad de Manning del conducto.

4. Características de los pozos. Los pozos (o junctions) son los nodos de la red de drenaje y las uniones de los conductos. Corresponden en realidad a los pozos de registro y los lugares por los que el agua de la superficie entra a la red, recogida en los sumideros. De esta manera, los pozos y sumideros (junctions e inlets en nomenclatura de SWMM) son los puntos de conexión superficie – red de drenaje. Pueden existir pozos sin entrada de escorrentía, y que tengan sólo función de conectar y/o unir conductos de la red de drenaje, mientras que todos los sumideros sí tienen un inlet asociado. La información requerida por el programa es:

- ✓ Número de identificación del pozo, que en el caso de ser también un inlet, será el mismo.

- ✓ Cota de la solera del pozo.
- ✓ Cota de la calle en este mismo punto, y que condiciona la salida de agua del sistema.
- ✓ Caudal adicional vertido y calado inicial, independiente de la lluvia simulada.

5. Depósitos de retención. Si bien se representan como nodos de dimensiones equivalentes al depósito, hay que definir, para tipologías prismáticas los siguientes campos:

- ✓ Superficie en planta del depósito.
- ✓ Altura máxima, que no puede ser mayor que la de la superficie.
- ✓ Posibilidad de hacer solera de cota variable.

6. Orificios. Pueden incorporarse a la salida de un nodo, o depósito, para dotarlo de una restricción y retener mayor cantidad de agua. Estos orificios pueden variar sus dimensiones a lo largo del tiempo para simular abertura y cierre de compuertas. Se debe introducir:

- ✓ Coeficiente de descarga.
- ✓ Área del orificio.
- ✓ Cota del orificio.
- ✓ Variables para la definición de los tiempos de abertura.

7. Condición de contorno aguas abajo.

c. Configuración y ejecución del software swmm.

La configuración del software seguirá el siguiente procedimiento general:

❖ Configuración.

La primera tarea consiste en crear un nuevo proyecto SWMM y asegurar que ciertas opciones por defecto han sido establecidas. El uso de estas opciones por defecto puede simplificar notablemente la posterior tarea de introducción de datos.

1. Lanzar el programa EPA SWMM si aún no ha sido iniciado y seleccionar Archivo → Nuevo en la barra de Menú Principal para crear un nuevo proyecto.
2. Seleccionar la opción Proyecto → Valores por defecto para abrir el formulario de opciones por defecto del proyecto.
3. En la pestaña correspondiente a las Etiquetas ID, deben fijarse prefijos deseados. Esto hará que SWMM etiquete automáticamente todos los objetos nuevos con números consecutivos después del prefijo correspondiente especificado.
4. En la pestaña correspondiente a las Cuencas se fijarán los valores que por defecto serán asignados o los procesados geoméricamente.
5. En la pestaña de opciones Nudos/Líneas fijar los valores correspondientes a la geometría.

6. Por último pulse el botón de Aceptar para fijar estas opciones y cerrar el formulario. Si se desea que todos los nuevos proyectos tomen estos valores por defecto, debe seleccionarse la casilla inferior (Guardar valores para nuevos proyectos) antes de aceptar.

A continuación, se fijan algunas opciones de presentación del mapa de modo que se muestren las etiquetas con el nombre de los elementos y los símbolos conforme se añaden nuevos objetos al mapa.

También se selecciona la opción de presentar las flechas de dirección de flujo en las líneas.

1. Seleccionar la opción Ver → Opciones del Plano para presentar el formulario de opciones del mapa.
2. Seleccionar la página correspondiente a las cuencas y fijar el estilo de relleno en Diagonal y el tamaño del símbolo en 5.
3. A continuación seleccionar la pestaña de los nudos y fijar el tamaño del nudo a 5.
4. Seleccionar la pestaña de Etiquetas y marcar las opciones de presentación de los identificativos de Pluviómetros, Cuencas, Nudos y Líneas, dejando el resto sin marcar.
5. Finalmente, seleccionar la página de Flechas de Caudal y fijar el estilo en flecha rellena y fije el tamaño en 7.
6. Pulsar el botón de Aceptar para validar estas opciones y cerrar el formulario.

Cuando coloquemos los objetos en el dibujo debemos fijar las dimensiones:

1. Seleccionarla opción Ver→Dimensiones para presentar el formulario de Dimensiones del Plano.
2. Para el desarrollo de este ejemplo pueden dejarse las dimensiones que se presentan por defecto.

Finalmente hay que mirar la Barra de Estado en la parte inferior de la pantalla principal del programa y verificar que el cálculo de Longitud Automática esté desactivado o (Off). En el caso de que esté activado (On), debe seleccionarse con el botón derecho del ratón sobre la Barra de Estado y seleccionar la opción “Longitud Automática Off” en el menú emergente que aparece.

❖ **Mapa de fondo.**

SWMM puede mostrar una imagen de fondo detrás del Mapa. Esta imagen de fondo puede ser un plano de calles, un plano de la red, un plano topográfico, un plano de desarrollo de sitio o cualquier otra imagen que resultar útil.

Por ejemplo, utilizar un plano de calles simplificaría el proceso de agregar líneas de alcantarillado, puesto que se podrían digitalizar los nudos y las líneas trazándolos por encima de la imagen.

Al seleccionar Ver → Backdrop (Ver + Fondo) del Menú Principal aparece un submenú que presenta los siguientes comandos:

- Load (Cargar): Carga un archivo de imagen de fondo dentro del proyecto.
- Unload (Descargar): Quita la imagen de fondo del proyecto.
- Align (Alinear): Alinea la red de tuberías con la imagen de fondo
- Resize (Redimensionar): Ajusta las coordenadas de la imagen de fondo.
- Watermark (Marca de Agua): cambia la apariencia del fondo entre normal o atenuada.

Para cargar una imagen de fondo seleccionar Ver→Backdrop→Load (Ver + Fondo + Cargar) en el Menú Principal. Aparecerá un formulario de selección de la imagen de fondo.

❖ **Objetos.**

Los objetos visuales son aquellos que se representan en el Mapa e incluyen Pluviómetros (Rain Gages), Cuencas (Subcatchments), Nudos (Nodes), Líneas (Links) y Rótulos (Labels). A excepción de los Rótulos, hay formas de añadir estos objetos a un proyecto.

- **Añadir un pluviómetro.**

Para añadir un pluviómetro utilizando la barra de herramientas de objetos:

1. Pulsar  en la barra de herramientas.
2. Mover el icono hasta la ubicación deseada en el Mapa y pulsar el botón izquierdo del ratón.

- **Añadir un área de cuenca.**

Para añadir una cuenca utilizando la Barra de Herramientas de Objetos:

1. Pulsar el botón  de la barra de herramientas.
2. Utilizar el ratón para dibujar un polígono que represente el área de la cuenca en el Mapa:
 - * Botón izquierdo del ratón para cada vértice
 - * Botón derecho del ratón para cerrar el polígono
 - * Presionar la tecla de escape para cancelar la acción

- **Añadir un nudo.**

Para añadir un nudo utilizando la Barra de Herramientas de Objetos:

1. Pulsar el botón correspondiente al tipo de nudo a añadir (en el caso de que no esté ya pulsado)
 - *  para las conexiones.
 - *  para los desagües.
 - *  para los divisores de flujo.

*  para los depósitos.

2. Mover el ratón hasta la posición del objeto en el Mapa y pulse.

- **Añadir una línea**

Para añadir una línea utilizando la Barra de Herramientas de Objeto:

1. Pulse el botón correspondiente al tipo de línea que se desea añadir:

*  para un conducto.

*  para una bomba.

*  para un orificio.

*  para un vertedero.

*  para un aliviadero.

2. En el Mapa, pulse con el ratón en el nudo inicial de la línea (nudo aguas arriba).

3. Mover el ratón en la dirección del nudo final (nudo aguas abajo), pulsando en los puntos intermedios que sean necesarios para definir el trazado de la línea.

4. Pulsar con el ratón en el nudo final (aguas abajo) para finalizar el trazado de la línea.

- **Añadir un rótulo al Mapa**

Para añadir un rótulo de texto al Mapa:

1. Pulsar el botón  de la Barra de Objetos

2. Pulsar con el ratón en la posición del Mapa donde se desea que aparezca el rótulo.

3. Introducir el texto para el rótulo.

4. Pulsar Enter (Intro) para aceptar el rótulo o Esc para cancelar la acción.

❖ Editores.

- **Editor de Geometría**

El Editor de Geometría se utiliza para especificar la forma y dimensiones de la sección transversal de un conducto.

Cuando se selecciona una forma desde la lista disponible en el editor, aparece una serie de campos de edición (variable en función de la geometría) para describir las dimensiones de dicha forma. Las dimensiones de longitud (diámetros, etc.) están en pies (ft) para unidades US y en metros (m) para SI.

Los valores para la pendiente lateral de un conducto trapezoidal se calculan como cociente entre distancia horizontal y distancia vertical. El campo Barrels (Vías) representa el número de conductos idénticos que circulan en paralelo desde el nudo inicial al nudo final.

- **Editor de Infiltración**

El Editor Infiltración se utiliza para especificar valores de los parámetros que describen la tasa de lluvia que se infiltra a la capa superior del suelo en el área permeable de una subcuenca. Este editor aparece cuando se edita la propiedad “Infiltración” de una subcuenca. Los parámetros de infiltración dependen del modelo de infiltración que se haya seleccionado para el proyecto: Horton, Green-Ampt o Número de Curva.

En la investigación utilizaremos: Parámetros de infiltración de Horton.

En el editor de infiltración para el modelo de Horton aparecen los siguientes parámetros:

- * Tasa Infiltración Máx: Tasa máxima de infiltración en la curva de Horton (mm/h o in/h). Véase más abajo para valores típicos.
- * Tasa Infiltración Mín. – Tasa mínima de infiltración en la curva de Horton (mm/h o in/h). Es equivalente a la conductividad hidráulica del suelo saturado.
- * Constante Decaimiento – Constante de decaimiento del índice de infiltración para la curva de Horton (1/seg). Los valores típicos están entre 2 y 7.
- * Tiempo de Secado – Tiempo necesario (en días) para que un suelo completamente saturado se seque. Los valores típicos están entre 2 y 14 días.
- * Volumen máximo - Máximo volumen de infiltración posible (en mm o in, 0 si no es aplicable). Puede estimarse como la diferencia entre la porosidad del suelo y el producto del punto de marchitamiento por el espesor de la capa de infiltración.

- **Editor de Series Temporales**

El Editor de Series Temporales aparece cuando se crea una nueva serie temporal o se selecciona una existente para su edición. Para utilizar el editor de series de tiempo:

Introduzca valores para los siguientes datos:

1. Nombre - Nombre de la serie temporal.
2. Descripción - Comentario o descripción opcional sobre qué representa la serie. (Pulse para abrir un editor de texto si necesita más de una línea en el comentario).
3. Columna Fecha - Fecha opcional (en formato mes/día/año) de los valores para la serie temporal (sólo necesario en valores que corresponden a una nueva fecha)
4. Columna Hora - Si se utiliza la fecha, introduzca la hora en formato militar (horas: minutos u horas decimales). Si no se utiliza la fecha introduzca el tiempo transcurrido en horas desde el principio de la simulación.
5. Valores – Los valores numéricos de la serie temporal.

Pulse el botón Ver (View) para ver un gráfico de la serie temporal en una ventana independiente.

Si se necesitan más filas en la tabla de datos porque la serie temporal se extiende más allá de la tabla, simplemente presiones [Enter] cuando esté en la última fila y se añadirá una nueva fila a la tabla, al pulsar el botón derecho del ratón sobre la tabla aparecerá un submenú de edición. Éste contiene comandos para cortar, copiar, insertar y pegar las celdas seleccionadas en la tabla, así como opciones para insertar o borrar filas.

❖ **Simulación.**

Antes de analizar el comportamiento es necesario establecer algunas opciones para determinar en qué condiciones se realizará el análisis. Para hacer esto:

1. Seleccionar la categoría Opciones en el Visor de Datos y presionar el botón .
2. En la página General de la ventana de diálogo de las Opciones de Simulación que aparece, seleccionar la opción Onda Cinemática como método de análisis del flujo. Las unidades de caudal deben seleccionarse a LPS (litros por segundo) y el método de infiltración empleado será el método de Horton. La opción Permitir Estancamiento no debe estar seleccionada.
3. En la página Fechas del formulario, especificar como tiempo de fin de análisis.
4. En la página de Intervalos de Tiempo, especificar el Intervalo de Tiempo.
5. Seleccionar el botón Aceptar para cerrar el formulario de edición de las Opciones de Simulación.

- **Realización.**

Después de los datos introducidos ya se está en condiciones de realizar la simulación. Para comenzar con la simulación debe seleccionarse la opción Proyecto → Realizar Simulación (o bien pulsar el botón ). En el caso de que se produzca algún tipo de problema durante la simulación, aparecerá un Informe de Estado describiendo los errores que han sucedido. Una vez se completa de forma exitosa la simulación, existen multitud de formas de visualizar los resultados de la simulación.

- **Informe de Estado.**

El Informe de Estado contiene un resumen útil de información relacionada con los cálculos de la simulación. Para visualizar este informe, seleccionar la opción Informe → Estado.

2.3. DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS

- **Área Mojada:** En un canal, el área mojada, se entiende como la superficie que ocupa el agua en una sección perpendicular al flujo. Esta sección está definida, en la parte superior por la línea de agua, y en la parte inferior por el canal mismo.
- **Berma:** Zona lateral pavimentada o no de las pistas o calzadas, utilizadas para realizar paradas de emergencia y no causar interrupción del tránsito en la vía.
- **Calzada:** Porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular.
- **Canal:** Conducto abierto o cerrado que transporta agua de lluvia.
- **Capacidad Hidráulica:** Estructura que permite la entrada de las aguas hacia el sistema pluvial.
- **Caracterización:** Determinar los atributos de algo.
- **Caudal:** cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal, etc.) por unidad de tiempo.
- **Coefficiente de Escorrentía:** Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.
- **Coefficiente de Fricción:** Coeficiente de rugosidad de Manning. Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.
- **Conductos:** Estructura construida para conducir fluidos de un lugar a otro.
- **Cuenca:** Es el área de terreno sobre la que actúan las precipitaciones pluviométricas y en las que las aguas drenan hacia una corriente en un lugar dado.
- **Cuneta:** Estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal destinada al transporte de aguas de lluvia, generalmente situada al borde de la calzada.
- **Drenaje Urbano Mayor:** Sistema de drenaje pluvial que evacua caudales que se presentan con poca frecuencia y que además de utilizar el sistema de drenaje menor (alcantarillado pluvial), utiliza las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación.
- **Drenaje Urbano Menor:** Sistema de alcantarillado pluvial que evacua caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años.
- **Drenaje Urbano:** Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.
- **Drenaje:** Retirar del terreno el exceso de agua no utilizable.
- **Duración de Lluvia:** Es el intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia y se expresa en minutos.

- **Eje:** Línea principal que señala el alineamiento de un conducto o canal.
- **Entrada:** Estructura que capta o recoge el agua de escorrentía superficial de las cuencas.
- **Escorrentía Superficial:** La escorrentía superficial describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua.
- **Expansión Urbana:** Desarrollo y expansión de una ciudad.
- **Frecuencia de Lluvias:** Es el número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un período de tiempo determinado, es decir el grado de ocurrencia de una lluvia.
- **Hidrograma:** El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como: nivel de agua, caudal, carga de sedimentos, entre otros.
- **Hietograma:** Distribución temporal de la lluvia usualmente expresada en forma gráfica. En el eje de las abscisas se anota el tiempo y en el eje de las ordenadas la intensidad de la lluvia.
- **Impermeabilización:** Revestimiento de una pared o estructura y tratamiento de los tejidos para hacerlos impenetrables al agua o a otros líquidos.
- **Infiltración:** En hidrología es la penetración del agua en el suelo.
- **Intensidad de Lluvia:** Es el caudal de la precipitación pluvial en una superficie por unidad de tiempo. Se mide en milímetros por hora (mm/hora) y también en litros por segundo por hectárea (l/s/Ha).
- **Inundación:** Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta.
- **Lluvia Efectiva:** Porción de lluvia que escurrirá superficialmente. Es la cantidad de agua de lluvia que queda de la misma después de haberse infiltrado, evaporado o almacenado en charcos.
- **Modelamiento:** Mediante el modelado se busca mejorar el conocimiento y la comprensión de un fenómeno o proceso y ello involucra el estudio de la interacción entre las partes de un sistema y el sistema como un todo.
- **Nodos:** es un espacio en el que confluyen parte de las conexiones de otros espacios reales o abstractos que comparten sus mismas características.
- **Pavimento:** Conjunto de capas superpuestas de diversos materiales para soportar el tránsito vehicular.
- **Pendiente Longitudinal:** Es la inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.

- **Pendiente Transversal:** Es la inclinación que tiene el conducto en un plano perpendicular a su eje longitudinal.
- **Perímetro Mojado:** Parte del contorno de una sección de corriente en contacto con el agua.
- **Periodo de Retorno:** Periodo de retomo de un evento con una magnitud dada es el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.
- **Pluvial:** De la lluvia o que tiene relación con ella.
- **Precipitación Efectiva:** Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo.
- **Precipitación:** Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.
- **Radio Hidráulico:** Parámetro importante en el dimensionado de canales, tubos y otros componentes de las obras hidráulicas, su uso se emplea en el cálculo de pérdidas de carga según, la fórmula de Manning.
- **Relación IDF:** relación matemática, generalmente empírica, entre la intensidad de una precipitación, su duración y la frecuencia con la que se observa.
- **Riesgo:** se refiere sólo a la teórica "posibilidad de daño" bajo determinadas circunstancias.
- **Sardinela (solera):** Borde de la vereda.
- **Sumidero:** Estructura destinada a la captación de las aguas de lluvias, localizados generalmente antes de las esquinas con el objeto de interceptar las aguas antes de la zona de tránsito de los peatones. Generalmente están concentrados a los buzones de inspección.
- **Tiempo de Concentración:** Es definido como el tiempo requerido para que una gota de agua caída en el extremo más alejado de la cuenca fluya hasta los primeros sumideros y de allí a través de los conductos hasta el punto considerado.
- **Tirante o Pelo de Agua:** Nivel que alcanza el agua en un conducto libre.
- **Uso de suelo:** El uso del suelo abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en terreno agrícola: campos cultivables, pastizales; o asentamientos humanos. El término uso del suelo también se utiliza para referirse a los distintos usos del terreno en zonificaciones.
- **Velocidad de Flujo:** magnitud física de carácter vectorial que expresa la distancia recorrida por el fluido en la unidad de tiempo.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN ESPACIAL

El área objeto de investigación, se encuentra en el sector Sur de la ciudad de Cajamarca delimitada por el:

- ✓ Norte: Av. Héroes del Cenepa
- ✓ Sur: Av. Industrial y Quebrada Los Chilcos.
- ✓ Este: Av. Vía de Evitamiento Sur.
- ✓ Oeste: Av. Alfonso Ugarte.

Tabla N° 13: Coordenadas referidas al Datum Wgs84 Zona 17 Sur, proyección normal de Mercator.

PUNTO	NORTE	ESTE
P1	9206167.81	777049.83
P2	9205677.95	777692.17
P3	9205034.60	776497.84
P4	9204850.27	775662.87
P5	9205123.41	775547.65

3.2. PROCEDIMIENTO

A continuación, se describirán todos los pasos del proceso de la investigación desde la recolección de datos, el procesamiento de estos para hallar los datos requeridos que el software requiere para finalmente simular y realizar un análisis con el objeto de la investigación.

3.2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información se obtuvo desde 4 frentes los cuales son, topografía, imágenes satelitales, información hidrológica, caracterización de infraestructura y visita de campo de verificación.

a. Topografía

- La topografía la ejecutaremos mediante un levantamiento topográfico con estación total.
- El levantamiento topográfico nos proveerá principalmente el relieve de la zona de estudio, también podría suministrarnos las áreas de cada subcuenca, pero por motivos de tiempo y costos se usarán imágenes satelitales para estos datos.
- Los datos nos servirán para indicar a cada nodo en el programa las cotas en q se encuentran para generar las pendientes en la zona y posteriores perfiles para ser analizados en cada tramo de recorrido.



Figura N° 21: Levantamiento topográfico de la zona.

b. Imágenes satelitales

- La imagen satelital se usará en la investigación para encontrar las áreas de las subcuencas a estudiar esto mediante la descarga de una imagen satelital georreferenciada desde el software Google Earth, una vez cargada en el programa SWMM podemos comenzar a calcular todas las áreas en estudio al igual que las áreas por cada uso de suelo que encontramos dentro de cada subcuenca.



Figura N° 22: Imagen satelital de la zona.

c. Información Pluviográfica

- La información necesaria proviene de una estación meteorológica activa con datos de más de 20 años de funcionamiento, la información requerida básicamente son de las bandas pluviográficas que expresan el comportamiento de la lluvia durante su duración,
- En la actualidad en muchas localidades esta información ya está procesada por lo que se puede solicitar directamente la tabla con los datos de las máximas intensidades para diferentes duraciones de tiempo como 5, 10, 30, 60 y 120 minutos si las hubiese o las curvas IDF para los periodos de retorno requeridos.

N° Años	Año	Duración				
		05'	10'	30'	60'	120'
1	1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
2	1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
3	1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
4	1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
5	1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
6	1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
7	1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
8	1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
9	1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
10	1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
11	1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
12	1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
13	1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
14	1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
15	1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
16	1988	70.40	52.80	23.00	13.79	7.85
17	1989	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60
18	1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
19	1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
20	1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
21	1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00

N° Años	Año	Duración				
		05'	10'	30'	60'	120'
22	1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
23	1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
24	1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
25	1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
26	1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
27	1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
28	2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
29	2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
30	2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
31	2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
32	2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
33	2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
34	2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
35	2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
36	2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
37	2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
38	2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
39	2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
40	2012	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
41	2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
42	2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89

d. Parámetros y Características Geométricos de cada subcuenca

Cada subcuenca cuenta con parámetros que sirven para establecer el comportamiento de la escorrentía:



Figura N° 23: Parámetros y características clasificadas de la zona.

A continuación, se presenta datos de las características de cada subcuenca.

N°	Nombre de Subcuenca	Área (ha)	Longitud de flujo (m)	Ancho (m)	Pendiente (%)	Area Impermeable (%)
1	Cuenc_1	0.16	30.46	52.53	2.99%	62.19%
2	Cuenc_2	0.11	19.77	55.64	2.99%	67.27%
3	Cuenc_3	0.16	24.20	66.13	2.99%	81.25%
4	Cuenc_4	0.21	35.59	59.00	2.99%	70.71%
5	Cuenc_5	0.17	18.91	89.90	2.99%	52.65%
6	Cuenc_6	0.15	19.34	77.56	2.99%	85.00%
7	Cuenc_7	0.04	11.21	35.70	2.99%	85.00%
8	Cuenc_8	0.10	18.77	53.28	2.99%	85.00%
9	Cuenc_9	0.17	22.11	76.90	2.99%	85.00%
10	Cuenc_10	0.84	97.74	85.95	2.99%	43.21%
11	Cuenc_11	0.15	17.45	85.98	2.99%	28.67%
12	Cuenc_12	0.21	20.79	101.01	2.99%	66.43%
13	Cuenc_13	0.33	24.17	136.54	2.99%	85.00%
14	Cuenc_15	0.45	37.20	120.97	2.99%	58.11%
15	Cuenc_16	0.58	65.39	88.70	2.99%	33.45%
16	Cuenc_17	0.62	69.66	89.01	2.99%	26.29%
17	Cuenc_18	0.21	18.33	114.59	2.99%	50.95%
18	Cuenc_19	0.76	52.76	144.04	2.99%	34.54%
19	Cuenc_20	0.78	50.00	156.00	2.99%	46.67%
20	Cuenc_21	0.33	23.36	141.29	2.99%	42.58%
21	Cuenc_22	1.56	92.87	167.98	2.99%	22.50%
22	Cuenc_23	1.68	106.32	158.01	2.99%	54.82%
23	Cuenc_24	0.44	33.80	130.17	2.99%	51.02%
24	Cuenc_25	0.24	18.30	131.15	3.23%	85.00%
25	Cuenc_26	0.37	26.14	141.53	3.23%	63.92%
26	Cuenc_27	0.70	37.57	186.34	3.23%	46.93%
27	Cuenc_28	0.75	42.25	177.51	3.23%	64.20%
28	Cuenc_29	0.76	42.13	180.39	3.23%	46.18%
29	Cuenc_30	0.91	51.09	178.11	3.23%	53.57%
30	Cuenc_31	0.86	54.59	157.55	3.23%	54.13%
31	Cuenc_32	1.01	83.54	120.91	3.23%	37.72%
32	Cuenc_33	1.18	90.88	129.85	3.23%	22.75%
33	Cuenc_34	0.59	35.81	164.78	3.23%	59.66%
34	Cuenc_36	0.39	16.48	236.66	3.23%	56.67%
35	Cuenc_37	1.11	75.22	147.56	3.23%	37.57%
36	Cuenc_38	0.48	34.06	140.94	3.23%	57.92%
37	Cuenc_39	1.21	135.87	89.06	3.23%	30.74%
38	Cuenc_40	1.03	77.41	133.06	3.23%	49.03%
39	Cuenc_41	0.22	26.26	83.79	3.75%	76.14%
40	Cuenc_42	0.17	22.43	75.79	3.75%	85.00%

41	Cuenc_43	0.38	46.35	81.98	3.75%	62.76%
42	Cuenc_44	0.43	52.54	81.85	3.75%	41.40%
43	Cuenc_45	0.30	25.57	117.32	3.75%	54.67%
44	Cuenc_46	0.32	28.23	113.34	3.75%	64.69%
45	Cuenc_47	0.66	52.79	125.03	3.75%	63.33%
46	Cuenc_48	0.54	43.94	122.88	3.75%	50.09%
47	Cuenc_49	0.41	46.75	87.70	3.75%	55.61%
48	Cuenc_50	0.35	46.59	75.12	3.75%	55.43%
49	Cuenc_51	0.42	52.50	80.00	3.75%	55.60%
50	Cuenc_52	0.22	43.88	50.14	3.75%	70.23%
51	Cuenc_53	0.23	45.04	51.06	3.75%	64.78%
52	Cuenc_54	0.23	32.41	70.97	3.75%	70.87%
53	Cuenc_55	0.54	73.20	73.77	3.75%	82.59%
54	Cuenc_56	0.63	74.89	84.12	3.75%	50.95%
55	Cuenc_57	0.60	70.59	85.00	3.75%	57.92%
56	Cuenc_58	0.49	67.53	72.56	3.75%	51.84%
57	Cuenc_59	0.53	60.38	87.77	3.75%	50.66%
58	Cuenc_60	0.35	36.85	94.98	3.75%	44.14%
59	Cuenc_61	0.54	55.96	96.49	3.75%	62.31%
60	Cuenc_62	0.48	55.06	87.18	3.75%	53.02%
61	Cuenc_63	0.58	62.13	93.35	3.75%	39.22%
62	Cuenc_64	0.33	35.00	94.28	3.75%	63.64%
63	Cuenc_65	0.30	50.72	59.14	3.75%	85.00%
64	Cuenc_66	0.26	31.15	83.47	3.75%	75.00%
65	Cuenc_67	0.25	40.53	61.68	3.75%	43.40%
66	Cuenc_68	0.57	33.50	170.13	3.75%	71.32%
67	Cuenc_69	0.51	62.37	81.78	3.75%	37.84%
68	Cuenc_70	0.58	63.48	91.37	3.75%	54.74%
69	Cuenc_71	0.59	39.50	149.37	3.75%	60.59%
70	Cuenc_72	0.61	51.43	118.61	3.75%	70.41%
71	Cuenc_73	1.05	78.23	134.22	3.75%	47.86%
72	Cuenc_74	0.46	23.53	195.48	3.51%	85.00%
73	Cuenc_75	0.47	24.90	188.76	3.51%	63.72%
74	Cuenc_76	0.80	41.39	193.27	3.51%	68.75%
75	Cuenc_77	0.62	55.02	112.70	3.51%	57.50%
76	Cuenc_78	0.62	25.57	242.47	3.51%	70.32%
77	Cuenc_79	0.62	26.22	236.49	3.51%	58.79%
78	Cuenc_80	0.71	53.23	133.39	3.51%	63.94%
79	Cuenc_81	0.73	56.49	129.24	3.51%	47.60%
80	Cuenc_82	0.68	42.40	160.38	3.51%	47.72%
81	Cuenc_83	0.63	40.45	155.77	3.51%	75.71%
82	Cuenc_84	0.73	45.79	159.41	3.51%	63.63%
83	Cuenc_85	0.37	35.56	104.05	3.51%	73.92%
84	Cuenc_86	0.38	37.27	101.95	3.51%	59.34%
85	Cuenc_87	0.58	37.15	156.13	3.51%	59.22%
86	Cuenc_88	0.60	39.52	151.84	3.51%	68.75%

87	Cuenc_89	0.30	32.68	91.79	3.51%	54.67%
88	Cuenc_90	0.23	25.25	91.09	3.51%	20.00%
89	Cuenc_91	0.48	52.87	90.80	3.51%	68.75%
90	Cuenc_92	0.45	50.77	88.63	3.51%	60.44%
91	Cuenc_93	0.30	30.58	98.09	3.51%	67.67%
92	Cuenc_94	0.26	27.35	95.06	3.51%	52.50%
93	Cuenc_95	0.50	49.06	101.92	3.51%	49.90%
94	Cuenc_96	0.70	72.54	96.50	3.51%	77.29%
95	Cuenc_97	0.45	32.46	138.62	3.51%	81.00%
96	Cuenc_98	0.46	33.62	136.83	3.51%	51.09%
97	Cuenc_99	0.41	31.09	131.87	3.51%	65.73%
98	Cuenc_100	0.35	26.70	131.07	3.51%	75.57%
99	Cuenc_101	0.22	23.38	94.11	3.51%	70.23%
100	Cuenc_102	0.27	28.40	95.08	3.51%	74.81%
101	Cuenc_103	1.14	47.74	238.81	4.66%	68.68%
102	Cuenc_104	1.19	53.64	221.86	4.66%	59.75%
103	Cuenc_105	1.13	51.14	220.98	4.66%	51.06%
104	Cuenc_108	0.28	33.16	84.45	4.66%	57.14%
105	Cuenc_109	0.38	33.03	115.04	4.66%	76.45%
106	Cuenc_110	0.31	37.14	83.47	4.66%	62.26%
107	Cuenc_111	0.51	58.05	87.86	4.66%	56.37%
108	Cuenc_112	0.56	46.49	120.46	4.66%	62.50%
109	Cuenc_113	0.54	43.68	123.64	4.66%	44.54%
110	Cuenc_114	0.36	43.55	82.66	4.66%	70.00%
111	Cuenc_115	0.46	54.17	84.93	4.66%	63.80%
112	Cuenc_116	0.24	39.53	60.71	4.66%	61.88%
113	Cuenc_117	0.22	40.87	53.83	4.66%	58.86%
114	Cuenc_118	0.46	65.45	70.28	4.66%	67.39%
115	Cuenc_119	0.29	29.05	99.83	4.66%	60.34%
116	Cuenc_120	0.28	24.26	115.40	4.66%	45.00%
117	Cuenc_129	0.61	49.43	123.40	4.66%	47.70%
118	Cuenc_130	0.81	66.62	121.59	4.66%	47.28%
119	Cuenc_131	0.55	21.79	252.43	4.66%	44.82%
120	Cuenc_132	0.76	34.26	221.85	4.66%	53.36%
121	Cuenc_133	0.22	23.49	93.66	4.66%	58.64%
122	Cuenc_134	0.23	23.64	97.28	4.66%	63.91%
123	Cuenc_135	0.66	60.41	109.26	4.66%	42.50%
124	Cuenc_136	0.68	57.01	119.28	4.66%	55.37%
125	Cuenc_137	0.36	31.23	115.27	4.47%	65.14%
126	Cuenc_138	0.36	28.90	124.58	4.47%	80.00%
127	Cuenc_139	0.30	58.93	50.91	4.47%	74.33%
128	Cuenc_140	0.32	71.84	44.55	4.47%	40.31%
129	Cuenc_141	0.59	43.07	137.00	4.47%	71.78%
130	Cuenc_142	0.57	41.48	137.43	4.47%	41.67%
131	Cuenc_143	0.90	47.23	190.57	4.47%	59.00%
132	Cuenc_144	0.75	41.00	182.91	4.47%	52.53%
133	Cuenc_145	0.35	35.78	97.81	4.47%	65.29%
134	Cuenc_146	0.30	33.76	88.87	4.47%	61.17%
135	Cuenc_147	0.56	38.74	144.57	4.47%	57.14%
136	Cuenc_148	0.54	38.56	140.05	4.47%	62.13%

137	Cuenc_149	0.60	39.65	151.33	4.47%	49.33%
138	Cuenc_150	0.43	72.67	59.17	4.47%	65.35%
139	Cuenc_151	0.26	40.02	64.96	4.47%	60.00%
140	Cuenc_152	0.35	68.61	51.01	4.47%	46.14%
141	Cuenc_153	0.53	54.25	97.70	4.47%	63.11%
142	Cuenc_154	0.25	26.13	95.68	4.47%	57.40%
143	Cuenc_155	0.37	36.24	102.11	4.47%	35.81%
144	Cuenc_156	0.19	19.35	98.21	4.47%	37.11%
145	Cuenc_157	0.23	20.56	111.86	4.47%	39.78%
146	Cuenc_158	0.77	50.94	151.16	4.47%	68.12%
147	Cuenc_159	0.73	53.26	137.06	4.47%	43.15%
148	Cuenc_160	0.70	52.80	132.57	4.47%	71.07%
149	Cuenc_161	0.40	40.63	98.45	4.47%	78.50%
150	Cuenc_162	0.50	42.82	116.77	4.47%	38.20%
151	Cuenc_163	0.32	40.27	79.46	4.47%	28.13%
152	Cuenc_165	0.27	26.05	103.65	4.47%	70.56%
153	Cuenc_166	0.47	56.23	83.59	4.47%	57.34%
154	Cuenc_167	0.34	52.88	64.30	4.47%	39.12%
155	Cuenc_168	0.35	33.94	103.13	4.47%	74.29%
156	Cuenc_169	0.37	39.18	94.43	5.49%	48.11%
157	Cuenc_170	0.39	58.73	66.41	5.49%	45.00%
158	Cuenc_171	0.38	39.12	97.14	5.49%	63.42%
159	Cuenc_172	0.30	61.35	48.90	5.49%	41.67%
160	Cuenc_173	0.57	58.82	96.90	4.47%	64.47%
161	Cuenc_174	0.56	59.09	94.78	4.47%	31.61%
162	Cuenc_175	0.67	63.15	106.09	5.49%	46.19%
163	Cuenc_176	0.61	58.82	103.70	5.49%	57.30%
164	Cuenc_177	0.37	43.80	84.48	4.47%	44.59%
165	Cuenc_178	0.47	61.35	76.61	4.47%	35.21%
166	Cuenc_179	0.24	44.81	53.56	4.47%	20.00%
167	Cuenc_180	0.33	55.19	59.79	4.47%	45.61%
168	Cuenc_181	0.26	32.79	79.30	4.47%	47.50%
169	Cuenc_182	0.66	69.98	94.32	5.49%	39.70%
170	Cuenc_183	0.22	44.79	49.11	5.49%	40.68%
171	Cuenc_184	0.55	60.41	91.05	5.49%	64.09%
172	Cuenc_185	0.59	66.04	89.34	5.49%	68.73%
173	Cuenc_186	0.59	59.38	99.36	5.49%	71.78%
174	Cuenc_187	0.44	46.40	94.83	5.49%	28.86%
175	Cuenc_188	0.49	54.46	89.97	5.49%	57.14%
176	Cuenc_189	0.36	41.23	87.32	5.49%	29.03%
177	Cuenc_190	0.38	46.23	82.20	5.49%	20.00%
178	Cuenc_191	0.30	63.93	46.93	5.49%	70.33%
179	Cuenc_192	0.24	38.08	63.03	5.49%	41.04%
180	Cuenc_193	0.57	58.00	98.28	5.49%	26.84%
181	Cuenc_194	0.54	53.79	100.40	5.49%	46.76%
182	Cuenc_195	0.48	47.38	101.30	5.49%	45.73%
183	Cuenc_196	0.38	46.75	81.28	5.49%	71.58%
184	Cuenc_197	0.41	44.58	91.96	5.49%	26.34%
185	Cuenc_198	0.45	49.25	91.38	5.49%	54.67%
186	Cuenc_199	0.49	58.60	83.62	5.49%	34.59%
187	Cuenc_200	0.27	31.79	84.94	5.49%	41.67%

3.2.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En esta etapa existen datos que no necesitan mayor análisis, y son introducidos directamente en software, pero existen datos que se deben procesar para obtener la información o en la forma en que el software de modelamiento los requiera y se presentan a continuación:

a. Tiempo de Concentración.

❖ Kirpich (1940)

Tramo	L (m)	S (m/m)	Tc
1 - 2	318.75	0.05647	4.98
2 - 3	238.70	0.05027	4.17
3 - 4	267.52	0.04486	4.76
4 - 5	249.14	0.04014	4.70
5 - 6	295.82	0.04057	5.34
6 - 7	564.80	0.03187	9.65
7 - 8	315.20	0.02538	6.72

Tc = 40.33

❖ California Culverts Practica (1942)

Tramo	L (m)	H (m)	Tc
1 - 2	318.75	18	4.99
2 - 3	238.70	12	4.18
3 - 4	267.52	12	4.77
4 - 5	249.14	10	4.71
5 - 6	295.82	12	5.35
6 - 7	564.80	18	9.66
7 - 8	315.20	8	6.73

Tc = 40.40

❖ Federal Aviation Administration (1970)

Tramo	L (m)	S (m/m)	C	Tc
1 - 2	318.75	0.05647	0.9	6.541
2 - 3	238.70	0.05027	0.9	5.884
3 - 4	267.52	0.04486	0.9	6.470
4 - 5	249.14	0.04014	0.9	6.479
5 - 6	295.82	0.04057	0.9	7.035
6 - 7	564.80	0.03187	0.9	10.535
7 - 8	315.20	0.02538	0.9	8.490

Tc = 51.43

b. Período de Retorno.

- Densidad de la zona menor a 150 hab./ha, por tanto, $T_R = 2$ años como mínimo.
- La zona posee drenaje netamente complementario, por tanto, se establece un “n” vida útil para cunetas de 2 años y canales/colectores 10 años.
- Probabilidad de no ocurrencia. La fórmula que liga las probabilidades de no ocurrencia en un año cualquiera p con los períodos de retorno T_R es:

$$p = 1 - \frac{1}{T_R} = 1 - \frac{1}{2} = 0.50 = 50\%$$

$$p = 1 - \frac{1}{T_R} = 1 - \frac{1}{10} = 0.90 = 90\%$$

- Probabilidad de ocurrencia J en función del período de retorno:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{2}\right)^5 = 0.97 = 97\% \text{ (cunetas)}$$

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{10}\right)^{15} = 0.79 = 79\% \text{ (canal/colector)}$$

- La probabilidad de ocurrencia en un año cualquiera j estaría ligada a la ocurrencia para el mismo período, mediante la relación:

$$j = 1 - p = \frac{1}{T_R} = \frac{1}{2} = 0.5 = 50\%$$

$$j = 1 - p = \frac{1}{T_R} = \frac{1}{10} = 0.1 = 10\%$$

- El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{2}\right)^5 = 0.99 = 99\% \text{ (cunetas)}$$

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_R}\right)^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{10}\right)^{15} = 0.79 = 79\% \text{ (canal/colector)}$$

c. Análisis de tormentas.

La información más básica o sin ningún previo proceso que se puede requerir son las bandas pluviográficas, estas bandas pluviográficas tienen que ser de al menos las 3 máximas intensidades sucedidas durante el año y se analizan mediante un análisis de tormentas.

El análisis de tormentas cuenta con 4 etapas de proceso con la finalidad de obtener las curvas IDF y las ecuaciones que a estas las gobiernan, existe una 5ta etapa de ajustamiento de datos para una mejor presentación sin modificar los resultados requeridos.

Las etapas del proceso son:

❖ **Análisis de Pluviograma.**

Esta es la primera etapa del análisis que comienza procesando las bandas pluviográficas de la siguiente manera:

Paso N° 01. Tabulación

El primer paso en el análisis de un pluviograma es tabular la información.

Formaremos un cuadro que llamaremos Cuadro de Análisis del Pluviograma con 6 columnas donde tabularemos la información de cada banda pluviográfica de la siguiente manera:

- Hora (col. 1): corresponde a la hora (indicada en la abscisa del pluviograma) en que la precipitación cambia de Intensidad, y se reconoce por el cambio en la pendiente de la línea que marca la precipitación. Esta línea será más o menos inclinada de acuerdo con un aumento o disminución de la intensidad.
- Intervalo de tiempo (col. 2): tiempo transcurrido entre cambios de intensidad, expresados en minutos.
- Tiempo acumulado (col. 3): es la suma de los intervalos de tiempo en forma sucesiva.
- Lluvia parcial (col. 4): precipitación caída, en mm, durante cada intervalo de tiempo.
- Lluvia acumulada (col. 5): suma de las lluvias parciales
- Intensidad (col. 6): altura de precipitación referida a una hora de duración, calculada para cada uno de los intervalos de tiempo, expresándose en mm/hora.

Esta columna se construye por proporción directa entre columnas (4) y (2), es decir que:

$$Col. 6 = \frac{60 \times col. 4}{col. 2}$$

Paso N° 02. Construcción del Histograma

El segundo paso del análisis del pluviograma es la confección del Histograma, que es un gráfico que nos permite leer directamente la forma como varía la intensidad de la lluvia en el transcurso de su duración, Se construye con las columnas (1) y (6) del Cuadro de Análisis del Pluviograma.

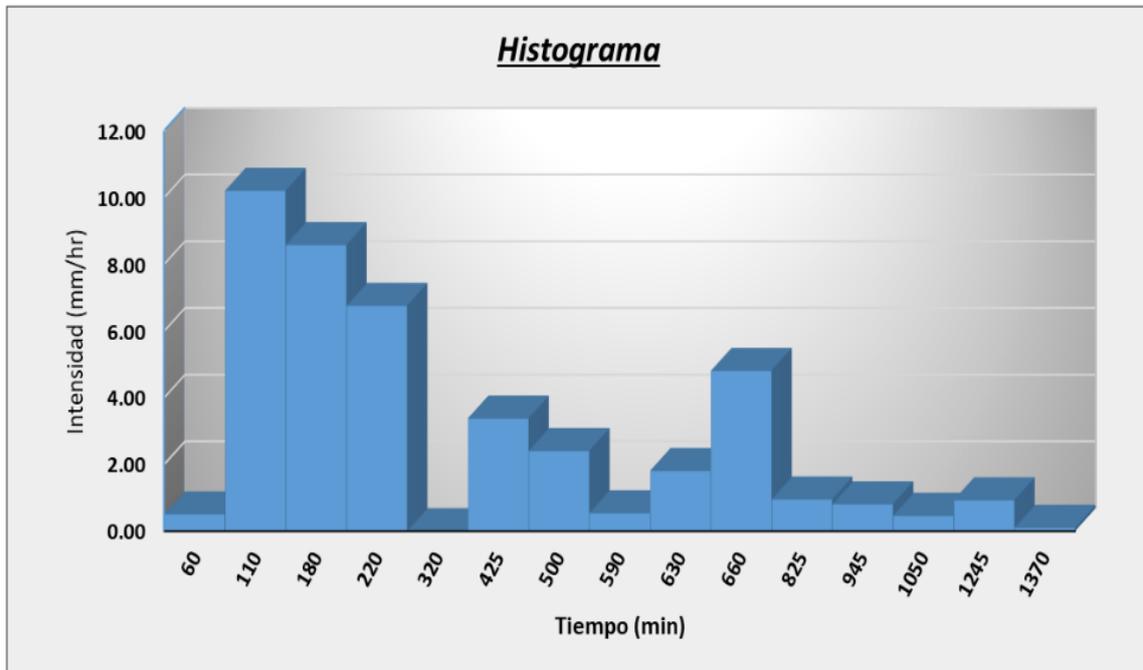


Figura N° 24: Histograma de evolución de la lluvia.

Fuente: Manual Silvo Agropecuario Tomo X.

Paso N° 03. Cálculo de la Intensidad Máxima para Periodos de Duración Diferente

Generalmente, para poder construir las curvas de Intensidad-Duración Frecuencia, nos interesa conocer las intensidades máximas para 5, 10, 30, 60 y 120 minutos de duración, dentro del tiempo total de duración de una tormenta.

Para esto acudimos al cuadro de Análisis del Pluviograma y al histograma correspondiente:

- Ubicamos la intensidad máxima que será nuestro valor n° 01, y el tiempo en que se ha mantenido esta intensidad será nuestro valor n° 02, si el tiempo en que se ha mantenido esta intensidad (valor n°02) es superior a algunos de los tiempos de duración (5,10,30,60,120 min) que nos interesan, los tiempos de duración superados tendrán la misma intensidad máxima ósea valor n° 01.
- Para tiempos de duración mayores al valor n° 02, les hallaremos su intensidad máxima con el siguiente razonamiento:
 - Ubicamos el valor n° 02, ubicamos el “tiempo de duración próximo” que no supero ya sea 5, 10, 30, 60, 120 minutos, este será nuestro valor n° 03, hallamos la diferencia de minutos entre el valor n° 03 y el valor n°02 y será el valor n° 04.
 - Para esta diferencia de minutos hallada (valor n° 04), buscamos antes o después del periodo del valor n° 02, la intensidad máxima inmediata inferior al valor n° 01, este será nuestro valor n°05.

- Entonces $\frac{\text{valor n}^\circ 02}{\text{valor n}^\circ 03}$ corresponde a una intensidad de valor n° 01 y

$\frac{\text{valor n}^\circ 04}{\text{valor n}^\circ 03}$ corresponde a una intensidad de valor n° 05.

- La intensidad máxima para en valor n° 03 (min) será:

$$\frac{\text{valor n}^\circ 02}{\text{valor n}^\circ 03} (\text{valor n}^\circ 01) + \frac{\text{valor n}^\circ 04}{\text{valor n}^\circ 03} (\text{valor n}^\circ 05) = I (\text{del valor n}^\circ 03)$$

- Para calcular la intensidad máxima del siguiente tiempo de duración se procederá de la misma manera.

Culminado el procedimiento y siguiendo los 3 pasos del análisis de tormentas se obtiene como resultado la siguiente tabla:

Tabla N° 14: Intensidades Máximas en mm/hora para diferentes Periodos de Duración, de los datos obtenidos de la Estación Weberbauer para los años 1973 – 2015.

N° Años	Año	Duración				
		05'	10'	30'	60'	120'
1	1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
2	1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
3	1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
4	1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
5	1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
6	1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
7	1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
8	1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
9	1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
10	1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
11	1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
12	1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
13	1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
14	1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
15	1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
16	1988	70.40	52.80	23.00	13.79	7.85
17	1989	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60
18	1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
19	1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
20	1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00

21	1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
22	1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
23	1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
24	1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
25	1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
26	1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
27	1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
28	2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
29	2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
30	2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
31	2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
32	2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
33	2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
34	2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
35	2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
36	2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
37	2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
38	2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
39	2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
40	2012	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
41	2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
42	2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89

❖ Análisis de Frecuencias.

Este análisis tiene como fin obtener la frecuencia en que un evento se presenta en un periodo determinado, se usó el siguiente razonamiento:

- Una vez calculadas las intensidades máximas de cada una de las tormentas registradas para diferentes duraciones, se procede a ordenar en forma decreciente los valores encontrados de intensidad máxima, independientemente del orden cronológico, en donde se han seleccionado los 42 valores más altos de cada duración.
- La frecuencia de cada evento se calcula según la fórmula.
- La frecuencia nos representa el número de veces que un evento se presenta en un período de tiempo más o menos largo.
- A continuación, calculamos la inversa de la frecuencia, obteniendo el número de años con que un evento se presenta, es decir, el tiempo o período de retorno.
- Se debe tener en cuenta que, a mayor intervalo de duración, menor es la intensidad. Así mismo, para cada intervalo de duración, los valores de intensidad se encuentran formando una serie a partir de la cual se hallaron las frecuencias.

Culminado el procedimiento se obtiene como resultado la siguiente tabla:

Tabla N° 15: Análisis de Frecuencia.

N° DE ORDEN	Duración					$f = \frac{m}{n+1}$	Tr = 1/f , años
	05'	10'	30'	60'	120'		
1	119.10	84.60	41.00	27.10	19.00	0.02	43.00
2	112.80	75.15	40.60	26.00	14.00	0.05	21.50
3	111.60	75.00	38.00	23.71	14.00	0.07	14.33
4	101.00	73.00	37.94	23.10	13.99	0.09	10.75
5	100.00	71.80	37.20	23.00	13.50	0.12	8.60
6	92.00	71.00	37.00	23.00	13.27	0.14	7.17
7	91.49	69.30	37.00	22.00	13.02	0.16	6.14
8	90.00	68.10	36.22	21.08	12.91	0.19	5.38
9	88.29	66.34	35.04	21.00	12.30	0.21	4.78
10	86.40	65.40	34.00	20.28	12.00	0.23	4.30
11	84.60	64.18	33.80	19.40	11.12	0.26	3.91
12	84.60	64.00	33.00	19.04	11.00	0.28	3.58
13	83.00	63.89	32.70	19.00	11.00	0.30	3.31
14	82.20	63.00	32.44	18.70	10.89	0.33	3.07
15	81.30	60.21	32.04	18.00	10.00	0.35	2.87
16	76.00	60.10	31.40	18.00	10.00	0.37	2.69
17	75.30	60.00	30.67	17.88	10.00	0.40	2.53
18	73.60	58.00	30.11	17.86	9.89	0.42	2.39
19	73.02	56.25	29.13	17.28	9.83	0.44	2.26
20	73.00	54.80	28.66	16.72	9.80	0.47	2.15
21	72.00	54.40	28.00	16.60	9.70	0.49	2.05
22	71.11	53.00	28.00	16.00	9.60	0.51	1.95
23	70.80	52.80	27.60	16.00	9.40	0.53	1.87
24	70.80	51.00	27.28	15.90	9.32	0.56	1.79
25	70.40	50.40	27.24	15.87	9.24	0.58	1.72
26	68.00	50.00	26.80	15.81	9.23	0.60	1.65
27	68.00	49.90	25.56	15.63	9.00	0.63	1.59
28	67.20	49.20	25.40	15.60	8.94	0.65	1.54
29	67.20	49.20	24.00	15.54	8.23	0.67	1.48
30	65.00	47.80	24.00	15.20	8.05	0.70	1.43
31	64.00	43.80	23.60	14.70	7.95	0.72	1.39
32	62.40	42.60	23.00	14.00	7.95	0.74	1.34
33	60.00	42.20	23.00	13.79	7.85	0.77	1.30
34	59.31	39.00	22.80	13.66	6.90	0.79	1.26
35	58.00	38.50	21.60	13.20	6.80	0.81	1.23
36	56.00	38.30	21.00	12.00	6.50	0.84	1.19
37	47.00	36.60	20.50	11.10	6.40	0.86	1.16
38	46.80	33.24	19.00	10.30	6.10	0.88	1.13
39	45.60	32.40	15.90	10.00	6.00	0.91	1.10
40	30.00	30.00	15.00	9.90	5.00	0.93	1.08
41	28.20	24.00	13.80	9.80	4.40	0.95	1.05
42	26.00	20.60	13.80	8.70	4.05	0.98	1.02

❖ Distribución de Eventos por el Método Gumbel.

Paso N° 01

Aplicando las fórmulas mencionadas en el análisis de tormentas. que explica las fórmulas se sigue un procedimiento donde se asume una magnitud X, para luego hallar el T (tiempo de retorno); en la investigación conocemos los tiempos de retorno (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años) y lo que necesitamos hallar es la magnitud X que sucederá, por lo tanto, solo se procederá en el orden inverso a la teoría, de la siguiente manera:

- De la ecuación (05) despejamos P teniendo: $P = 1 - \frac{1}{T}$; esta ecuación la igualamos con la ecuación (01) quedando: $1 - \frac{1}{T} = e^{-e^{-y}}$, con una sola incógnita “y”.
- Reemplazando los datos y resolviendo la ecuación tenemos los “y” para los distintos Tr.
- Luego, de la ecuación (02), $y = a (X - X_f)$, hallar “a”, y “X_f”:

$$a = \frac{S_n}{S_x} \quad X_f = \bar{x} - S_x \frac{\bar{Y}_n}{S_n}$$

Hallamos \bar{Y}_n y S_n para n = 42:

$$\bar{Y}_n = 0.5448$$

$$S_n = 1.1458$$

Del paso N° 01: Obtenemos las “y” para los distintos tiempos de Retorno expresados a continuación:

TR =	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
e(-e(-y)) =	0.50	0.80	0.90	0.96	0.98	0.99
-e(-y) =	-0.69	-0.22	-0.11	-0.04	-0.02	-0.01
e(-y) =	0.69	0.22	0.11	0.04	0.02	0.01
-y =	-0.37	-1.50	-2.25	-3.20	-3.90	-4.60
y =	0.37	1.50	2.25	3.20	3.90	4.60

Paso N° 02

- Obteniendo la S_x (desviación estándar) para cada duración, reemplazamos, obteniendo “a” y “X_f” para cada duración.

Del paso N° 02: Obtenemos las variables “a” y “X_f” para los distintos tiempos de Retorno expresados a continuación:

Duración.	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
a =	0.055	0.077	0.158	0.257	0.380
X _f =	62.704	46.586	24.762	14.818	8.286

Paso N° 03

- Finalmente, obtenidos todos los datos necesarios en la ecuación (02) y solo teniendo como incógnita la magnitud X que en este caso es la Intensidad (mm/hr), la despejamos de la ecuación obteniendo:

$$X = \frac{y}{a} + X_f, \text{ reemplazando obtenemos la tabla de Tr vs Imáx.}$$

Del paso N° 03: Obtenemos finalmente como resultado la tabla:

Tabla N° 16: Tiempos de Retorno vs. Intensidades Máximas para diferentes Periodos de Retorno.

TR (años)	INTENSIDAD MAXIMA, (mm/hr)				
	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
2 años	69.42	51.33	27.08	16.25	9.25
5 años	90.21	66.02	34.25	20.66	12.23
10 años	103.96	75.74	39.00	23.58	14.20
25 años	121.35	88.03	45.00	27.27	16.69
50 años	134.25	97.14	49.46	30.01	18.54
100 años	147.05	106.19	53.87	32.73	20.38

❖ Curva IDF

El último paso para obtener las curvas IDF y sus respectivas ecuaciones, solo nos faltaría graficar de la siguiente manera:

- A partir del cuadro tiempo de retorno vs. intensidades máximas, obtendremos las curvas IDF, graficando la duración en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical, esto con la finalidad de hallar para cada curva la ecuación no lineal que la determina.
- Finalmente unimos los puntos mediante una recta que sigue una tendencia potencial, la gráfica nos mostrará la ecuación que sigue dicha curva, la cual será necesaria en la confección del hietograma posteriormente.

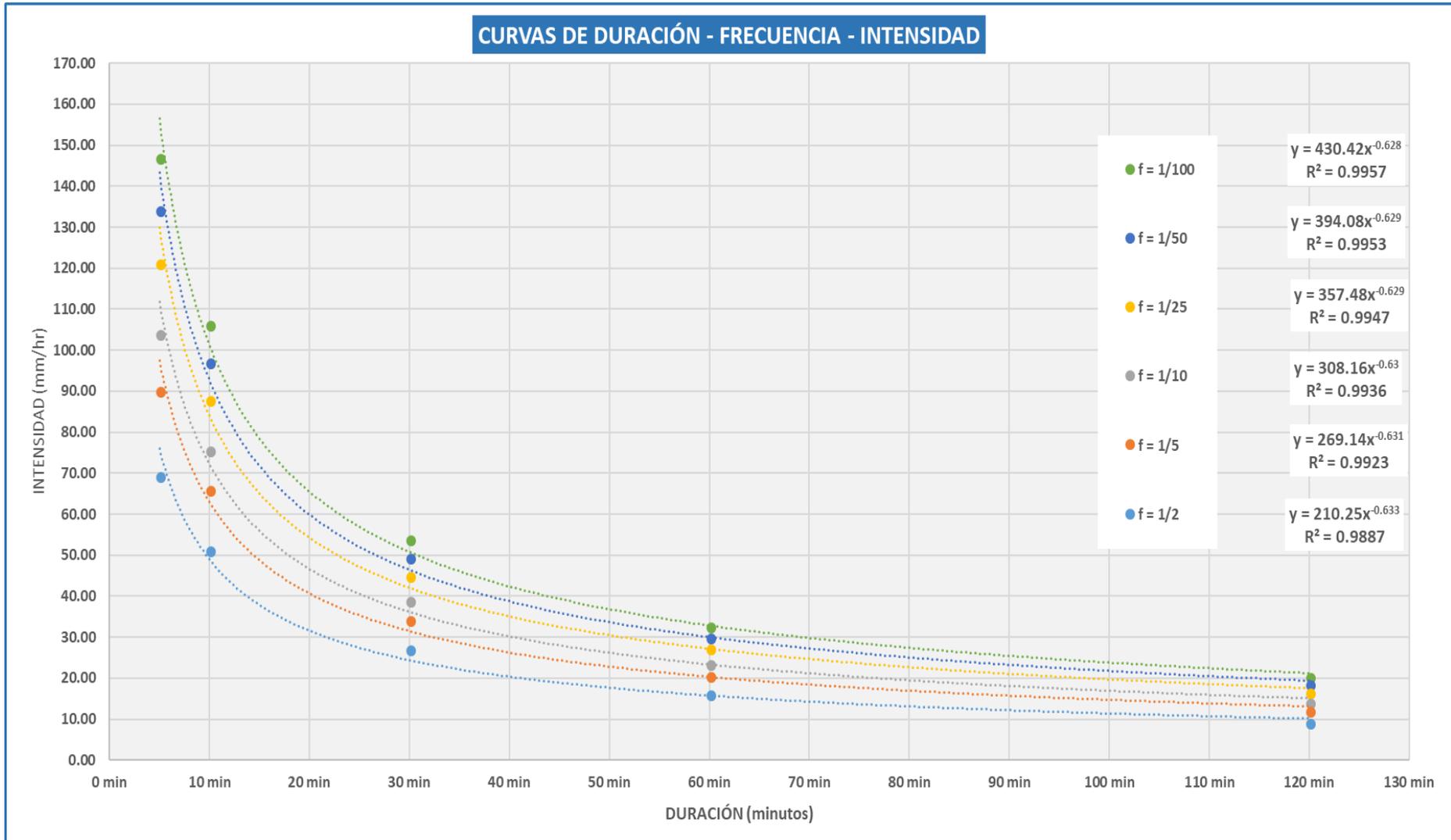


Figura N° 25: Curva IDF para Tr = 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años,

❖ Hietograma

Este hietograma de diseño reflejará la distribución de las precipitaciones producidas a lo largo de las horas más lluviosas que se pueden producir en ese punto con un periodo de retorno de n años.

Paso N° 01

Para el caso de la investigación hemos confeccionado un hietograma de un aguacero de 0.667 horas, con incrementos de tiempo de 2 minutos. Se trata por tanto de 40 minutos repartidos en 20 intervalos de 2 minutos, esto se obtuvo verificando que, en el punto de cierre de la cuenca, la variación en caudal máximo sea del 2% respecto al anterior, con una variación en el tirante máximo de 0.01 m.

Caudales y tirantes máximos alcanzados en la salida de la cuenca para distintas duraciones de tormenta y 2 años de recurrencia.

DURACION	P.TOTAL	Caudal	Caudal Máximo		H max
(hs)	(mm)	lts/s	(m ³ /s)	% incremento	(m)
0.33	9.478	1600.26	1.60026	--	0.584
0.5	11.097	1679.41	1.67941	4.71	0.604
0.67	12.411	1693.32	1.69332	0.82	0.607

Paso N° 02

A continuación, para la confección del Hietograma utilizaremos el método de bloques alternos (alternating block method, Chow et al. 1994), que se basa en las curvas IDF de la siguiente manera:

- Elegimos la curva Intensidad - Duración correspondiente al periodo de retorno deseado, o una ecuación que refleje dicha curva. En cualquiera de los casos, podremos leer gráficamente u obtener de la ecuación la intensidad de precipitación para diversos incrementos de tiempo, la investigación será evaluada para los tiempos de retorno siguientes:

- $Tr = 2$ años. Ecuación: $I\left(\frac{mm}{h}\right) = 177.32X^{-0.611}$

- A continuación, calculamos la intensidad caída en cada intervalo:

- Para 2 minutos con $Tr = 2$ años:

$$I\left(\frac{mm}{hr}\right) = 117.32 (3 \text{ min})^{-0.611} = 116.10 \text{ mm/h}$$

- A continuación, calculamos la precipitación caída en cada intervalo:

- Para 2 minutos con $Tr = 2$ años: $2 \text{ min} = 0.033 \text{ horas}$

$$P (mm) = I\left(\frac{mm}{h}\right) * t_{horas} = 116.10 \frac{mm}{h} * 0.033 h = 3.87 \text{ mm.}$$

- A continuación, calculamos el (ΔP) a partir de la anterior, debemos suponer que dentro de los 4 min. más lluviosos se encuentran los 02 min. más lluviosos y razonamos así:
 - En los 4 min más lluviosos para $T = 2$ años, cayeron 5.07 mm.
 - Si (dentro de los 4 min anteriores) en los 2 min. más lluviosos cayeron 3.87 mm, en los restantes 2 min: $5.07 - 3.87 = 1.20$ mm.
- Análogamente, calculamos el resto de la última columna, obteniendo la precipitación caída en incrementos de 2 minutos (es el intervalo elegido), en orden decreciente.
- Finalmente, para construir el hietograma utilizamos los valores de la columna formada por los (ΔP), se procede así:
 - En el centro se coloca la precipitación registrada en los 2 min más lluviosos. A su derecha, se coloca la precipitación registrada en el 2^{do} intervalo más lluvioso. A la izquierda, la registrada en el 3^{er} intervalo más lluvioso, a la derecha el 4^{to}, etc., siguiendo los pasos, hemos formado la columna (ΔP Ord) para luego graficarla.
 - Se grafica los intervalos de tiempo (t) vs. las precipitaciones ordenadas (ΔI Ord).

Este procedimiento se refiere a la confección del hietograma expresado en Precipitación, pero el modelo computacional también permite ingresar el hietograma expresado en intensidades, entonces si deseamos el hietograma expresado en intensidades (mm/hr) se procede de la siguiente manera:

- Lo único que hacemos es, si los intervalos utilizados son de “m” minutos, habría que multiplicar la altura de cada bloque por $\frac{60}{m}$ obteniendo el (ΔI).
 - Para 2 minutos con $Tr = 2$ años: Intervalo (m) = 2 min.
$$\Delta I \text{ (mm/hr)} = \Delta P \text{ (mm)} * \frac{60}{m}$$

$$\Delta I_2 = 3.87 \text{ (mm)} * \frac{60}{2}$$

$$\Delta I_2 = 116.10 \text{ (mm/hr)}$$
- Construimos el hietograma en función de las intensidades siguiendo los mismos pasos:
 - En el centro se coloca la intensidad registrada en los 3 min más lluviosos. A su derecha, se coloca la intensidad registrada en el 2^o intervalo más lluvioso. A la izquierda, la registrada en el 3er intervalo más lluvioso, a la derecha el 4^o, etc., siguiendo los pasos, hemos formado la columna (ΔI Ord) para luego graficarla.
 - Se grafica los intervalos de tiempo (t) vs. Las intensidades ordenadas (ΔI Ord).
- Una vez constituidas la tabla graficamos la evolución de la lluvia durante su duración, en función de la precipitación e intensidad para cada Tr.

Culminado el paso N° 02 obtenemos como resultado:

t (min)	t(hr)	I (mm/hr)	P (mm)	ΔP (mm)	ΔP Ord.	ΔI (mm/hr)	ΔI Ord.
2	0.033	135.58	4.52	4.52	0.26	135.58	7.85
4	0.067	87.42	5.83	1.31	0.28	39.27	8.44
6	0.100	67.63	6.76	0.94	0.31	28.05	9.16
8	0.133	56.37	7.52	0.75	0.34	22.59	10.06
10	0.167	48.95	8.16	0.64	0.37	19.24	11.24
12	0.200	43.61	8.72	0.56	0.43	16.94	12.85
14	0.233	39.56	9.23	0.51	0.51	15.23	15.23
16	0.267	36.35	9.69	0.46	0.64	13.91	19.24
18	0.300	33.74	10.12	0.43	0.94	12.85	28.05
20	0.333	31.56	10.52	0.40	4.52	11.97	135.58
22	0.367	29.72	10.90	0.37	1.31	11.24	39.27
24	0.400	28.12	11.25	0.35	0.75	10.61	22.59
26	0.433	26.73	11.58	0.34	0.56	10.06	16.94
28	0.467	25.51	11.90	0.32	0.46	9.58	13.91
30	0.500	24.42	12.21	0.31	0.40	9.16	11.97
32	0.533	23.44	12.50	0.29	0.35	8.78	10.61
34	0.567	22.56	12.78	0.28	0.32	8.44	9.58
36	0.600	21.76	13.05	0.27	0.29	8.13	8.78
38	0.633	21.02	13.32	0.26	0.27	7.85	8.13
40	0.667	20.35	13.57	0.25	0.25	7.59	7.59

Finalmente elaboramos el gráfico para conocer como es la evolución de la lluvia:

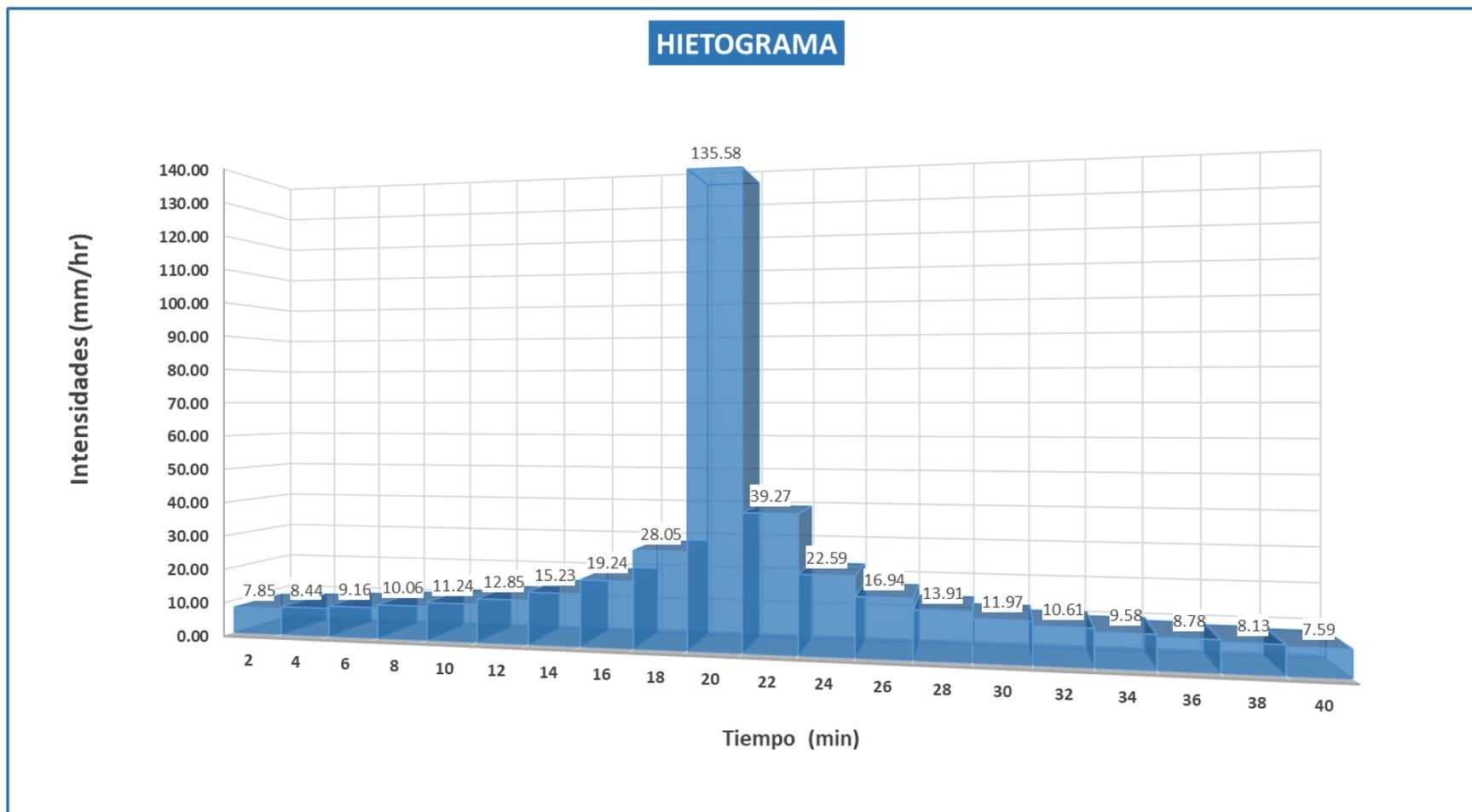


Figura N° 26: Hietograma de lluvia de duración de 40 min.

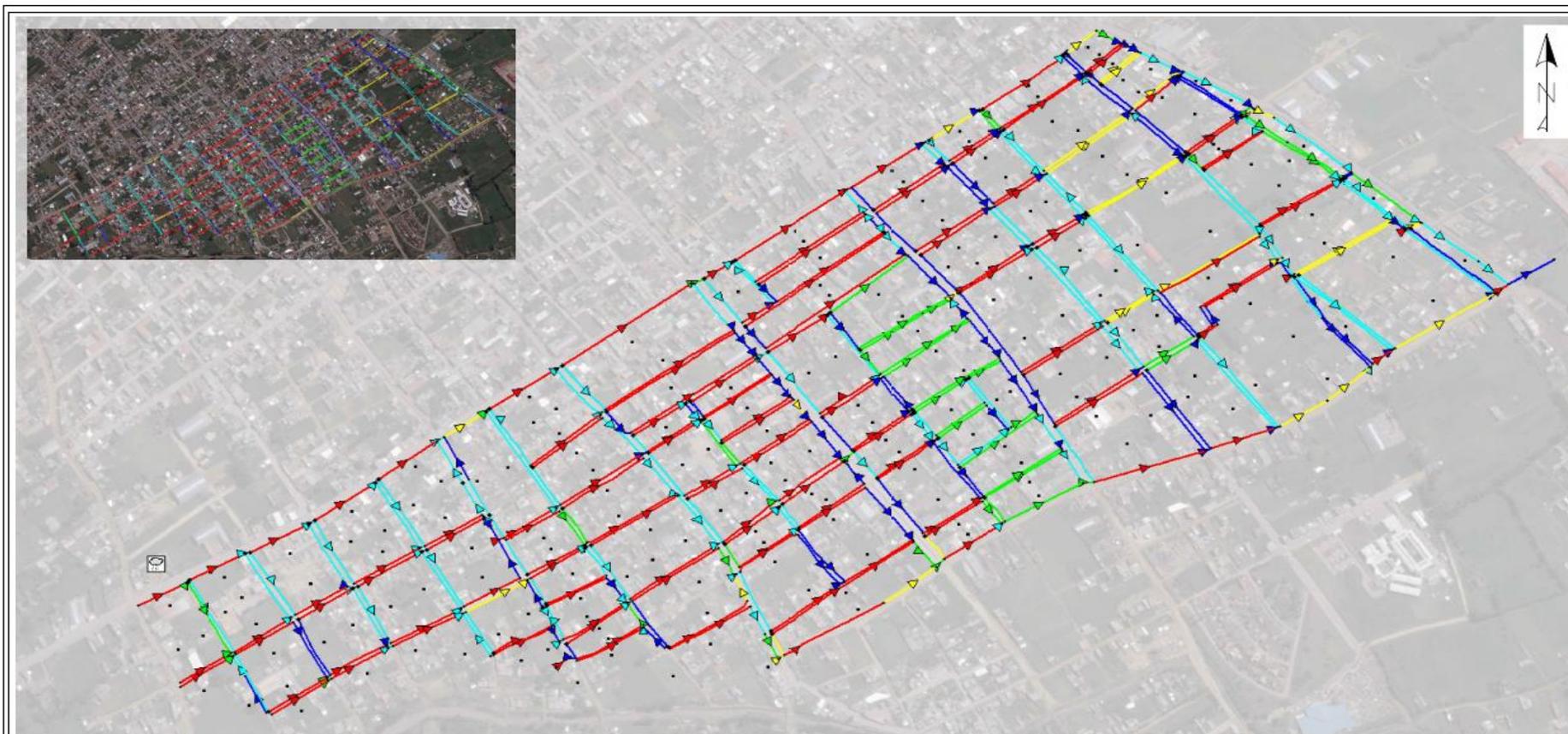
3.3. RESULTADOS.

Los resultados presentados de la tesis serán con el contexto que presenta el programa de modelamiento SWMM ya que este permite apreciar de una forma muy interactiva y rápida ver cualquier variable u objetos, también permite clasificarlas por escalas e inclusive hacerlas interactuar entre variables resultando de mucha aplicación para el que el usuario realice su análisis.

Dentro de los resultados e logrado establecer mapas para generar una coyuntura del lugar, sus características y formas, para finalmente presentar los resultados con las variables que necesitamos mediante mapas, los objetos y variables establecidos son:

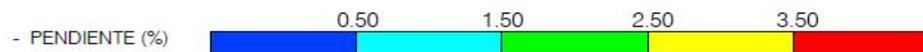
- Pendientes
- Capacidades
- Caudales
- Puntos de inundación
- Velocidades
- Estabilidad y deslizamiento

3.3.1. PENDIENTE EN LOS CONDUCTOS



NOTAS:

- La zona de investigación posee en el sentido de suroeste a noreste pendientes bastantes pronunciadas generando una rápida concentración de escorrentía mientras que en el sentido de noroeste a sureste las pendientes son poco pronunciadas generando una concentración lenta manifestándose en la zonas con inundación y anegamientos.

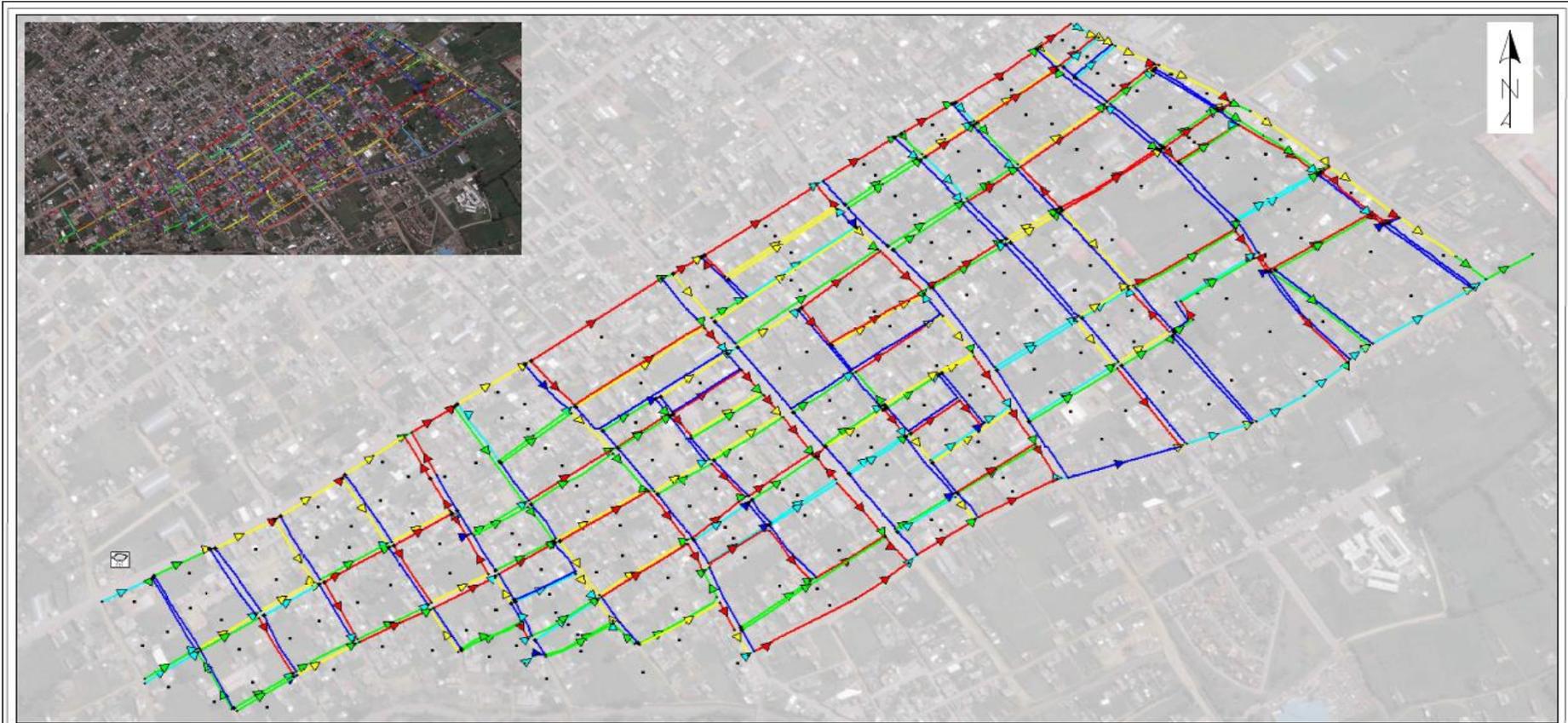


PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	PENDIENTE DE CONDUCTOS
ELABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

UBICACIÓN:	PROV: CAJAMARCA DET: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

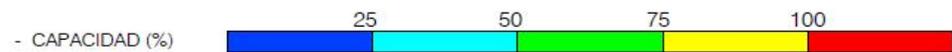
LÁMINA N°:	01
------------	----

3.3.2. CAPACIDAD EN LOS CONDUCTOS - CUNETAS



NOTAS:

- La capacidad analizada representa unicamente los conductos de trasporte (cunetas y/o canales).
- La capacidad alcanzada en los conductos que se muestra en el mapa es al momento de generacion de mayor escorrentia.

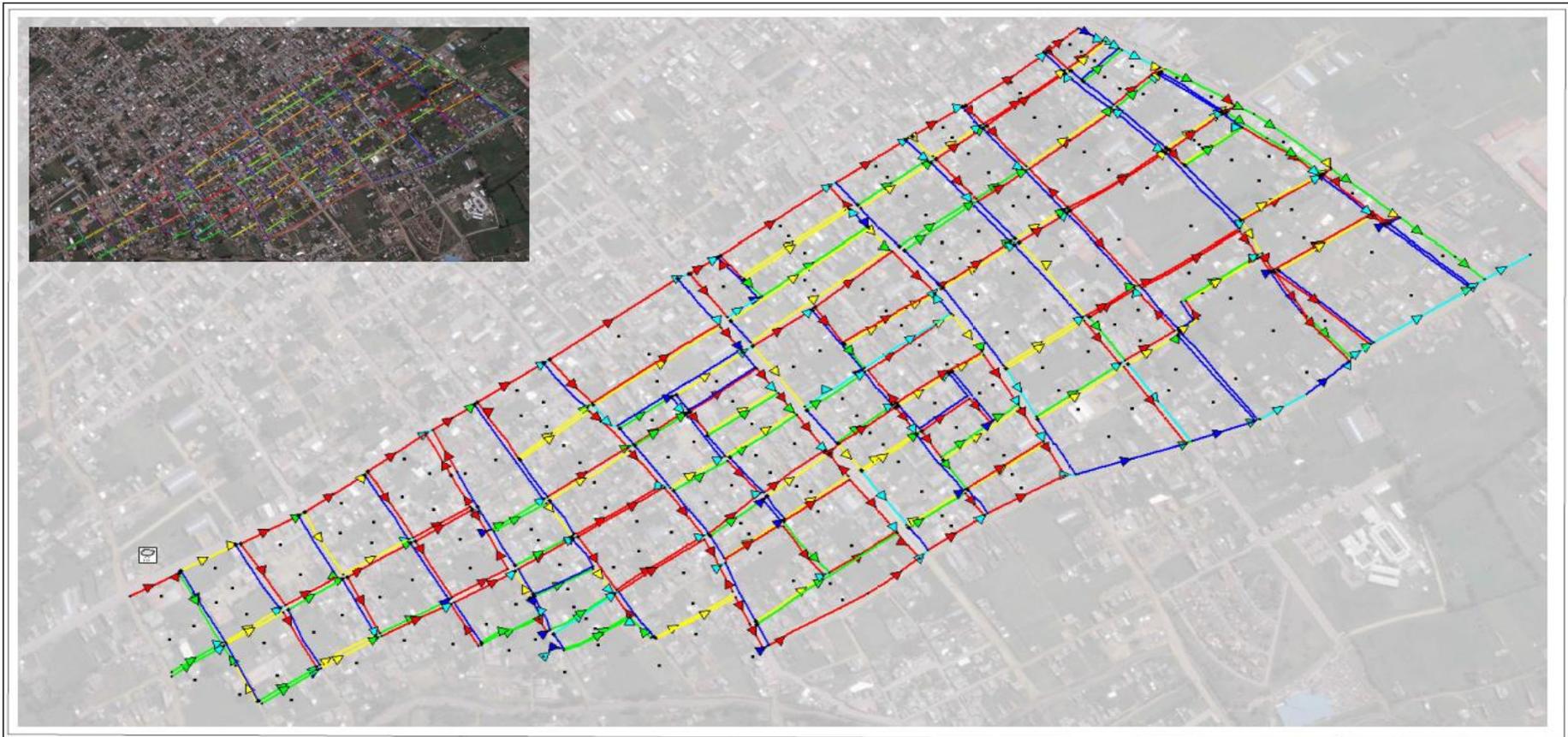


PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	CAPACIDAD DE CONDUCTOS - CUNETAS
ELABORACION:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

UBICACION:	PROV. CAJAMARCA DST. CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

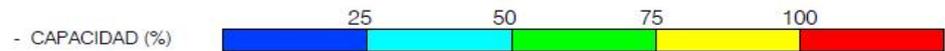
LAMINA N°:	02
------------	----

3.3.3. CAPACIDAD EN LOS CONDUCTOS - CUNETAS Y CALZADA HASTA 1m.



NOTAS:

- La capacidad analizada representa los conductos de transporte (cunetas y/o canales) incluido parte de la calzada hasta 1m. para el libre tránsito peatonal.
- La capacidad alcanzada en los conductos que se muestra en el mapa es al momento de generación de mayor escorrentía.

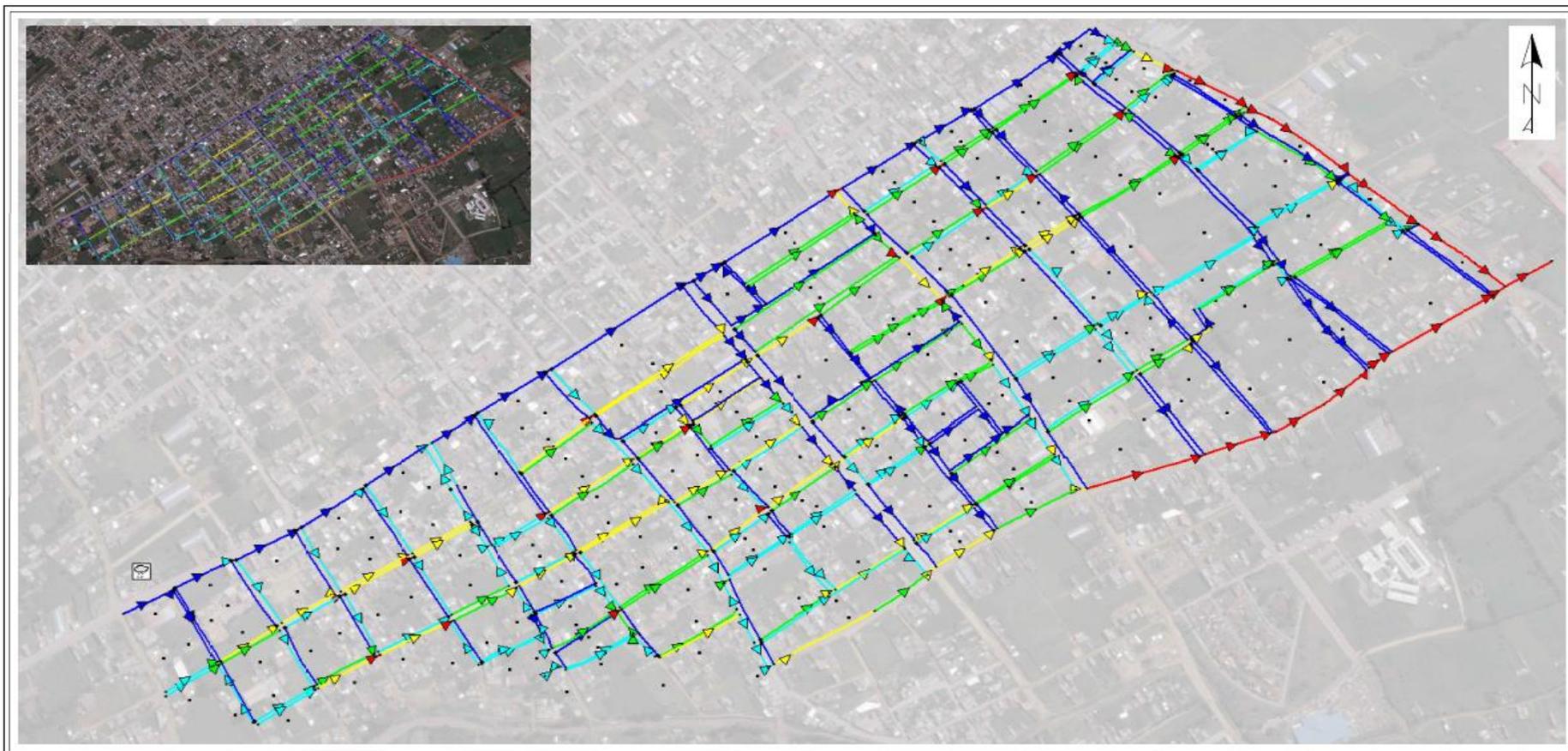


PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	CAPACIDAD DE CONDUCTOS - CUNETAS + CALZADA HASTA 1m.
ELABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

UBICACIÓN:	PROV: CAJAMARCA DET: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

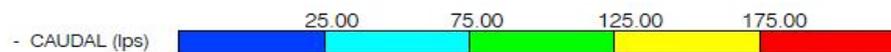
LÍNEA N°:	03
-----------	----

3.3.4. CAUDAL EN LOS CONDUCTOS - CUNETAS



NOTAS:

- Los caudales en el mapa están representados únicamente por las cunetas y canales.
- Los caudales representados en el mapa son al momento de generación de mayor escorrentía durante el evento.

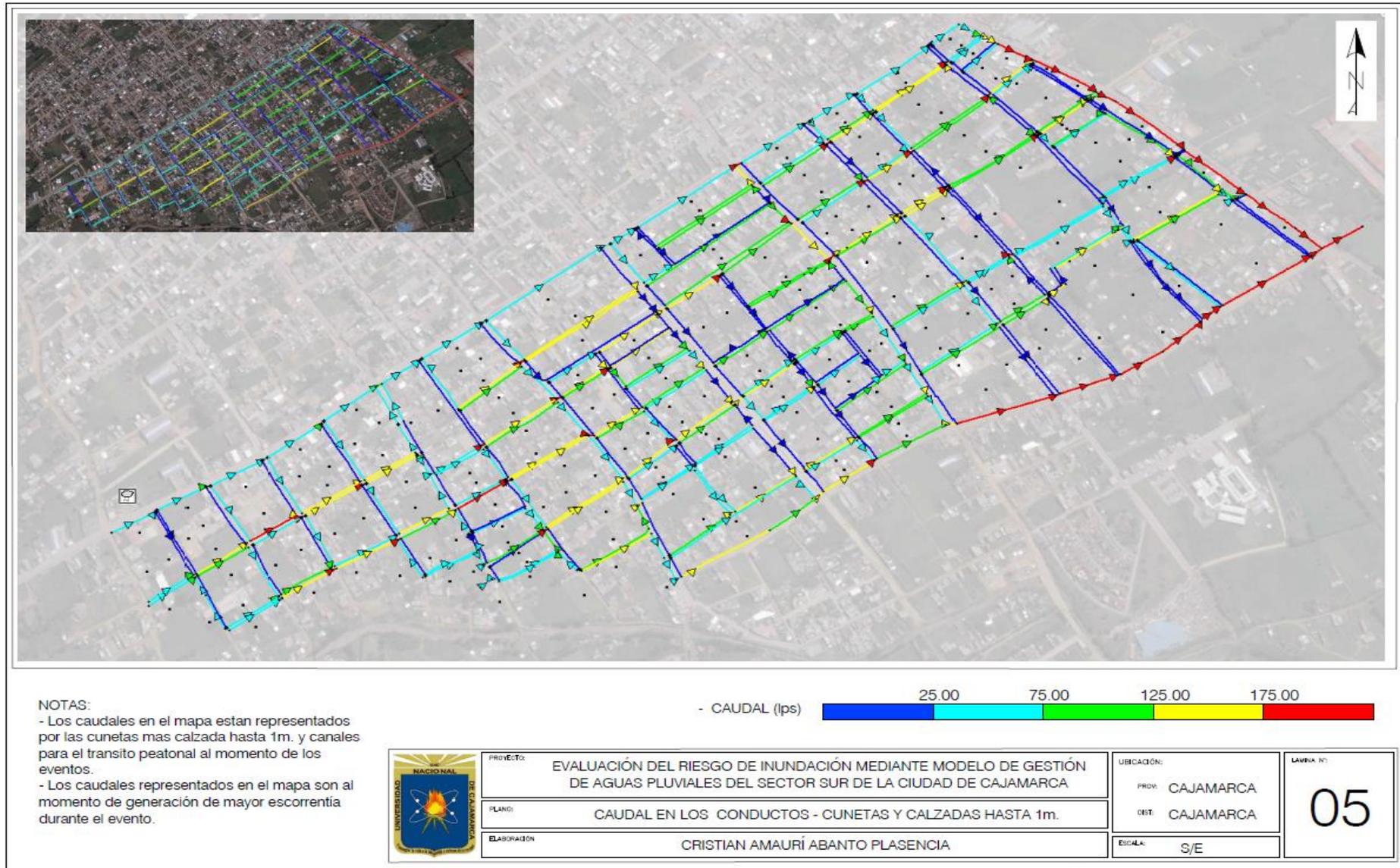


PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	CAUDAL EN LOS CONDUCTOS - CUNETAS
ELABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

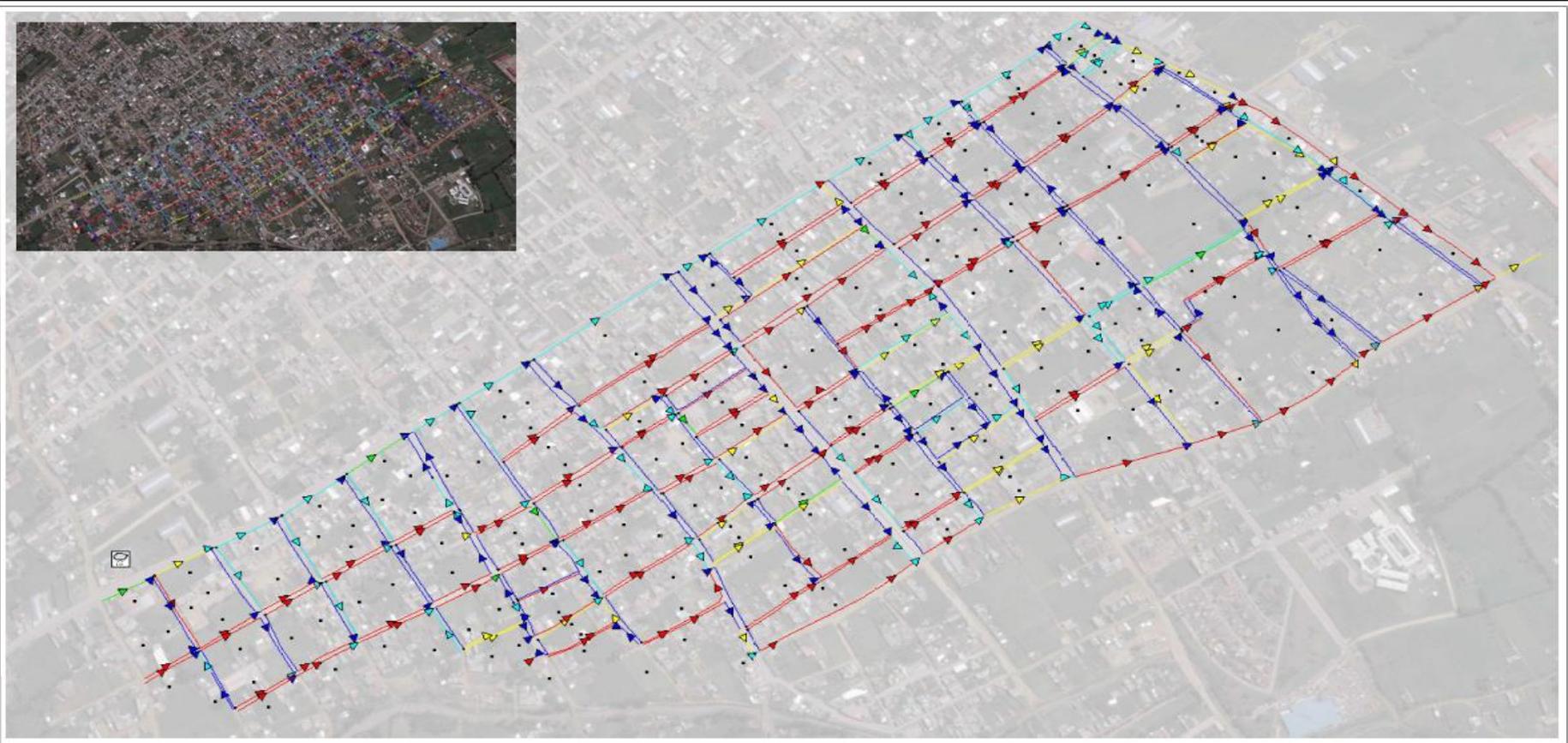
UBICACIÓN:	PROV: CAJAMARCA DPT: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

LÁMINA N.º:	04
-------------	----

3.3.5. CAUDAL EN LOS CONDUCTOS - CUNETAS Y CALZADA HASTA 1m.

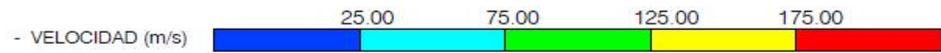


3.3.6. VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS



NOTAS:

- Los nodos de inundación representados en el mapa son al momento de generación de mayor escorrentía durante el evento.



PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	VELOCIDAD EN LOS CONDUCTOS
ELABORACION:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLESENCIA

UBICACIÓN:	PROV. CAJAMARCA DIST. CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

LAVINA N°:	06
------------	----

3.3.7. INUNDACIÓN EN LOS NODOS



NOTAS:

- Los nodos de inundación representados en el mapa son al momento de generación de mayor escorrentía durante el evento.



PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	INUNDACIÓN EN LOS NODOS
ELABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

UBICACIÓN:	PROV: CAJAMARCA DETE: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

LÁMINA N.º	07
------------	----

3.3.8. ESTABILIDAD Y DESLIZAMIENTO.

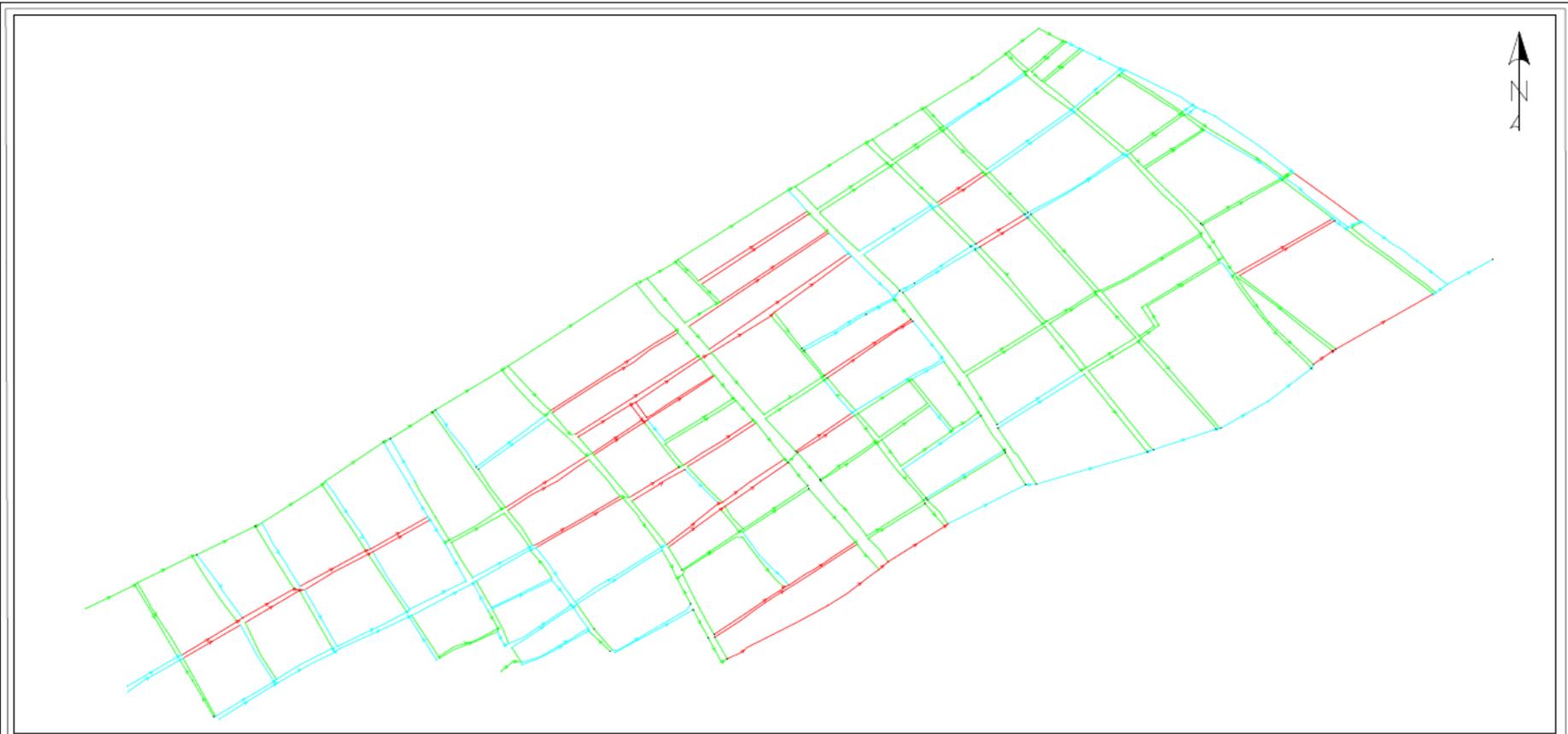
Teniendo en cuenta los niveles establecidos en la Tabla N° 011. Categorías de severidad en función del producto calado-velocidad. Reiter, 2001, y el criterio basado por Nanía (2009) que se basa en la estabilidad al deslizamiento se ha realizado un enfoque de manera general del sistema teniendo en cuenta los rangos de calados y velocidades que tienen mayor incidencia al presentarse el evento.

Tabla N° 17. Resultados del producto de calados – velocidades para un $Tr = 2$ años.

y (m)	v (m/s)	Vuelco	Deslizamiento
		v.y (m ² /s)	v ² .y (m ³ /s ²)
0.15	2.00	0.30	0.60
0.20	2.00	0.40	0.80
0.15	2.50	0.38	0.94
0.20	2.50	0.50	1.25

- Los calados generales son 0.15 y 0.20 m, mientras que las velocidades de mayor incidencia alcanzadas fueron de 2 y 2.5 m/s, obtuvimos los resultados del producto calado – velocidad para el Vuelco, estos resultados indican que el sistema se encuentra dentro de la categoría “Severidad Baja”.
- Con respecto al criterio de deslizamiento, obtenemos los resultados del producto velocidad – vuelco, los resultados indican que para el calado 0.20m y velocidad 2.50m/s hay dificultad para mantener la estabilidad al deslizamiento para una persona promedio ya que supera los $1.23\text{m}^3/\text{s}^2$.

- ESTABILIDAD Y DESLIZAMIENTO



- CRITERIOS DE ESTABILIDAD Y DESLIZAMIENTO

NOTAS:

- Las variables que establecen los criterios para la estabilidad y deslizamiento se basan en la velocidad y calado alcanzados en los conductos.
- Con respecto al vuelco (estabilidad) toda la zona presenta una "severidad baja" para calados entre 0.15 m y 0.20 m. y para velocidades entre 2 m/s y 2.5 m/s.
- Con respecto al deslizamiento existe una dificultad para mantener la estabilidad al deslizamiento para un calado mín. de 0.20 m y velocidad mín. de 2.5 m/s.



- Estos conductos no presentan dificultad al vuelco y deslizamiento.
- En estos conductos se pueden presentar problemas al deslizamiento en un evento extraordinario.
- Estos conductos presentan dificultad al vuelco y deslizamiento en cualquier evento de lluvia.



PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	CRITERIOS DE ESTABILIDAD Y DESLIZAMIENTO
ELABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

UBICACIÓN:	PROV: CAJAMARCA DPT: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

LÁMINA N.º:	08
-------------	----

3.4. PROPUESTA PROFESIONAL PARA REDUCIR EL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA ZONA.

La zona en gran parte ya tiene su infraestructura para el drenaje complementario ejecutada, por lo que realizar el cambio completo de toda la infraestructura resultaría no factible, por lo que la solución se basa en una propuesta razonable en ubicación y ejecución de canales colectores que puedan conducir la escorrentía, los diseños son colectores superficiales considerados dentro del drenaje secundario.

- Diseño Hidráulico:

Colector	n	y (m)	b (m)	p (m)	A (m ²)	Rh (m)	S (m/m)	Q (m ³ /s)	V (m ² /s)
Canal 1	0.012	0.70	0.60	2.00	0.42	0.21	0.0078	1.09	2.60
Canal 2	0.012	0.60	0.60	1.80	0.36	0.20	0.0083	0.93	2.60
Canal 3	0.012	0.70	0.60	2.00	0.42	0.21	0.0033	0.71	1.69
Canal 4	0.012	0.70	0.60	2.00	0.42	0.21	0.0068	1.02	2.43

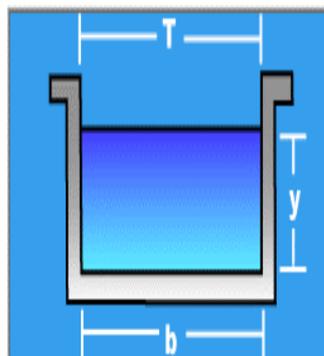


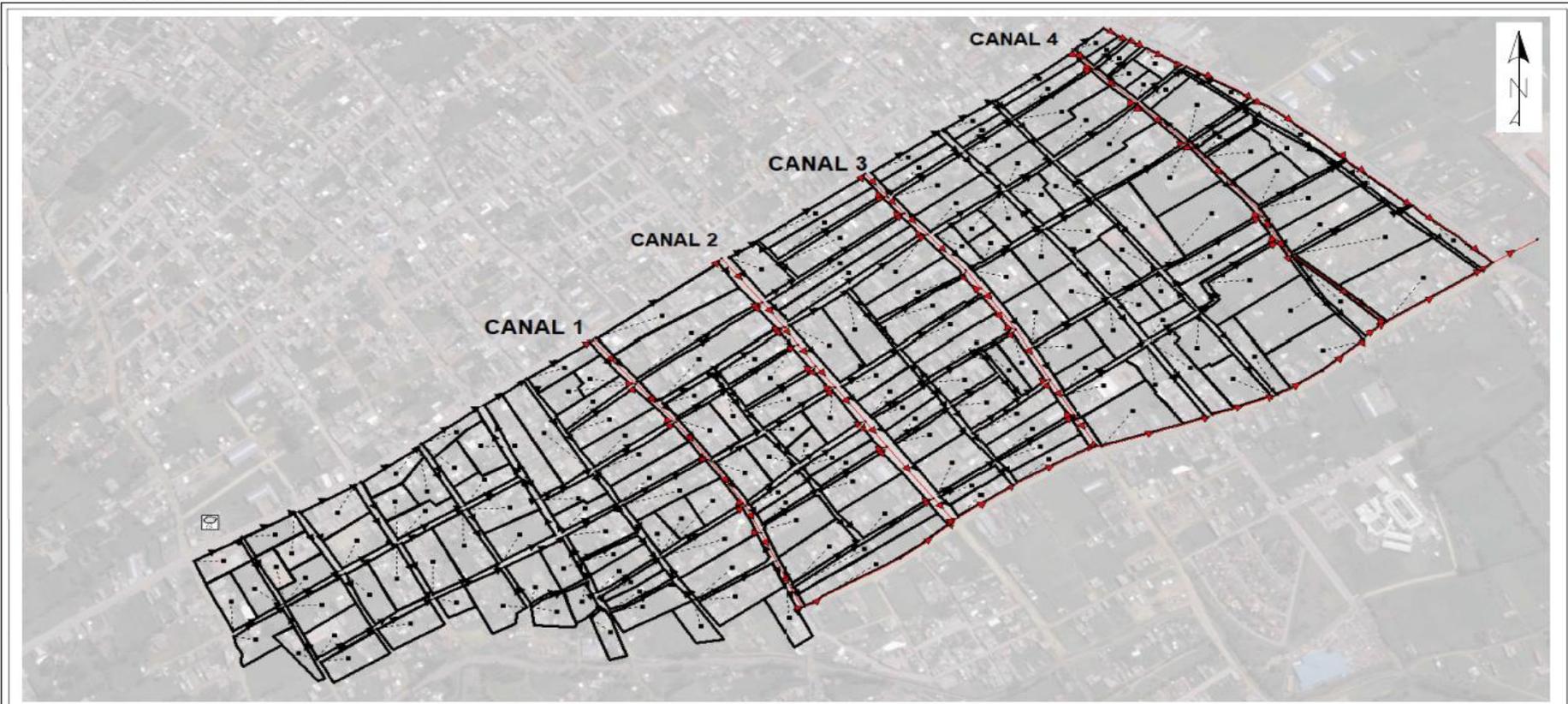
Figura N° 27: Sección transversal de los canales colectores propuestos.

- Mapas:

Los mapas mas representativos para comparar el favorecimiento en la zona al momento de transportar la escorrentia generada con los canales colectores propuestos se determinaran con :

- Mapa de Ubicación
- Mapa de Capacidad de conductos
- Mapa de Inundación

- UBICACIÓN DE CANALES COLECTORES.



NOTAS:

- Cada canal colector a sido ubicado de manera estratégica enfocando su necesidad y ubicación desde el enfoque hidráulico para disminuir en lo mayor posible los riesgos de inundación que pueden suceder en la zona.

- UBICACIÓN



Ubicación de los canales colectores ubicados como solución para mitigar los riesgos de inundación en la zona.

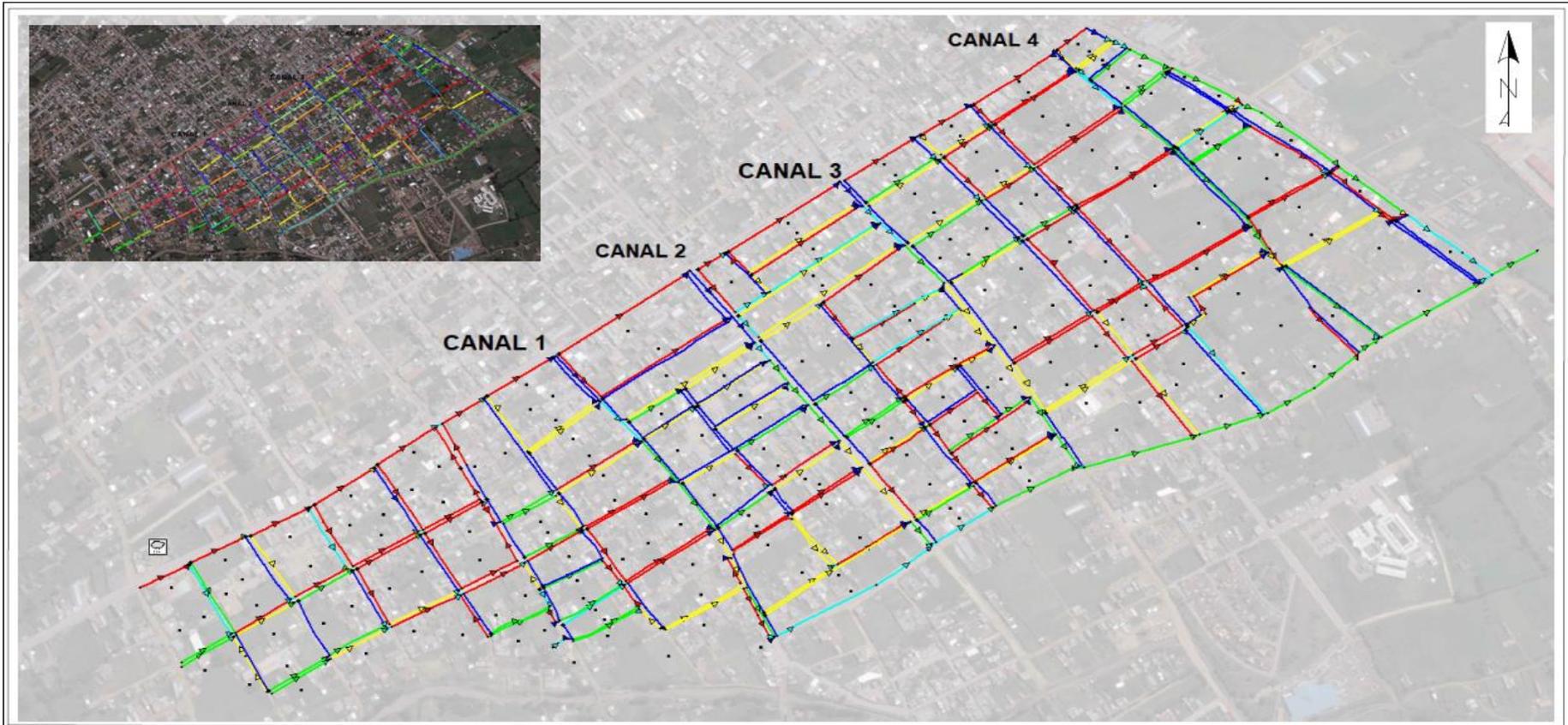


PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	UBICACIÓN DE CANALES COLECTORES - PROPUESTA PROFESIONAL
ELABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLENENCIA

UBICACIÓN:	PRDV: CAJAMARCA DEPT: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

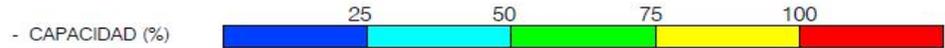
LÁMINA N.º:	09
-------------	----

- CAPACIDAD EN LOS CONDUCTOS CON CANALES COLECTORES PROPUESTOS



NOTAS:

- La capacidad analizada representa la nueva distribución de la escorrentía en los conductos apoyados por los canales colectores propuestos para un mejor funcionamiento en el transporte del flujo.
- La capacidad esta representada al momento de generación de mayor escorrentía durante el evento.

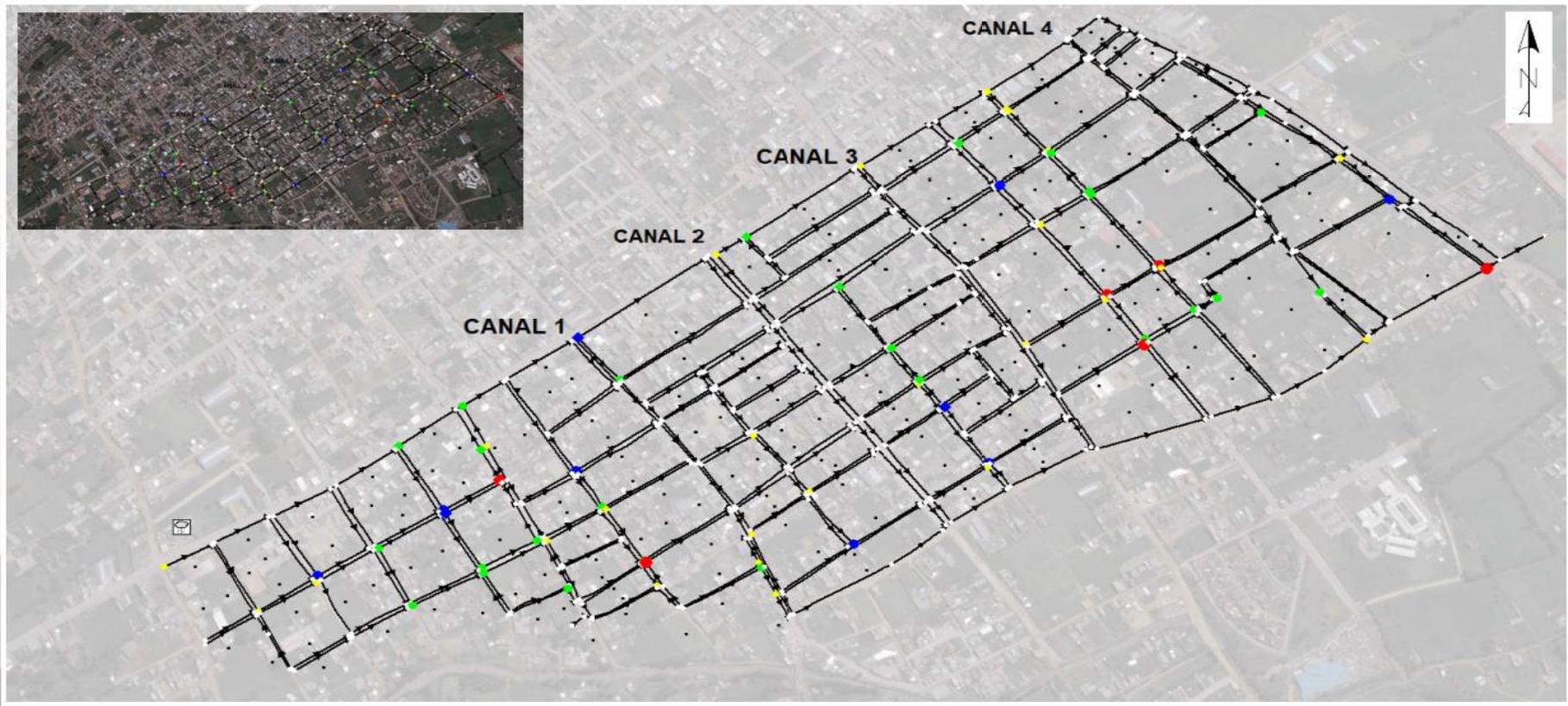


PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	CAPACIDAD DE CONDUCTOS CON CANALES COLECTORES PROPUESTOS
LABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

UBICACIÓN:	PROV: CAJAMARCA DIST: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

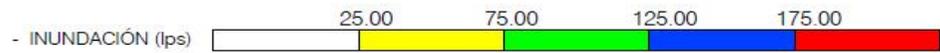
LAMINA N°	10
-----------	----

- INUNDACIÓN EN LOS NODOS CON CANALES COLECTORES PROPUESTOS



NOTAS:

-- Los nodos de inundación representados en el mapa son al momento de generación de mayor escorrentía durante el evento con los canales colectores propuestos.



PROYECTO:	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN MEDIANTE MODELO DE GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES DEL SECTOR SUR DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA
PLANO:	INUNDACIÓN EN LOS NODOS CON CANALES COLECTORES PROPUESTOS
ELABORACIÓN:	CRISTIAN AMAURÍ ABANTO PLASENCIA

UBICACIÓN:	PROV: CAJAMARCA DIST: CAJAMARCA
ESCALA:	S/E

LAMINA N°:	11
------------	----

• **Comparativo de caudales sin canal colector y con canales colectores en la zona de mayor riesgo.**

	S/C	C/C																
Horas	Línea_28	Línea_28	Línea_31	Línea_31	Línea_33	Línea_33	Línea_36	Línea_36	Línea_39	Línea_39	Línea_40	Línea_40	Línea_43	Línea_43	Línea_46	Línea_46	Línea_48	Línea_48
00:01:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:02:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:03:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:04:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:05:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
00:06:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.75	0.75	0.00	0.00	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00
00:07:00	0.01	0.01	0.09	0.09	0.21	0.21	0.00	0.00	1.11	1.08	0.04	0.04	0.08	0.08	0.06	0.06	0.00	0.00
00:08:00	0.07	0.08	0.30	0.31	0.41	0.43	0.00	0.01	1.78	1.53	0.13	0.16	0.08	0.08	0.13	0.14	0.00	0.00
00:09:00	0.19	0.18	0.69	0.59	0.76	0.77	0.05	0.11	2.77	2.06	0.40	0.43	0.18	0.19	0.16	0.16	0.00	0.01
00:10:00	0.41	0.28	1.47	0.87	1.25	1.23	0.37	0.43	4.32	2.68	0.96	0.85	0.67	0.71	0.28	0.28	0.01	0.01
00:11:00	0.71	0.34	2.62	1.08	2.12	1.71	1.17	0.93	7.37	4.08	1.82	1.23	1.69	1.72	0.68	0.72	0.00	0.00
00:12:00	1.14	0.44	4.26	1.40	3.79	2.39	3.02	1.56	12.28	6.22	3.90	2.09	3.46	3.29	2.18	2.26	0.04	0.05
00:13:00	1.72	0.67	6.66	2.14	6.37	3.50	6.15	2.53	20.18	9.52	7.64	3.54	6.33	5.25	5.07	4.71	0.85	0.96
00:14:00	2.75	1.12	11.06	3.48	10.50	5.57	11.37	3.95	32.44	14.29	14.49	6.13	10.96	8.36	11.20	8.48	3.92	3.56
00:15:00	4.69	1.77	18.27	5.44	17.17	8.57	20.04	6.88	51.92	20.55	25.94	10.27	19.84	14.19	21.61	14.31	11.31	7.92
00:16:00	8.19	2.45	29.11	7.48	27.12	12.10	34.73	11.34	82.94	28.69	45.34	16.11	37.33	19.64	40.32	23.98	24.96	15.32
00:17:00	10.25	3.08	35.84	9.41	39.52	15.67	57.46	16.92	127.67	38.45	77.52	24.09	62.08	26.23	66.13	37.47	47.31	26.56
00:18:00	15.04	3.72	52.32	11.32	50.77	19.13	85.44	22.71	174.72	49.11	126.43	33.98	99.14	34.95	103.85	56.01	80.80	42.58
00:19:00	17.20	4.34	61.88	13.27	65.16	22.83	116.10	28.51	230.25	61.23	170.15	44.98	151.66	45.87	156.49	78.76	125.08	63.58
00:20:00	21.15	5.23	84.07	15.99	84.91	27.39	148.18	34.66	280.03	74.76	234.78	57.61	204.51	58.61	218.51	104.73	186.37	88.83
00:21:00	32.87	7.14	97.18	21.58	114.89	40.30	184.14	40.97	348.52	127.45	282.01	72.58	274.90	75.29	299.31	139.08	255.45	117.27
00:22:00	45.89	16.14	124.51	55.48	166.42	85.45	223.19	70.09	451.96	233.12	362.95	128.91	352.27	112.91	378.87	199.51	347.10	163.99
00:23:00	45.89	16.77	138.28	80.81	202.72	139.80	317.82	159.76	560.65	321.65	487.59	242.99	453.40	193.40	490.89	281.68	441.86	245.23
00:24:00	45.89	16.76	140.61	71.05	191.38	131.73	348.46	214.77	548.86	303.23	558.86	310.60	566.72	293.72	586.91	361.10	559.73	322.27
00:25:00	45.89	14.63	133.69	52.58	170.68	98.73	327.88	188.38	534.70	288.82	546.87	299.61	594.50	324.38	687.93	431.09	664.40	404.17

(*) S/C = SIN COLECTORES C/C= CON COLECTORES

00:26:00	45.89	11.59	120.39	38.97	149.96	73.18	299.41	144.17	485.38	240.00	521.81	282.92	580.05	313.55	697.66	440.90	700.02	440.72
00:27:00	45.89	8.87	116.37	29.08	137.36	55.48	273.75	110.07	443.16	186.43	475.48	232.64	543.16	284.50	675.58	425.05	686.15	432.96
00:28:00	45.89	7.26	114.52	23.19	131.14	43.65	258.31	85.43	412.42	147.66	436.21	185.74	499.31	235.87	633.98	386.92	651.05	405.40
00:29:00	45.89	6.09	113.07	19.23	127.14	36.02	249.44	68.63	394.00	121.15	409.43	149.73	463.49	192.44	592.28	340.05	608.25	360.54
00:30:00	45.89	5.33	112.18	16.59	124.39	30.83	243.69	57.07	381.34	102.21	392.01	123.82	439.68	159.17	560.11	298.52	571.97	317.10
00:31:00	45.89	4.77	111.43	14.68	122.33	27.03	239.75	49.02	372.58	88.82	380.03	104.97	423.40	134.54	538.32	259.71	546.47	277.60
00:32:00	45.89	4.26	110.90	13.19	120.76	24.28	236.79	43.05	365.83	78.70	371.45	91.26	412.10	116.38	523.33	225.20	529.00	241.56
00:33:00	45.89	3.90	110.45	12.01	119.51	22.04	234.51	38.63	360.59	70.98	364.98	80.86	404.13	102.75	512.56	197.52	516.69	210.71
00:34:00	45.89	3.61	110.11	11.11	118.49	20.29	232.70	35.13	356.20	64.83	359.90	72.84	397.74	92.42	504.80	176.08	507.87	186.64
00:35:00	45.89	3.37	109.80	10.35	117.64	18.89	231.22	32.33	352.67	59.91	355.89	66.49	392.61	84.32	498.61	159.15	501.08	167.68
00:36:00	45.89	3.17	109.56	9.71	116.93	17.70	230.06	30.06	349.87	55.78	352.37	61.34	388.52	77.82	493.62	145.66	495.53	152.70
00:37:00	45.89	2.99	109.33	9.16	116.31	16.64	228.56	28.10	347.35	52.43	349.55	57.07	385.07	72.54	489.31	134.68	491.00	140.53
00:38:00	45.89	2.84	109.14	8.69	115.77	15.76	225.36	26.43	343.61	49.29	346.75	53.51	382.24	68.16	485.67	125.49	487.14	130.49
00:39:00	45.89	2.71	108.97	8.28	115.30	14.99	222.47	25.03	339.28	46.76	342.78	50.34	375.22	64.42	482.32	117.76	483.79	122.00
00:40:00	45.89	2.59	108.83	7.91	114.88	14.31	209.52	23.80	329.88	44.51	338.22	47.68	380.55	61.19	476.57	111.11	477.69	114.83
00:41:00	45.89	2.48	108.69	7.58	114.50	13.71	221.20	22.72	331.03	42.52	328.79	45.36	366.59	58.40	483.28	105.33	479.06	108.61
00:42:00	45.89	2.39	108.52	7.29	114.15	13.17	213.01	21.75	330.32	40.74	332.68	43.30	362.33	55.95	463.82	100.23	473.48	103.18
00:43:00	45.89	2.33	107.35	7.09	113.16	12.55	205.11	20.93	319.95	37.89	327.80	41.59	363.79	53.71	459.39	95.55	459.88	98.37
00:44:00	45.89	2.07	104.86	6.31	110.33	11.37	214.94	20.09	323.43	34.19	320.14	38.99	356.51	51.26	454.77	91.08	457.60	93.74
00:45:00	45.89	1.63	101.41	5.00	106.34	9.51	191.88	18.33	306.60	30.12	321.66	35.64	353.13	48.19	453.31	85.95	451.19	89.16
00:46:00	45.89	1.24	96.04	3.81	101.41	7.52	177.91	15.72	305.52	25.47	306.45	31.91	346.57	44.74	435.33	78.69	443.06	83.27
00:47:00	45.89	0.97	89.93	2.93	95.15	5.85	164.35	12.98	265.28	21.17	292.76	27.72	338.16	40.92	436.97	69.83	440.51	75.29
00:48:00	45.89	0.76	85.44	2.30	89.04	4.60	151.08	10.46	254.29	17.26	270.40	23.59	313.74	36.82	405.96	60.93	425.36	66.63
00:49:00	45.89	0.61	80.67	1.83	85.62	3.68	138.33	8.48	241.85	14.16	254.62	19.73	296.27	32.78	372.03	52.47	384.61	58.00
00:50:00	45.89	0.50	78.07	1.48	80.21	2.97	126.85	6.83	229.49	11.60	240.95	16.44	281.83	28.77	347.49	44.77	357.62	50.01
00:51:00	45.89	0.41	66.02	1.23	73.33	2.46	115.67	5.58	217.50	9.61	228.60	13.69	268.66	24.49	326.76	37.76	335.71	42.62
00:52:00	45.89	0.35	63.08	1.03	65.90	2.03	102.26	4.63	205.04	8.05	217.00	11.47	256.42	20.63	308.59	31.66	316.78	36.07
00:53:00	45.89	0.29	61.00	0.87	62.90	1.71	91.60	3.89	192.61	6.85	204.14	9.66	242.94	17.40	291.67	26.54	299.34	30.54
00:54:00	45.89	0.25	59.35	0.74	60.86	1.46	83.00	3.26	183.29	5.86	192.61	8.24	228.54	14.77	275.57	22.41	283.05	25.67
00:55:00	45.89	0.22	58.05	0.64	59.27	1.26	76.33	2.79	172.01	5.02	181.10	7.06	211.59	12.65	259.64	19.08	267.43	21.83
00:56:00	45.89	0.19	57.03	0.56	58.03	1.10	71.36	2.43	131.99	4.43	173.31	6.08	195.18	10.95	242.33	16.37	250.58	18.74

00:57:00	45.89	0.17	56.12	0.49	57.04	0.96	67.71	2.08	119.14	3.83	133.87	5.31	173.50	9.43	226.87	14.17	232.92	16.20
00:58:00	45.89	0.15	55.45	0.43	56.17	0.85	64.86	1.81	109.45	3.36	119.36	4.69	141.56	8.23	193.96	12.32	214.13	14.05
00:59:00	45.89	0.13	54.87	0.38	55.48	0.75	62.70	1.60	103.00	2.97	110.38	4.10	124.31	7.26	163.89	10.80	177.92	12.32
01:00:00	45.89	0.12	54.39	0.34	54.91	0.67	61.03	1.42	97.97	2.66	103.92	3.63	113.76	6.40	145.29	9.59	154.27	10.85
01:01:00	45.89	0.11	54.04	0.31	54.45	0.60	59.71	1.27	93.68	2.39	98.77	3.25	106.44	5.69	132.16	8.44	139.18	9.63
01:02:00	45.89	0.09	53.73	0.27	54.11	0.54	58.65	1.14	89.77	2.15	94.37	2.90	100.74	5.08	122.13	7.52	127.50	8.51
01:03:00	45.89	0.09	53.23	0.25	53.73	0.49	57.81	1.02	86.16	1.95	90.50	2.60	95.98	4.55	114.61	6.74	118.84	7.62
01:04:00	45.89	0.08	52.50	0.22	53.09	0.44	57.05	0.93	82.83	1.77	86.79	2.36	91.90	4.13	108.55	6.05	111.98	6.86
01:05:00	45.20	0.07	51.29	0.20	52.32	0.40	56.19	0.84	79.85	1.62	83.48	2.14	88.12	3.72	103.41	5.49	106.35	6.19
01:06:00	42.59	0.07	48.17	0.19	50.51	0.37	55.22	0.77	77.21	1.48	80.40	1.96	84.53	3.39	98.81	4.97	101.48	5.62
01:07:00	40.06	0.06	44.37	0.17	47.14	0.34	53.44	0.70	73.76	1.37	77.60	1.79	81.44	3.09	94.54	4.53	97.02	5.10
01:08:00	37.82	0.06	41.36	0.16	43.61	0.31	50.35	0.64	69.38	1.26	74.40	1.65	78.44	2.81	90.81	4.14	93.01	4.66
01:09:00	35.20	0.05	38.56	0.15	40.72	0.29	46.93	0.59	64.28	1.16	70.22	1.52	75.11	2.58	87.19	3.79	89.38	4.27
01:10:00	32.39	0.05	35.38	0.14	37.82	0.26	43.87	0.55	59.54	1.07	65.45	1.41	70.94	2.37	83.24	3.48	85.68	3.92
01:11:00	30.16	0.04	32.70	0.13	34.82	0.24	40.79	0.50	55.20	0.99	60.88	1.30	66.29	2.19	78.60	3.20	81.45	3.60
01:12:00	27.76	0.04	30.12	0.12	32.22	0.23	37.73	0.46	50.90	0.92	56.46	1.21	61.77	2.04	73.70	2.96	76.73	3.33
01:13:00	27.29	0.04	28.83	0.11	29.84	0.21	34.95	0.43	47.00	0.86	52.24	1.12	57.43	1.89	68.88	2.73	71.94	3.09
01:14:00	24.34	0.03	26.82	0.10	28.64	0.20	32.37	0.40	43.54	0.80	48.29	1.04	53.19	1.76	64.13	2.55	67.08	2.88
01:15:00	21.29	0.03	23.81	0.09	26.30	0.19	30.81	0.37	40.73	0.75	44.66	0.97	49.28	1.64	59.57	2.38	62.52	2.67
01:16:00	19.64	0.03	21.23	0.09	23.35	0.17	28.76	0.35	38.29	0.70	41.89	0.91	45.67	1.52	55.34	2.22	58.11	2.49
01:17:00	15.62	0.03	18.45	0.08	21.06	0.16	26.01	0.32	35.23	0.65	39.38	0.85	42.82	1.42	51.57	2.08	54.04	2.33
01:18:00	10.67	0.03	14.39	0.08	17.95	0.15	23.71	0.30	32.16	0.61	36.49	0.80	40.21	1.33	48.55	1.94	50.61	2.18
01:19:00	7.96	0.03	10.08	0.07	14.02	0.14	21.04	0.28	29.27	0.58	33.55	0.75	37.37	1.25	45.77	1.82	47.70	2.04
01:20:00	6.70	0.02	8.13	0.07	10.38	0.13	17.70	0.27	25.84	0.54	30.75	0.71	34.62	1.18	42.83	1.71	44.89	1.91
01:21:00	5.92	0.02	7.07	0.07	8.40	0.13	14.04	0.25	21.93	0.51	27.56	0.66	31.83	1.11	39.97	1.61	41.97	1.80
01:22:00	5.37	0.02	6.31	0.06	7.27	0.12	11.41	0.24	18.36	0.49	23.93	0.63	28.68	1.04	36.94	1.51	39.25	1.69
01:23:00	4.94	0.02	5.78	0.06	6.49	0.11	9.58	0.22	15.90	0.46	20.50	0.59	25.25	0.98	33.63	1.43	36.09	1.59
01:24:00	4.57	0.02	5.34	0.05	5.91	0.11	8.32	0.21	14.08	0.44	17.72	0.56	21.96	0.93	30.02	1.35	32.68	1.50
01:25:00	4.26	0.02	4.96	0.05	5.46	0.10	7.44	0.20	12.75	0.41	15.67	0.53	19.09	0.88	26.60	1.27	29.20	1.42
01:26:00	3.98	0.02	4.63	0.05	5.07	0.10	6.77	0.19	11.71	0.39	13.93	0.50	16.88	0.83	23.53	1.21	25.90	1.34
01:27:00	3.74	0.02	4.34	0.05	4.74	0.09	6.25	0.18	10.87	0.37	12.67	0.48	15.12	0.79	20.93	1.14	23.08	1.27
01:28:00	3.51	0.02	4.08	0.04	4.45	0.09	5.80	0.17	10.15	0.36	11.68	0.45	13.57	0.75	18.85	1.09	20.65	1.21
01:29:00	3.31	0.01	3.85	0.04	4.18	0.08	5.41	0.16	9.52	0.34	10.84	0.43	12.45	0.71	17.02	1.03	18.58	1.15
01:30:00	3.12	0.01	3.63	0.04	3.96	0.08	5.08	0.16	8.97	0.32	10.14	0.41	11.53	0.68	15.64	0.98	16.88	1.09

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

- Existen calles en el transporte de escorrentía que presentan pendientes muy pronunciadas todas por encima del 3.5%, mientras que las calles trasversales encontramos pendientes mínimas haciendo un foco de rápido almacenamiento y flujo lento complicando la continuidad en la evacuación permitiendo las inundaciones y anegamientos.
- Los resultados con respecto a la capacidad indican que los conductos en su mayoría los de fuerte pendiente no están diseñados para soportar una lluvia de $Tr = 2$ años, para que mínimamente debieron ser diseñados, esto significa que con otros riesgos menores y por consecuencia tiempos de retorno mayores tendremos resultados aún más desfavorables.
- Los resultados de caudales se enfocan en dos mapas, el primero el caudal que transporta netamente las cunetas, y el segundo el caudal que transporta la cuneta juntamente con ayuda de la calzada (hasta 3m.), este criterio es el que se toma cuando viene una lluvia extraordinaria, al observar los mapas y compararlos, (ambos para un evento $Tr = 2$ años) podemos apreciar que la mayor parte del caudal recorre por la calzada, impidiendo la tranquilidad peatonal y vehicular con tan solo esta lluvia.
- Los nudos de inundación son puntos donde se produce el desbordamiento y posterior inundación o anegamiento de las aguas, el mapa presenta una diversidad de puntos a lo largo de la zona y de distintas magnitudes, esto es debido principalmente a la falta de una evacuación de escorrentía sostenible (existen cambios en los diseño de conductos pudiendo encontrarse traslados de conductos de mayor capacidad hacia otros de menor capacidad) y prolongada (mucho escorrentía termina topándose con badenes o cunetas que las interceptan transversalmente debido a la fuerte pendiente, provocando desbordamiento) por parte de los conductos al tener mínimo criterio.
- Las velocidades en la zona son de consideración debido a la pendiente, el mapa muestra como los conductos superan largamente los parámetros de seguridad, cerca del 47.67% del total de conductos incumple estos parámetros y un 41.01% lo hace superando el máximo parámetro de 1.88 m/s.
- Los resultados enfocados en estabilidad y deslizamiento en las personas están proyectados en dos variables, la velocidad y el tirante, la zona por sus fuertes pendientes provoca fuertes velocidades, pero bajos tirantes fuera de las cunetas, por lo que estos resultados mostrados en los mapas son indicadores netamente para cunetas, entonces las persona en promedio de 60kg. a menos, deberán tener en cuenta las zonas rojas coincidentes en ambos mapas por tratarse de cunetas peligros en estos criterios.

- En las visitas de campo se encontró un sector anegado durante un evento pluvial, este sector correspondía a la vía de evitamiento, por lo que se estableció realizar un análisis más profundo, en los resultados se muestran hidrogramas de caudales de cada conducto a lo largo de este trayecto, en los hidrogramas se puede ver como existe una acumulación de caudal en el tiempo esto se debe básicamente a las mínimas pendientes que existen en este trayecto, aunque de acuerdo a los resultados en las tablas indican que la capacidad en su mayoría de las cunetas son suficientes para evacuar la escorrentía para un evento de $Tr = 2$ años, y esta incongruencia se debe básicamente a la falta de mantenimiento en las cunetas, ya que transportan material sedimentable las cunetas han visto afectadas en gran porcentaje su capacidad hidráulica para transportar la escorrentía produciéndose anegamientos e inundaciones en la zona.
- Finalmente, se introdujo un colector paralelo a la zona de la vía para apoyar en la evacuación, como resultado no se disminuyó el caudal máximo en la vía pero sí se redujo de forma contundente la duración de gran caudal por la vía haciéndola menos vulnerable a inundaciones y anegamientos como se muestra en el cuadro, este canal se confeccionó en dos tramos con las características indicadas en los resultados, con respecto a la parte superior colabora con una parte y no en su totalidad, esto básicamente por lo mencionado anteriormente la falta de conducción prolongada y sostenible en los conductos que no permiten que la escorrentía llegue de forma eficiente hasta el último punto.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

- Se establece que la zona posee un riesgo constante de inundación y anegamiento ya que al momento de presentarse un evento pluvial mínimo se presentan nodos de inundación y anegamiento en distintos sectores de la zona.
- Dentro de las circunstancias más significativas halladas que generan este problema es la falta de continuidad en los conductos al momento de evacuar la escorrentía, al igual que la infraestructura básica utilizada no funciona de manera eficiente para evacuar la escorrentía ya que colapsa en poco tiempo por las pendientes mínimas.
- Se analizaron las variables y su desarrollo en cada punto de la zona desde el inicio al fin del evento pluvial, plasmándolas en mapas de riesgo al momento más crítico.
- Se diseñó a manera de aporte profesional un sistema de colectores que ayudo significativamente en coleccionar y trasportar la escorrentía superficial, disminuyendo los puntos de inundación y anegamiento a lo largo de la zona.
- Las zonas con relieves combinadas desde una fuerte pendiente a una pendiente mínima en el traslado de escorrentía hacen un sistema complejo que afecta las capacidades de las estructuras por eso los diseño deben darse de una forma maestra y no por sectores.

RECOMENDACIONES.

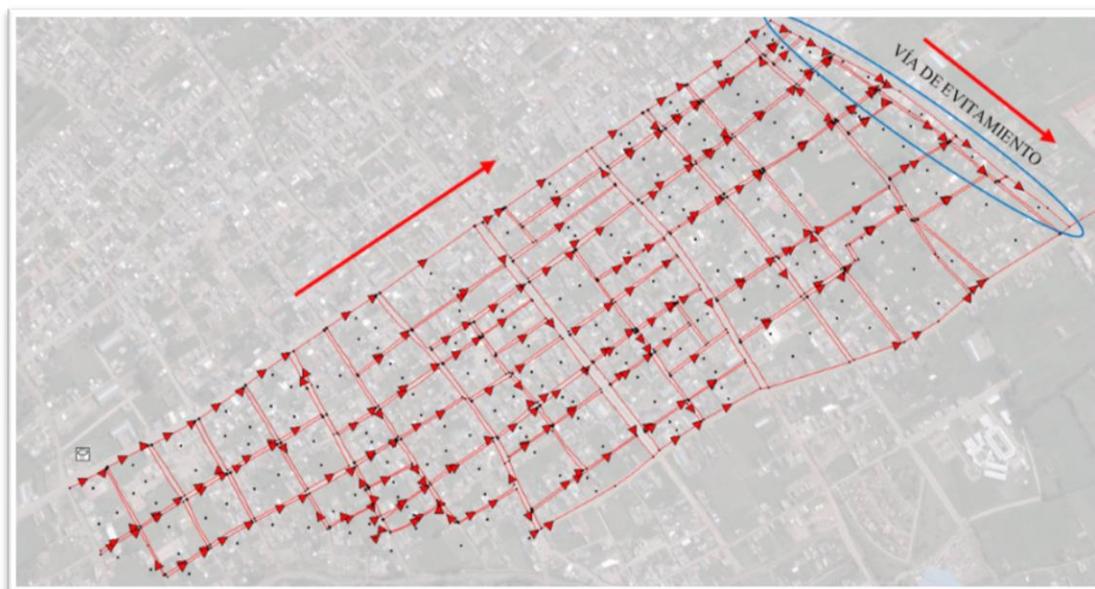
- La zona continua en su proceso de urbanización, pero de manera improvisada y sin planificación alguna, sería una buena medida comenzar a destinar usos de suelo en la ciudad por parte de las autoridades y así los profesionales poder planificar sitios a urbanizar y evitar zonas inundables.
- Realizar un proyecto superficial para mitigar en su totalidad, los puntos de inundación de mayor consideración en la zona, ya que el malestar en el transporte peatonal es permanente al momento de producirse un evento pluvial.
- Debe existir un criterio general al momento de diseñar estas infraestructuras ya que existen sectores donde un conducto debe descargar la escorrentía transportada en un conducto de menor capacidad causando desbordamiento inmediato.
- Finalmente ejercer un trabajo de operación y mantenimiento en los conductos principales ya que la escorrentía va acompañada de sedimentos que son depositados en los mismos perjudicando así principalmente su capacidad hidráulica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Bolinaga, IJ; Franceschi, AL. 1979. Drenaje Urbano. Venezuela. 434p.
- Domingos Da Silva, D; Martínez González, Y; Jiménez Sáenz, GC. 2014. Estimación de Caudales máximos en una cuenca urbana de Luanda. Angola. 19p.
- Gómez, VM. 2007. Hidrología Urbana. Barcelona, España. 331.p.
- Ho Chau, R. 1987. Manual Silvo Agropecuario, Tomo X: Análisis de Tormentas – Curvas: Intensidad, Frecuencia, Duración. Cajamarca, Perú, s.e. 285p.
- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil, Perú). 2005. Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Cajamarca. Perú. 291p.
- Lozano Cortijo, O. 2008. Metodología para el análisis de Vulnerabilidad y Riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos. Perú. 60-86p.
- MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú). 2008. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima, Perú. 209p.
- MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile). 2005. Guía de Diseño y Especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias. Chile. 76p.
- Miranda Naranjo, SM; Pachar Cando, JF. 2012. Diseño del drenaje superficial de calles, en el proyecto vial sector 3, de la parroquia pascuales, ubicado entre el km 18 y km 22 de la vía perimetral (Av. 56 N-O), utilizando el software “storm water management model (SWMM)” de la environmental protection agency (EPA). Ecuador. 244p
- MPC (Municipalidad Provincial de Cajamarca, Perú). 2015. Plan Provincial de Contingencia Periodo de Lluvias 2015 – 2016 y Posible Ocurrencia del Fenómeno el Niño. 166p.
- MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Perú). 2018. Reglamento Nacional de Edificaciones: Obras de Saneamiento. Perú. 799p.
- Rodríguez, T; Riccardi, G. 2014. Evaluación del Riesgo por Inundación en calles de una cuenca urbana de alta pendiente del centro de misiones. Argentina. 32p.
- UPV (Universidad Politécnica de Valencia, España); Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, España. 2010. SUFRI (Strategies of Urban Flood Risk Management). España. 189p.
- Chow, VT; Maidment, DR; Mays, LW. 1994. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill, 580p.

ANEXOS

Anexo N° 01: Ubicación del sector de mayor riesgo en la zona y de cada conducto descrito por las líneas en el anexo N° 02.



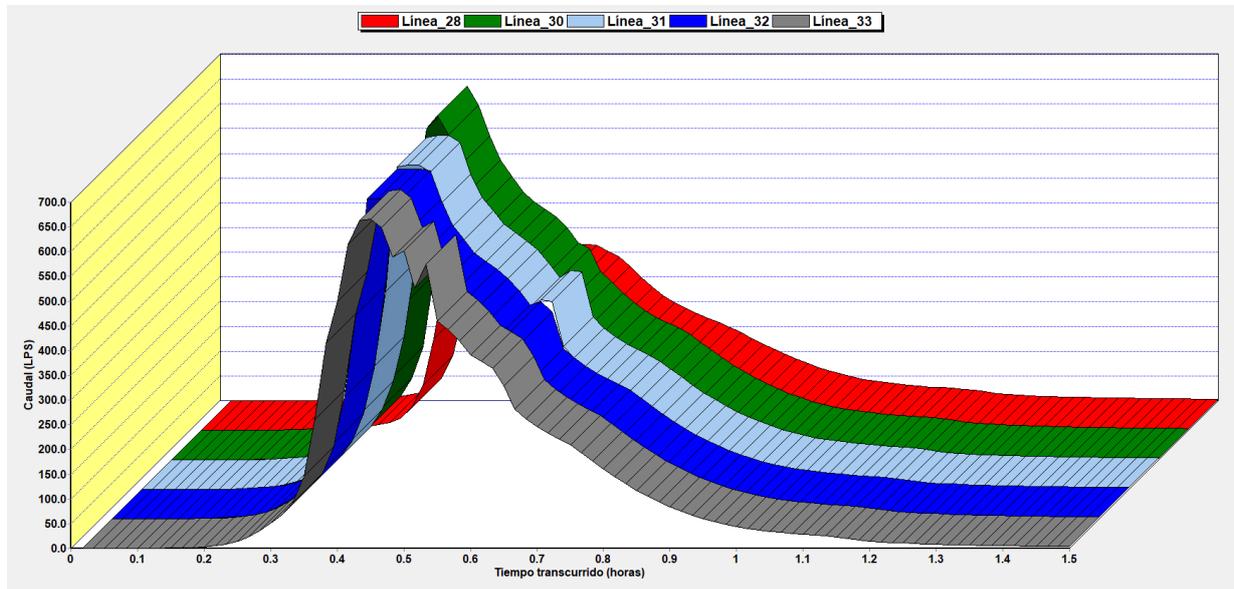
Anexo N° 02: Nombre de cada conducto y nombre de los jirones y avenidas a las que representa en la zona mas vulnerable estudiada.

Conductos	Ubicado	Calles
Línea_28	entre	Av. Héroes del Cenepa y Psj. San isidro
Línea_30 (Intersec.)	en	Ancho de la calzada - Psj. San isidro
Línea_31	entre	Psj. San isidro y Psj. Duran
Línea_32 (Intersec.)	en	Ancho de la calzada - Psj. Duran
Línea_33	entre	Jr. Duran y Jr. San Juan de Dios
Línea_35 (Intersec.)	en	Ancho de la calzada - Jr. San Juan de Dios
Línea_36	entre	Jr. San Juan de Dios y Jr. Misión Bautista
Línea_38 (Intersec.)	en	Ancho de la calzada - Jr. Misión Bautista
Línea_39 y Línea_40	entre	Jr. Misión Bautista y Jr. Yahuarhuaca
Línea_42 (Intersec.)	en	Ancho de la calzada - Jr. Yahuarhuaca
Línea_43	entre	Jr. Yahuarhuaca y Psj. Santa Beatriz
Línea_45 (Intersec.)	en	Ancho de la calzada - Psj. Santa Beatriz
Línea_46 y Línea_48	entre	Psj. Santa Beatriz y Av. Industrial

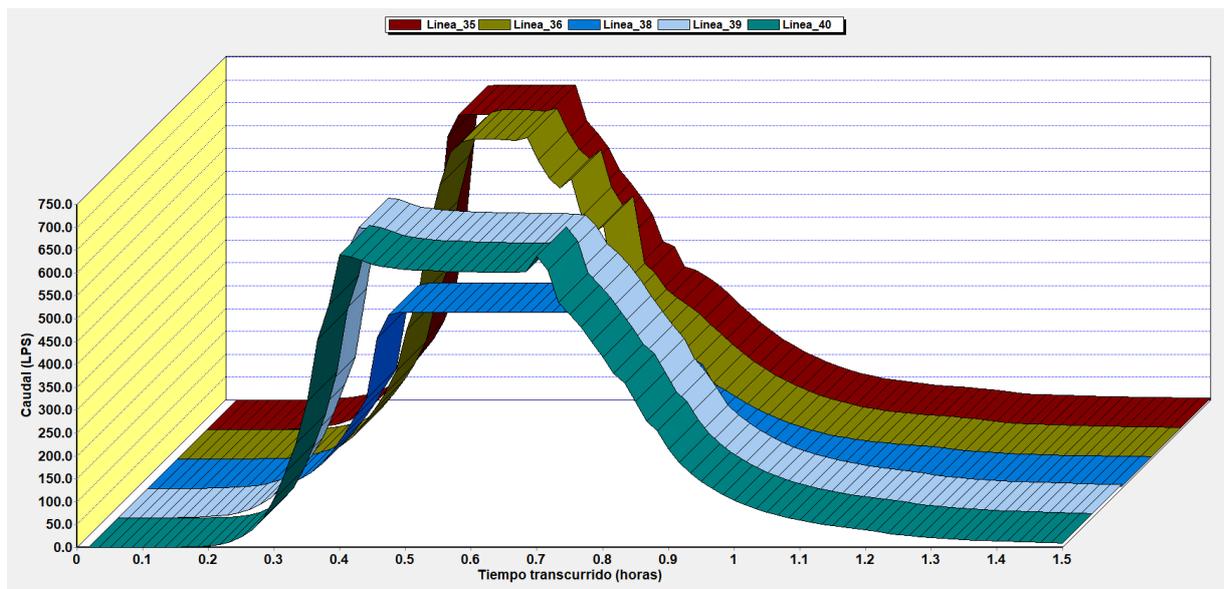
Anexo N° 03: Analisis del sector de mayor riesgo en la zona.

Se considera el sector de mayor riesgo al que recepciona en la parte baja la mayoría de escorrentía superficial en la zona, la ubicación y tramos que comprende se encuentran en los anexos.

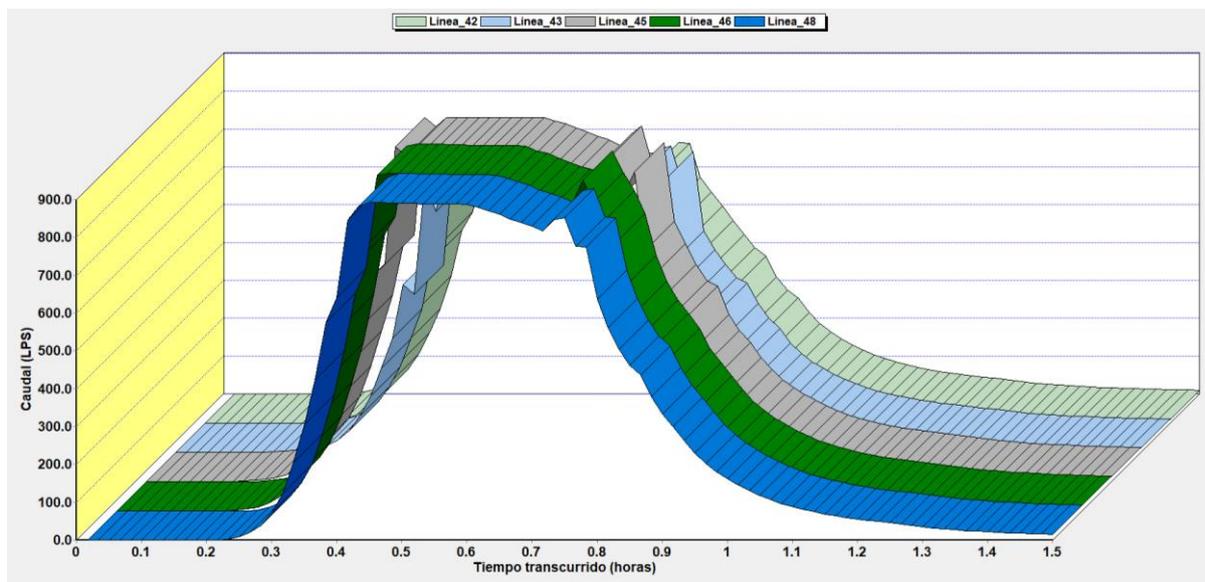
- Hidrogramas de Evolución de Caudales.



Hidrograma de Caudales. Tramo I



Hidrograma de Caudales. Tramo II



Hidrograma de Caudales. Tramo III

❖ **Análisis Hidráulico.**

CONDUCTOS	CAUDAL (lps)	NIVEL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAPACIDAD
linea_28	16.78	0.06	1.15	0.13
linea_30 (i)	54.31	0.16	0.93	0.36
linea_31	90.78	0.22	1.01	0.48
linea_32 (i)	92.77	0.22	1.01	0.49
linea_33	158.68	0.22	1.77	0.53
linea_35 (i)	276.92	0.35	1.42	0.84
linea_36	296.37	0.34	1.74	0.74
linea_38 (i)	248.21	0.46	0.86	1.00
linea_39	424.62	0.30	3.08	0.66
linea_40	435.84	0.37	2.44	0.78
linea_42 (i)	444.75	0.47	1.67	0.98
linea_43	460.61	0.38	2.60	0.78
linea_45 (i)	559.52	0.48	2.06	1.00
linea_46	557.43	0.49	2.12	0.69
linea_48	515.72	0.52	1.86	0.65

(i) Son las cunetas que se encuentran en la intersección de la calle y reciben los caudales de la parte alta de la zona.

Anexo N° 04: Porcentaje de Impermeabilidad por Subcuenca.

N°	Subcuenca	Área.	CE-CO	PER	R-CI	R-DCE	R-DP	R-SUB	R-DEP	I-PD	I-MD	I-PAR	I-DEP	I-BAL	ID	PA-AS	EMP	TEC	ASA-L	ASA-M	ASA-I	ASP-L	ASP-M	ASP-I	Imperm. %
1	Cuenc_1	0.16	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	0.05	---	62.19%
2	Cuenc_2	0.11	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.08	---	---	---	---	0.03	---	67.27%
3	Cuenc_3	0.16	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	0.00	---	81.25%
4	Cuenc_4	0.21	---	---	---	---	---	---	---	0.12	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	0.00	---	70.71%
5	Cuenc_5	0.17	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.03	---	---	---	---	0.06	---	52.65%
6	Cuenc_6	0.15	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
7	Cuenc_7	0.04	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
8	Cuenc_8	0.1	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
9	Cuenc_9	0.17	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
10	Cuenc_10	0.84	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.30	---	---	---	---	0.54	---	43.21%
11	Cuenc_11	0.15	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	0.13	---	28.67%
12	Cuenc_12	0.21	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---	---	---	0.06	---	66.43%
13	Cuenc_13	0.33	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.33	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
14	Cuenc_15	0.45	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.25	---	---	---	---	0.18	---	58.11%
15	Cuenc_16	0.58	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.12	---	---	---	---	0.46	---	33.45%
16	Cuenc_17	0.62	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	0.56	---	26.29%
17	Cuenc_18	0.21	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.11	---	50.95%
18	Cuenc_19	0.76	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	0.59	---	34.54%
19	Cuenc_20	0.78	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.32	---	---	---	---	0.46	---	46.67%
20	Cuenc_21	0.33	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	0.08	---	---	---	---	0.20	---	42.58%
21	Cuenc_22	1.56	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	1.50	---	22.50%
22	Cuenc_23	1.68	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.90	---	---	---	---	0.78	---	54.82%
23	Cuenc_24	0.44	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.21	---	---	---	---	0.23	---	51.02%
24	Cuenc_25	0.24	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.24	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
25	Cuenc_26	0.37	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.25	---	---	---	---	0.12	---	63.92%
26	Cuenc_27	0.7	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.29	---	---	---	---	0.41	---	46.93%
27	Cuenc_28	0.75	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.51	---	---	---	---	0.24	---	64.20%
28	Cuenc_29	0.76	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.42	---	46.18%
29	Cuenc_30	0.91	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.47	---	---	---	---	0.44	---	53.57%
30	Cuenc_31	0.86	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---	---	---	---	---	---	0.32	---	---	---	---	0.35	---	54.13%

Nº	Subcuenca	Área.	CE-CO	PER	R-CI	R-DCE	R-DP	R-SUB	R-DEP	I-PD	I-MD	I-PAR	I-DEP	I-BAL	ID	PA-AS	EMP	TEC	ASA-L	ASA-M	ASA-I	ASP-L	ASP-M	ASP-I	Imperm. %
31	Cuenc_32	1.01	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.22	---	---	---	---	0.71	---	37.72%
32	Cuenc_33	1.18	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	1.13	---	22.75%
33	Cuenc_34	0.59	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.36	---	---	---	---	0.23	---	59.66%
34	Cuenc_36	0.39	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.22	---	---	---	---	0.17	---	56.67%
35	Cuenc_37	1.11	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.30	---	---	---	---	0.81	---	37.57%
36	Cuenc_38	0.48	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.28	---	---	---	---	0.20	---	57.92%
37	Cuenc_39	1.21	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.20	---	---	---	---	1.01	---	30.74%
38	Cuenc_40	1.03	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.46	---	---	---	---	0.57	---	49.03%
39	Cuenc_41	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.19	---	---	---	---	0.03	---	76.14%
40	Cuenc_42	0.17	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
41	Cuenc_43	0.38	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.25	---	---	---	---	0.13	---	62.76%
42	Cuenc_44	0.43	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.27	---	41.40%
43	Cuenc_45	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.16	---	---	---	---	0.14	---	54.67%
44	Cuenc_46	0.32	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.22	---	---	---	---	0.10	---	64.69%
45	Cuenc_47	0.66	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.44	---	---	---	---	0.22	---	63.33%
46	Cuenc_48	0.54	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.25	---	---	---	---	0.29	---	50.09%
47	Cuenc_49	0.41	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	0.19	---	---	---	---	0.17	---	55.61%
48	Cuenc_50	0.35	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	0.15	---	55.43%
49	Cuenc_51	0.42	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.19	---	55.60%
50	Cuenc_52	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	0.05	---	70.23%
51	Cuenc_53	0.23	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.11	---	---	---	---	0.05	---	64.78%
52	Cuenc_54	0.23	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.18	---	---	---	---	0.05	---	70.87%
53	Cuenc_55	0.54	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.52	---	---	---	---	0.02	---	82.59%
54	Cuenc_56	0.63	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.30	---	---	---	---	0.33	---	50.95%
55	Cuenc_57	0.6	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.35	---	---	---	---	0.25	---	57.92%
56	Cuenc_58	0.49	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.24	---	---	---	---	0.25	---	51.84%
57	Cuenc_59	0.53	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.25	---	---	---	---	0.28	---	50.66%
58	Cuenc_60	0.35	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	0.22	---	44.14%
59	Cuenc_61	0.54	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.31	---	---	---	---	0.17	---	62.31%
60	Cuenc_62	0.48	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.23	---	53.02%

Nº	Subcuenca	Área.	CE-CO	PER	R-CI	R-DCE	R-DP	R-SUB	R-DEP	I-PD	I-MD	I-PAR	I-DEP	I-BAL	ID	PA-AS	EMP	TEC	ASA-L	ASA-M	ASA-I	ASP-L	ASP-M	ASP-I	Imperm. %
61	Cuenc_63	0.58	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	0.39	---	39.22%
62	Cuenc_64	0.33	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.18	---	---	---	---	0.09	---	63.64%
63	Cuenc_65	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.30	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
64	Cuenc_66	0.26	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.22	---	---	---	---	0.04	---	75.00%
65	Cuenc_67	0.25	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	0.16	---	43.40%
66	Cuenc_68	0.57	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.45	---	---	---	---	0.12	---	71.32%
67	Cuenc_69	0.51	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.14	---	---	---	---	0.37	---	37.84%
68	Cuenc_70	0.58	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.31	---	---	---	---	0.27	---	54.74%
69	Cuenc_71	0.59	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.32	---	---	---	---	0.20	---	60.59%
70	Cuenc_72	0.61	---	---	---	---	---	---	---	0.20	---	---	---	---	---	---	---	0.30	---	---	---	---	0.06	---	70.41%
71	Cuenc_73	1.05	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.45	---	---	---	---	0.60	---	47.86%
72	Cuenc_74	0.46	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.46	---	---	---	---	0.00	---	85.00%
73	Cuenc_75	0.47	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	---	---	---	0.24	---	---	---	---	0.12	---	63.72%
74	Cuenc_76	0.8	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.60	---	---	---	---	0.20	---	68.75%
75	Cuenc_77	0.62	---	---	---	---	---	---	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	0.33	---	---	---	---	0.25	---	57.50%
76	Cuenc_78	0.62	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.48	---	---	---	---	0.14	---	70.32%
77	Cuenc_79	0.62	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.37	---	---	---	---	0.25	---	58.79%
78	Cuenc_80	0.71	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.48	---	---	---	---	0.23	---	63.94%
79	Cuenc_81	0.73	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.31	---	---	---	---	0.42	---	47.60%
80	Cuenc_82	0.68	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.29	---	---	---	---	0.39	---	47.72%
81	Cuenc_83	0.63	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.54	---	---	---	---	0.09	---	75.71%
82	Cuenc_84	0.73	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.49	---	---	---	---	0.24	---	63.63%
83	Cuenc_85	0.37	---	---	---	---	---	---	---	0.11	---	---	---	---	---	---	---	0.21	---	---	---	---	0.02	---	73.92%
84	Cuenc_86	0.38	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.15	---	59.34%
85	Cuenc_87	0.58	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.35	---	---	---	---	0.23	---	59.22%
86	Cuenc_88	0.6	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.45	---	---	---	---	0.15	---	68.75%
87	Cuenc_89	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.16	---	---	---	---	0.14	---	54.67%
88	Cuenc_90	0.23	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	0.23	---	20.00%
89	Cuenc_91	0.48	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.36	---	---	---	---	0.12	---	68.75%
90	Cuenc_92	0.45	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.28	---	---	---	---	0.17	---	60.44%

Nº	Subcuenca	Área.	CE-CO	PER	R-CI	R-DCE	R-DP	R-SUB	R-DEP	I-PD	I-MD	I-PAR	I-DEP	I-BAL	ID	PA-AS	EMP	TEC	ASA-L	ASA-M	ASA-I	ASP-L	ASP-M	ASP-I	Imperm. %
91	Cuenc_93	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.22	---	---	---	---	0.08	---	67.67%
92	Cuenc_94	0.26	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	0.13	---	52.50%
93	Cuenc_95	0.5	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.27	---	49.90%
94	Cuenc_96	0.7	---	---	---	---	---	---	---	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.43	---	---	---	---	0.00	---	77.29%
95	Cuenc_97	0.45	---	---	---	---	---	---	---	0.07	---	---	---	---	---	---	---	0.36	---	---	---	---	0.00	---	81.00%
96	Cuenc_98	0.46	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.22	---	---	---	---	0.24	---	51.09%
97	Cuenc_99	0.41	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.24	---	---	---	---	0.10	---	65.73%
98	Cuenc_100	0.35	---	---	---	---	---	---	---	0.08	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.02	---	75.57%
99	Cuenc_101	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.17	---	---	---	---	0.05	---	70.23%
100	Cuenc_102	0.27	---	---	---	---	---	---	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	0.20	---	---	---	---	0.03	---	74.81%
101	Cuenc_103	1.14	---	---	---	---	---	---	---	0.12	---	---	---	---	---	---	---	0.75	---	---	---	---	0.24	---	68.68%
102	Cuenc_104	1.19	---	---	---	---	---	---	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	0.70	---	---	---	---	0.45	---	59.75%
103	Cuenc_105	1.13	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	---	---	---	0.45	---	---	---	---	0.55	---	51.06%
104	Cuenc_108	0.28	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.16	---	---	---	---	0.12	---	57.14%
105	Cuenc_109	0.38	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.33	---	---	---	---	0.05	---	76.45%
106	Cuenc_110	0.31	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---	---	---	---	---	---	0.07	---	---	---	---	0.05	---	62.26%
107	Cuenc_111	0.51	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.20	---	56.37%
108	Cuenc_112	0.56	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	---	---	---	0.29	---	---	---	---	0.16	---	62.50%
109	Cuenc_113	0.54	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.19	---	---	---	---	0.33	---	44.54%
110	Cuenc_114	0.36	---	---	---	---	---	---	---	0.01	---	---	---	---	---	---	---	0.27	---	---	---	---	0.08	---	70.00%
111	Cuenc_115	0.46	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.31	---	---	---	---	0.15	---	63.80%
112	Cuenc_116	0.24	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	0.12	---	---	---	---	0.07	---	61.88%
113	Cuenc_117	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	0.07	---	58.86%
114	Cuenc_118	0.46	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.28	---	---	---	---	0.10	---	67.39%
115	Cuenc_119	0.29	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.18	---	---	---	---	0.11	---	60.34%
116	Cuenc_120	0.28	---	---	---	---	---	---	---	0.03	---	---	---	---	---	---	---	0.08	---	---	---	---	0.16	---	45.00%
117	Cuenc_129	0.61	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.26	---	---	---	---	0.35	---	47.70%
118	Cuenc_130	0.81	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.34	---	---	---	---	0.47	---	47.28%
119	Cuenc_131	0.55	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.21	---	---	---	---	0.34	---	44.82%
120	Cuenc_132	0.76	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.39	---	---	---	---	0.37	---	53.36%

N°	Subcuenca	Área.	CE-CO	PER	R-CI	R-DCE	R-DP	R-SUB	R-DEP	I-PD	I-MD	I-PAR	I-DEP	I-BAL	ID	PA-AS	EMP	TEC	ASA-L	ASA-M	ASA-I	ASP-L	ASP-M	ASP-I	Imperm. %
121	Cuenc_133	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.11	---	---	---	---	0.08	---	58.64%
122	Cuenc_134	0.23	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.05	---	63.91%
123	Cuenc_135	0.66	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.18	---	---	---	---	0.41	---	42.50%
124	Cuenc_136	0.68	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.37	---	---	---	---	0.31	---	55.37%
125	Cuenc_137	0.36	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.25	---	---	---	---	0.11	---	65.14%
126	Cuenc_138	0.36	---	---	---	---	---	---	---	0.07	---	---	---	---	---	---	---	0.27	---	---	---	---	0.00	---	80.00%
127	Cuenc_139	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	---	---	---	0.14	---	---	---	---	0.00	---	74.33%
128	Cuenc_140	0.32	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.22	---	40.31%
129	Cuenc_141	0.59	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.47	---	---	---	---	0.12	---	71.78%
130	Cuenc_142	0.57	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.19	---	---	---	---	0.38	---	41.67%
131	Cuenc_143	0.9	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.54	---	---	---	---	0.36	---	59.00%
132	Cuenc_144	0.75	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	---	---	---	0.32	---	---	---	---	0.35	---	52.53%
133	Cuenc_145	0.35	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.10	---	65.29%
134	Cuenc_146	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.19	---	---	---	---	0.11	---	61.17%
135	Cuenc_147	0.56	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.32	---	---	---	---	0.24	---	57.14%
136	Cuenc_148	0.54	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.35	---	---	---	---	0.19	---	62.13%
137	Cuenc_149	0.6	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.25	---	---	---	---	0.32	---	49.33%
138	Cuenc_150	0.43	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.30	---	---	---	---	0.13	---	65.35%
139	Cuenc_151	0.26	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.16	---	---	---	---	0.10	---	60.00%
140	Cuenc_152	0.35	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.12	---	---	---	---	0.20	---	46.14%
141	Cuenc_153	0.53	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.31	---	---	---	---	0.16	---	63.11%
142	Cuenc_154	0.25	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	0.10	---	57.40%
143	Cuenc_155	0.37	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	0.28	---	35.81%
144	Cuenc_156	0.19	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	0.14	---	37.11%
145	Cuenc_157	0.23	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.07	---	---	---	---	0.16	---	39.78%
146	Cuenc_158	0.77	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.57	---	---	---	---	0.20	---	68.12%
147	Cuenc_159	0.73	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.26	---	---	---	---	0.47	---	43.15%
148	Cuenc_160	0.7	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.55	---	---	---	---	0.15	---	71.07%
149	Cuenc_161	0.4	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.36	---	---	---	---	0.04	---	78.50%
150	Cuenc_162	0.5	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.14	---	---	---	---	0.36	---	38.20%
151	Cuenc_163	0.32	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	0.28	---	28.13%
152	Cuenc_165	0.27	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	---	---	---	0.12	---	---	---	---	0.02	---	70.56%
153	Cuenc_166	0.47	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.27	---	---	---	---	0.20	---	57.34%
154	Cuenc_167	0.34	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.24	---	39.12%
155	Cuenc_168	0.35	---	---	---	---	---	---	---	0.07	---	---	---	---	---	---	---	0.23	---	---	---	---	0.03	---	74.29%
156	Cuenc_169	0.37	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.16	---	---	---	---	0.21	---	48.11%

N°	Subcuenca	Área.	CE-CO	PER	R-CI	R-DCE	R-DP	R-SUB	R-DEP	I-PD	I-MD	I-PAR	I-DEP	I-BAL	ID	PA-AS	EMP	TEC	ASA-L	ASA-M	ASA-I	ASP-L	ASP-M	ASP-I	Imperm. %
157	Cuenc_170	0.39	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---	---	---	0.24	---	45.00%
158	Cuenc_171	0.38	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---	---	---	0.08	---	63.42%
159	Cuenc_172	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.20	---	41.67%
160	Cuenc_173	0.57	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.39	---	---	---	---	0.18	---	64.47%
161	Cuenc_174	0.56	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.10	---	---	---	---	0.46	---	31.61%
162	Cuenc_175	0.67	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.27	---	---	---	---	0.40	---	46.19%
163	Cuenc_176	0.61	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.35	---	---	---	---	0.26	---	57.30%
164	Cuenc_177	0.37	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.14	---	---	---	---	0.23	---	44.59%
165	Cuenc_178	0.47	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.11	---	---	---	---	0.36	---	35.21%
166	Cuenc_179	0.24	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	0.24	---	20.00%
167	Cuenc_180	0.33	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	0.20	---	45.61%
168	Cuenc_181	0.26	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.11	---	---	---	---	0.15	---	47.50%
169	Cuenc_182	0.66	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.20	---	---	---	---	0.46	---	39.70%
170	Cuenc_183	0.22	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.07	---	---	---	---	0.15	---	40.68%
171	Cuenc_184	0.55	---	---	---	---	---	---	---	0.15	---	---	---	---	---	---	---	0.20	---	---	---	---	0.10	---	64.09%
172	Cuenc_185	0.59	---	---	---	---	---	---	---	0.29	---	---	---	---	---	---	---	0.11	---	---	---	---	0.00	---	68.73%
173	Cuenc_186	0.59	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.47	---	---	---	---	0.12	---	71.78%
174	Cuenc_187	0.44	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	0.38	---	28.86%
175	Cuenc_188	0.49	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.28	---	---	---	---	0.21	---	57.14%
176	Cuenc_189	0.36	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	0.31	---	29.03%
177	Cuenc_190	0.38	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	0.38	---	20.00%
178	Cuenc_191	0.3	---	---	---	---	---	---	---	0.13	---	---	---	---	---	---	---	0.08	---	---	---	---	0.00	---	70.33%
179	Cuenc_192	0.24	---	---	---	---	---	---	---	0.02	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	0.15	---	41.04%
180	Cuenc_193	0.57	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.06	---	---	---	---	0.51	---	26.84%
181	Cuenc_194	0.54	---	---	---	---	---	---	---	0.05	---	---	---	---	---	---	---	0.16	---	---	---	---	0.29	---	46.76%
182	Cuenc_195	0.48	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.19	---	---	---	---	0.29	---	45.73%
183	Cuenc_196	0.38	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	---	---	---	0.26	---	---	---	---	0.06	---	71.58%
184	Cuenc_197	0.41	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.04	---	---	---	---	0.37	---	26.34%
185	Cuenc_198	0.45	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.24	---	---	---	---	0.21	---	54.67%
186	Cuenc_199	0.49	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.11	---	---	---	---	0.38	---	34.59%
187	Cuenc_200	0.27	---	---	---	---	---	---	---	0.00	---	---	---	---	---	---	---	0.09	---	---	---	---	0.18	---	41.67%

Anexo N° 05. Ejemplo de un Cuadro de Análisis Pluviográfica Tabulado.

<i>Hora</i>	<i>Intervalo de tiempo min.</i>	<i>Tiempo Acumulado min.</i>	<i>Lluvia Parcial mm.</i>	<i>Lluvia Acumulada mm.</i>	<i>Intensidad mm/hr</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
11:00 a.m.					
12:00 p.m.	60	60	0.50	0.50	0.50
12:50 PM	50	110	8.50	9.00	10.20
02:00 PM	70	180	10.00	19.00	8.57
02:40 PM	40	220	4.50	23.50	6.75
04:20 PM	100	320	0.00	23.50	0.00
06:05 PM	105	425	5.90	29.40	3.37
07:20 PM	75	500	3.00	32.40	2.40
08:50 PM	90	590	0.80	33.20	0.53
09:30 PM	40	630	1.20	34.40	1.80
10:00 PM	30	660	2.40	36.80	4.80
12:45 AM	165	825	2.60	39.40	0.95
02:45 AM	120	945	1.60	41.00	0.80
04:30 AM	105	1050	0.80	41.80	0.46
07:45 AM	195	1245	3.00	44.80	0.92
09:50 AM	125	1370	0.20	45.00	0.10

Fuente: Manual Silvo Agropecuario Tomo X.

Anexo N° 06. Medias esperadas y Desviación estándar reducidos en función de “n”.

Medias esperadas (\bar{Y}_n) de extremos reducidos en función de “n”.

Valores de \bar{Y}_n

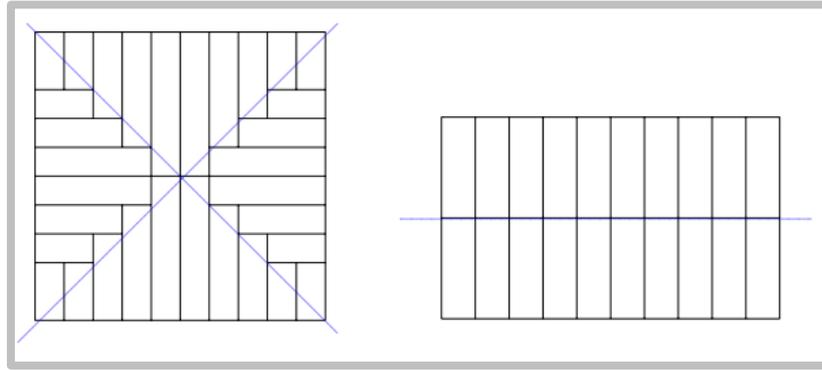
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5230	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Desviación estándar (S_n) de extremos reducidos en función de “n”.

Valores de S_n

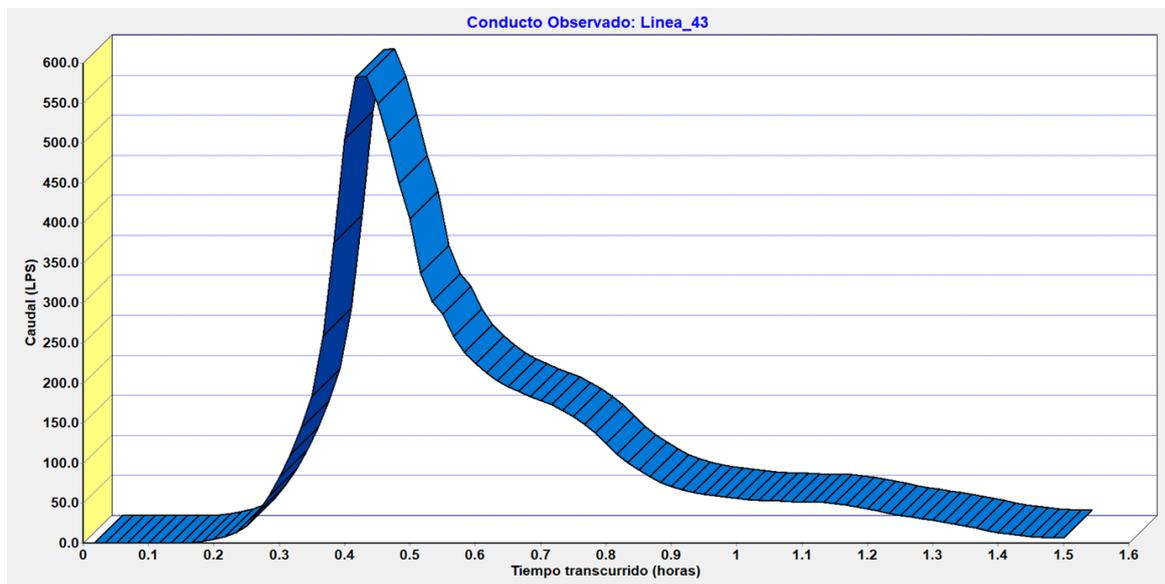
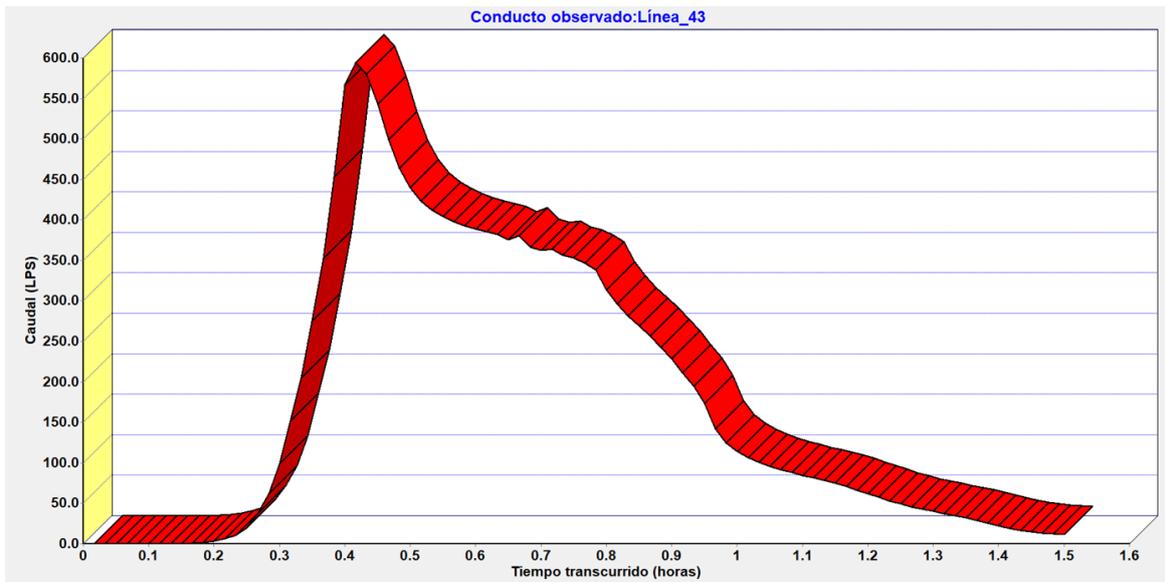
n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.2260	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.3880
40	1.1413	1.1430	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Anexo N° 06. Formas Típicas de Distribución de Catastro.



Forma triangular y rectangular para la clasificación de las subcuencas.

Anexo N° 07. Visualización de muestra de un conducto antes y luego de colocado los colectores respectivamente.



Anexo N° 08. Imágenes de algunos puntos donde se producen anegamientos caudados por la falta de continuidad en los conductos o cortes bruscos para la evacuación de la escorrentía en la zona.



Las imágenes muestran una de las causas más recurrentes en la formación de anegamientos e inundaciones, como se observa la escorrentía ingresa con gran pendiente y velocidad sin poder seguir el curso establecido, esto debido al corte brusco o falta de continuidad en el sistema.

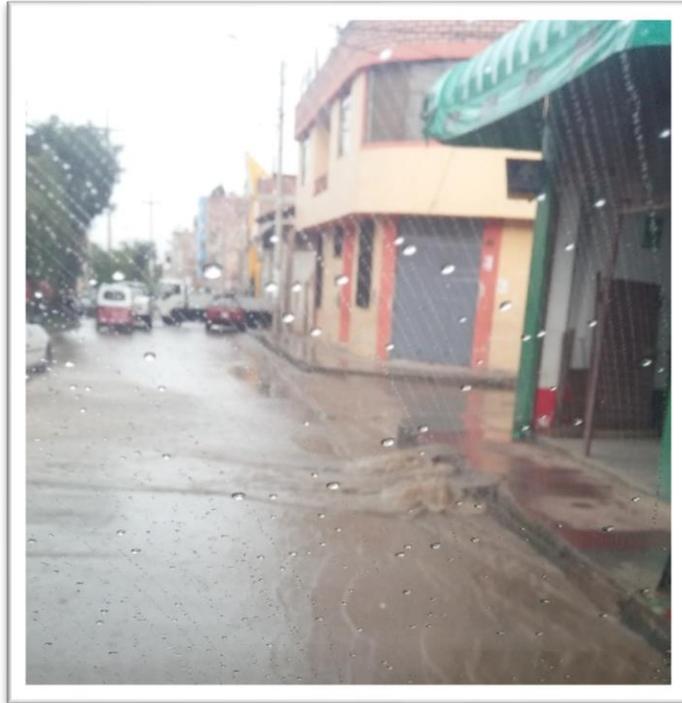
Anexo N° 09. Imágenes del sector de mayor riesgo en la zona.





Estas imágenes muestran la cuneta ubicada en vía de tránsito en la parte baja que sirve como recolector de la mayoría de escorrentía para dirigirla al punto final de evacuación, como se observa a lo largo el conducto colapsa en muchos tramos y otros su capacidad se encuentra al límite, la calzada contribuye en el traslado, aunque no de manera efectiva, el riesgo se toma más en cuenta si esto lo ocasiona una recurrencia de solo 2 años.

Anexo N° 10. Imágenes del sector con las velocidades máximas alcanzadas en el sistema.



Las imágenes muestran un ejemplo de las calles longitudinales de gran pendiente, como vemos las cunetas no tiene la capacidad para el traslado pero que debemos tener en cuenta son las velocidades alcanzadas en estos sectores ya que son riesgosas para la población.

Anexo N° 11. Resumen de inundación en nudos.

Nudo	Horas Inundado	Caudal Máximo LPS	Instante en que sucede el Máximo min	Volumen Total Inund. 10 ⁶ ltr
V_13	0.04	19.51	00:24	0.002
Nodo_10	0.19	3.56	00:22	0.002
Nodo_12	0.51	9.56	00:49	0.016
Nodo_17	0.49	236.06	00:22	0.14
Nodo_19	0.21	142.78	00:22	0.048
Nodo_22	0.05	20.15	00:22	0.002
Nodo_24	0.06	45.2	00:22	0.004
Nodo_26	0.1	0.15	00:22	0
Nodo_33	0.52	216.18	00:22	0.097
Nodo_35	0.04	46.49	00:22	0.004
Nodo_36	0.06	56.63	00:22	0.006
Nodo_39	0.78	213.85	00:23	0.14
Nodo_45	0.38	209.62	00:23	0.136
Nodo_46	0.38	229.74	00:22	0.073
Nodo_47	0.12	100.9	00:23	0.02
Nodo_54	0.39	164.92	00:22	0.078
Nodo_55	0.1	51.43	00:22	0.007
Nodo_68	0.07	32.21	00:22	0.004
Nodo_76	0.12	141.05	00:22	0.025
Nodo_77	0.02	2.23	00:22	0
Nodo_79	0.14	286.23	00:22	0.059
Nodo_81	0.14	23.44	00:22	0.009
Nodo_85	0.08	21.48	00:23	0.005
Nodo_86	0.18	97.04	00:22	0.037
Nodo_87	0.07	23.03	00:23	0.004
Nodo_88	0.11	21.72	00:23	0.007
Nodo_90	0.04	15.05	00:22	0.001
Nodo_92	0.09	138.45	00:23	0.023
Nodo_93	0.06	66.69	00:22	0.007
Nodo_95	0.02	0.33	00:22	0
Nodo_96	0.1	169.82	00:22	0.026
Nodo_97	0.66	97.82	00:21	0.137
Nodo_106	0.05	67.28	00:23	0.007
Nodo_108	0.05	25.69	00:23	0.002
Nodo_115	0.08	29.19	00:23	0.004
Nodo_116	0.1	132.7	00:23	0.024
Nodo_123	0.1	154.6	00:22	0.027
Nodo_126	0.02	0.58	00:22	0
Nodo_128	0.03	39.26	00:22	0.003

Nodo_130	0.1	59	00:22	0.01
V_8	0.13	166	00:23	0.036
Nodo_153	0.09	110.46	00:22	0.017
Nodo_158	0.53	174.03	00:23	0.091
Nodo_162	0.26	76.9	00:22	0.023
Nodo_167	0.55	95.88	00:22	0.037
Nodo_169	0.6	40.01	00:21	0.05
Nodo_177	0.16	196.99	00:22	0.053
Nodo_183	0.1	79.59	00:22	0.013
Nodo_185	0.69	75.35	00:22	0.076
Nodo_187	0.38	120.17	00:22	0.04
Nodo_188	0.04	30.58	00:22	0.002
Nodo_190	0.13	72.64	00:22	0.014
Nodo_198	0.08	160.07	00:22	0.024
Nodo_203	0.47	193.07	00:22	0.062
Nodo_209	0.06	51.35	00:23	0.006
Nodo_213	0.21	200.37	00:24	0.056
Nodo_219	0.48	250.13	00:23	0.122
Nodo_220	0.09	55.28	00:22	0.008
Nodo_223	0.52	89.21	00:23	0.056
Nodo_224	0.56	163.09	00:23	0.113
Nodo_227	0.1	134.37	00:22	0.022
Nodo_229	0.09	32.83	00:23	0.005
Nodo_233	0.6	169.43	00:23	0.113
Nodo_243	0.75	9.8	00:16	0.02
Nodo_246	0.07	98.75	00:22	0.013
Nodo_256	0.68	261.87	00:23	0.223
Nodo_260	1.02	134.53	00:21	0.248
Nodo_262	0.19	113.01	00:23	0.036
Nodo_264	1.08	267.69	00:23	0.205
Nodo_269	0.37	22.55	00:22	0.012
Nodo_270	0.51	28.6	00:21	0.019
Nodo_272	0.09	34.74	00:22	0.008
Nodo_275	0.15	97.43	00:23	0.022
Nodo_277	0.09	62.05	00:22	0.009
Nodo_278	0.03	15.69	00:22	0.001
Nodo_281	0.07	107.29	00:22	0.013
Nodo_282	0.13	234.69	00:22	0.051
Nodo_286	0.09	81.62	00:23	0.012
Nodo_292	0.06	80.59	00:23	0.01
Nodo_295	0.08	85.87	00:22	0.012
Nodo_296	0.04	11.14	00:23	0.001
Nodo_299	0.53	92.61	00:21	0.106
Nodo_301	0.38	76.31	00:21	0.056
Nodo_305	0.08	45.63	00:22	0.007

Nodo_316	0.09	101.16	00:22	0.016
Nodo_319	0.13	94.1	00:23	0.018
Nodo_323	0.07	50.77	00:23	0.006
Nodo_328	0.31	176.07	00:22	0.115
Nodo_340	0.07	119.94	00:23	0.016
Nodo_343	0.13	76.13	00:23	0.022
Nodo_344	0.06	34.4	00:22	0.003
Nodo_349	0.13	84.53	00:23	0.017
Nodo_356	0.53	160.86	00:22	0.094
Nodo_366	0.53	81.81	00:23	0.069
Nodo_375	0.38	42.34	00:22	0.013
Nodo_386	0.63	92.46	00:23	0.036
Nodo_99	0.08	82.5	00:22	0.011
Nodo_117	0.07	94.31	00:22	0.012
Nodo_118	0.05	37	00:22	0.003
Nodo_136	0.02	0	00:00	0
Nodo_138	0.1	0	00:00	0
Nodo_143	0.02	0	00:00	0
Nodo_148	0.49	198.46	00:22	0.1
Nodo_156	0.17	72.06	00:22	0.026
Nodo_16	0.16	25.64	00:22	0.005
Nodo_164	0.1	50.4	00:22	0.007
Nodo_168	0.05	29.93	00:22	0.003
Nodo_174	0.08	84.9	00:22	0.012
Nodo_180	0.12	143.06	00:22	0.029
Nodo_191	0.02	3.45	00:22	0
Nodo_195	0.07	96.76	00:23	0.011
Nodo_199	0.37	0	00:00	0
Nodo_201	0.05	67.68	00:22	0.007
Nodo_204	0.03	28.62	00:22	0.002
Nodo_221	0.04	19.39	00:22	0.002
Nodo_222	0.01	0	00:00	0
Nodo_235	0.04	27.86	00:22	0.002
Nodo_238	0.39	149.41	00:22	0.055
Nodo_240	0.93	139.58	00:21	0.226
Nodo_247	0.03	22.65	00:22	0.001
Nodo_248	0.05	0	00:00	0
Nodo_249	0.02	9.14	00:22	0.001
Nodo_250	0.06	51.14	00:23	0.005
Nodo_252	0.03	35.46	00:22	0.002
Nodo_267	0.2	81.66	00:23	0.021
Nodo_268	0.21	35.95	00:22	0.004
Nodo_271	0.06	30.91	00:22	0.003
Nodo_293	0.18	78.56	00:22	0.011
Nodo_294	0.07	0	00:00	0

Nodo_320	0.03	26.8	00:22	0.002
Nodo_333	0.16	223.68	00:22	0.04
Nodo_335	0.15	0	00:00	0
Nodo_337	0.47	169.77	00:22	0.034
Nodo_34	0.42	203.29	00:22	0.07
Nodo_365	0.09	106.17	00:22	0.016
Nodo_37	0.07	40.17	00:22	0.005
Nodo_38	0.03	12	00:22	0.001
Nodo_380	0.37	102.34	00:22	0.048
Nodo_57	0.01	0	00:00	0
Nodo_64	0.07	94.12	00:22	0.012
Nodo_69	0.47	115.11	00:22	0.031
Nodo_70	0.13	67.88	00:22	0.012
Nodo_75	0.16	275.95	00:22	0.064
Nodo_78	0.23	201.08	00:22	0.045
Nodo_83	0.23	167.57	00:22	0.026
Nodo_89	0.03	21.19	00:22	0.002
Nodo_94	0.06	63.48	00:22	0.008

Anexo N° 12. Resumen de sobrecarga en conductos

Conduit	Horas Lleno			Horas
	Ambos Ext.	Ext. Ini.	Ext. Fin.	Capacidad Limitada
Línea_1	0.08	0.09	0.08	0.09
Línea_102	0.19	0.2	0.19	0.2
Línea_105	0.01	0.02	0.01	0.02
Línea_107	0.52	0.52	0.52	0.52
Línea_11	0.64	0.65	0.65	0.65
Línea_110	0.48	0.49	0.48	0.49
Línea_113	0.49	0.5	0.49	0.5
Línea_114	0.63	0.63	0.63	0.63
Línea_115	0.17	0.18	0.17	0.18
Línea_117	0.03	0.05	0.04	0.05
Línea_118	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_120	0.06	0.07	0.07	0.07
Línea_122	0.03	0.03	0.03	0.03
Línea_124	0.36	0.38	0.37	0.38
Línea_126	0.02	0.02	0.02	0.02
Línea_13	0.47	0.49	0.48	0.49
Línea_135	0.14	0.15	0.15	0.15
Línea_136	0.03	0.03	0.03	0.03
Línea_142	0.06	0.07	0.06	0.07
Línea_146	0.07	0.07	0.07	0.07

Línea_148	0.07	0.08	0.08	0.08
Línea_149	0.1	0.11	0.1	0.11
Línea_15	0.63	0.65	0.64	0.65
Línea_150	0.03	0.04	0.03	0.04
Línea_156	0.38	0.38	0.38	0.38
Línea_157	0.37	0.38	0.37	0.38
Línea_158	0.07	0.08	0.08	0.08
Línea_159	0.04	0.05	0.05	0.05
Línea_161	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_162	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_163	0.08	0.09	0.09	0.09
Línea_164	0.02	0.03	0.03	0.03
Línea_168	0.49	0.5	0.5	0.5
Línea_17	0.63	0.63	0.63	0.63
Línea_176	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_180	0.05	0.06	0.05	0.06
Línea_181	0.15	0.16	0.16	0.16
Línea_182	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_187	0.13	0.13	0.13	0.13
Línea_189	0.06	0.07	0.06	0.07
Línea_19	0.7	0.72	0.72	0.72
Línea_191	0.09	0.1	0.09	0.1
Línea_193	0.03	0.03	0.03	0.03
Línea_194	0.52	0.53	0.53	0.53
Línea_196	0.07	0.07	0.07	0.07
Línea_197	0.07	0.07	0.07	0.07
Línea_198	0.07	0.08	0.07	0.08
Línea_2	0.23	0.23	0.23	0.23
Línea_204	0.21	0.21	0.21	0.21
Línea_205	0.05	0.06	0.05	0.06
Línea_206	0.04	0.05	0.04	0.05
Línea_21	0.77	0.78	0.78	0.78
Línea_210	0.17	0.17	0.17	0.17
Línea_212	0.07	0.07	0.07	0.07
Línea_213	0.23	0.23	0.23	0.23
Línea_217	0.04	0.05	0.05	0.05
Línea_218	0.17	0.18	0.18	0.18
Línea_219	0.06	0.07	0.07	0.07
Línea_220	0.12	0.13	0.13	0.13
Línea_222	0.01	0.02	0.01	0.02
Línea_229	0.07	0.07	0.07	0.07
Línea_23	0.79	0.81	0.81	0.81
Línea_236	0.07	0.07	0.07	0.07
Línea_238	0.06	0.06	0.06	0.06
Línea_240	0.48	0.51	0.5	0.51

Línea_241	0.08	0.09	0.09	0.09
Línea_242	0.44	0.46	0.45	0.46
Línea_243	0.11	0.13	0.12	0.13
Línea_244	0.04	0.05	0.05	0.05
Línea_245	0.09	0.1	0.1	0.1
Línea_247	0.47	0.49	0.48	0.49
Línea_250	0.15	0.16	0.15	0.16
Línea_251	0.11	0.12	0.11	0.12
Línea_252	0.02	0.03	0.03	0.03
Línea_253	0.13	0.13	0.14	0.13
Línea_254	0.05	0.07	0.06	0.07
Línea_256	0.13	0.15	0.13	0.15
Línea_267	0.07	0.07	0.07	0.07
Línea_27	0.83	0.84	0.83	0.84
Línea_270	0.06	0.07	0.06	0.07
Línea_272	0.07	0.07	0.08	0.07
Línea_274	0.4	0.42	0.42	0.42
Línea_275	0.41	0.42	0.41	0.42
Línea_278	0.03	0.04	0.04	0.04
Línea_283	0.07	0.08	0.08	0.08
Línea_287	0.15	0.16	0.17	0.16
Línea_291	0.01	0.09	0.01	0.09
Línea_292	0.47	0.54	0.52	0.54
Línea_294	0.07	0.08	0.09	0.08
Línea_295	0.08	0.1	0.11	0.1
Línea_297	0.58	0.59	0.58	0.59
Línea_299	0.35	0.37	0.36	0.37
Línea_3	0.06	0.07	0.07	0.07
Línea_300	0.09	0.11	0.11	0.11
Línea_302	0.03	0.04	0.05	0.04
Línea_303	0.63	0.68	0.68	0.68
Línea_305	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_306	0.11	0.12	0.12	0.12
Línea_307	0.01	0.03	0.01	0.03
Línea_308	0.41	0.46	0.43	0.46
Línea_311	0.49	0.51	0.5	0.51
Línea_312	0.54	0.55	0.55	0.55
Línea_314	0.01	0.03	0.01	0.03
Línea_315	0.45	0.47	0.47	0.47
Línea_319	0.06	0.07	0.07	0.07
Línea_321	0.03	0.03	0.03	0.03
Línea_322	0.09	0.11	0.1	0.11
Línea_323	0.18	0.2	0.19	0.2
Línea_325	0.04	0.05	0.04	0.05
Línea_331	0.43	0.46	0.45	0.46

Línea_332	0.02	0.03	0.03	0.03
Línea_333	0.65	0.67	0.67	0.67
Línea_334	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_337	0.13	0.14	0.15	0.14
Línea_338	0.02	0.03	0.02	0.03
Línea_339	0.03	0.04	0.03	0.04
Línea_340	0.97	1.02	1	1.02
Línea_341	0.18	0.18	0.18	0.18
Línea_342	0.02	1.07	1.06	1.07
Línea_345	0.06	0.07	0.07	0.07
Línea_346	0.33	0.36	0.34	0.36
Línea_347	0.04	0.06	0.04	0.06
Línea_348	0.91	0.92	0.93	0.92
Línea_353	0.71	0.74	0.73	0.74
Línea_354	0.36	0.38	0.37	0.38
Línea_355	0.42	0.5	0.47	0.5
Línea_356	0.03	0.05	0.03	0.05
Línea_358	0.03	0.03	0.03	0.03
Línea_359	0.07	0.08	0.07	0.08
Línea_361	0.58	0.59	0.58	0.59
Línea_363	0.01	0.03	0.01	0.03
Línea_368	0.08	0.08	0.08	0.08
Línea_369	0.07	0.08	0.08	0.08
Línea_374	0.21	0.23	0.22	0.23
Línea_375	0.12	0.13	0.13	0.13
Línea_376	0.01	0.03	0.02	0.03
Línea_378	0.06	0.07	0.07	0.07
Línea_38	0.12	0.12	0.12	0.12
Línea_380	0.5	0.52	0.51	0.52
Línea_386	0.03	0.04	0.03	0.04
Línea_387	0.36	0.37	0.36	0.37
Línea_389	0.14	0.14	0.15	0.14
Línea_390	0.07	0.08	0.07	0.08
Línea_394	0.04	0.04	0.04	0.04
Línea_399	0.07	0.08	0.08	0.08
Línea_400	0.02	0.03	0.03	0.03
Línea_404	0.03	0.05	0.05	0.05
Línea_409	0.07	0.07	0.08	0.07
Línea_411	0.35	0.36	0.36	0.36
Línea_412	0.29	0.3	0.29	0.3
Línea_417	0.36	0.38	0.37	0.38
Línea_419	0.51	0.53	0.53	0.53
Línea_422	0.02	0.03	0.03	0.03
Línea_425	0.07	0.08	0.07	0.08
Línea_430	0.05	0.06	0.06	0.06

Línea_432	0.46	0.47	0.47	0.47
Línea_433	0.03	0.05	0.04	0.05
Línea_435	0.07	0.08	0.08	0.08
Línea_438	0.03	0.04	0.04	0.04
Línea_439	0.11	0.12	0.12	0.12
Línea_442	0.1	0.12	0.12	0.12
Línea_443	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_45	0.03	0.03	0.03	0.03
Línea_450	0.24	0.25	0.24	0.25
Línea_455	0.53	0.53	0.53	0.53
Línea_458	0.03	0.04	0.03	0.04
Línea_459	0.61	0.62	0.61	0.62
Línea_473	0.02	0.03	0.02	0.03
Línea_475	0.04	0.06	0.06	0.06
Línea_5	0.43	0.44	0.45	0.44
Línea_500	0.12	0.13	0.13	0.13
Línea_515	0.19	0.19	0.19	0.19
Línea_63	0.08	0.09	0.08	0.09
Línea_65	0.37	0.38	0.38	0.38
Línea_67	0.04	0.05	0.05	0.05
Línea_68	0.07	0.08	0.07	0.08
Línea_7	0.48	0.49	0.49	0.49
Línea_71	0.03	0.03	0.03	0.03
Línea_76	0.08	0.09	0.08	0.09
Línea_83	0.08	0.09	0.08	0.09
Línea_84	0.15	0.16	0.15	0.16
Línea_87	0.08	0.09	0.08	0.09
Línea_89	0.01	0.01	0.01	0.01
Línea_9	0.52	0.53	0.53	0.53
Línea_94	0.02	0.03	0.03	0.03
Línea_97	0.01	0.02	0.01	0.02
Línea_98	0.47	0.48	0.47	0.48
Línea_99	0.01	0.02	0.01	0.02

Anexo N° 13. Resumen de caudal en líneas.

Línea	Tipo	Caudal Máximo LPS	Instante Q Máx min	Veloc. Máx m/s	Caudal Máx/ Lleno	Nivel Máx/ Lleno
Línea_1	CANAL	23.16	00:21	1.59	1.00	1.00
Línea_10	CANAL	71.37	00:20	0.84	0.07	0.29
Línea_100	CANAL	2.35	00:23	1.31	0.02	0.22
Línea_101	CANAL	29.95	00:22	1.75	0.26	0.60
Línea_102	CANAL	118.41	00:21	2.39	1.00	1.00
Línea_103	CANAL	45.79	00:22	2.03	0.37	0.68
Línea_104	CANAL	43.95	00:23	0.45	0.09	0.33
Línea_105	CANAL	43.82	00:23	0.88	1.00	1.00
Línea_106	CANAL	93.84	00:23	1.99	0.93	0.97
Línea_107	CANAL	106.43	00:18	2.13	1.00	1.00
Línea_108	CANAL	93.31	00:22	0.77	0.12	0.37
Línea_109	CANAL	94.94	00:22	2.42	0.76	0.89
Línea_11	CANAL	16.63	00:14	1.15	1.00	1.00
Línea_110	CANAL	124.60	00:19	2.53	1.00	1.00
Línea_111	CANAL	71.56	00:22	2.38	0.59	0.82
Línea_112	CANAL	58.01	00:22	2.14	0.48	0.75
Línea_113	CANAL	8.81	00:21	0.48	1.00	1.00
Línea_114	CANAL	7.93	00:14	0.41	1.00	1.00
Línea_115	CANAL	109.09	00:22	2.18	1.00	1.00
Línea_116	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_117	CANAL	116.21	00:22	2.43	1.00	1.00
Línea_118	CANAL	100.99	00:23	2.56	0.86	0.94
Línea_12	CANAL	16.71	00:14	0.75	0.10	0.34
Línea_120	CANAL	31.70	00:21	1.74	1.00	1.00
Línea_121	CANAL	69.51	00:23	2.37	0.64	0.84
Línea_122	CANAL	109.25	00:22	2.44	1.00	1.00
Línea_123	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_124	CANAL	16.28	00:17	0.36	1.00	1.00
Línea_125	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_126	CANAL	136.45	00:22	2.84	1.00	1.00
Línea_13	CANAL	21.87	00:15	1.49	1.00	1.00
Línea_135	CANAL	110.96	00:21	2.28	1.00	1.00
Línea_136	CANAL	111.88	00:22	2.45	1.00	1.00
Línea_14	CANAL	21.87	00:15	0.66	0.08	0.31
Línea_141	CANAL	88.27	00:22	2.28	0.74	0.89
Línea_142	CANAL	120.33	00:22	2.47	1.00	1.00
Línea_143	CANAL	66.84	00:23	2.31	0.51	0.78
Línea_145	CANAL	126.42	00:22	2.61	0.96	0.98
Línea_146	CANAL	131.95	00:21	2.71	1.00	1.00
Línea_148	CANAL	28.76	00:21	1.52	1.00	1.00

Línea_149	CANAL	78.78	00:21	1.68	1.00	1.00
Línea_15	CANAL	19.70	00:14	1.41	1.00	1.00
Línea_150	CANAL	80.08	00:22	1.85	1.00	1.00
Línea_151	CANAL	64.12	00:22	2.45	0.47	0.75
Línea_152	CANAL	118.52	00:22	2.76	0.87	0.94
Línea_153	CANAL	82.40	00:22	2.59	0.60	0.82
Línea_155	CANAL	103.08	00:23	2.49	0.82	0.93
Línea_156	CANAL	124.23	00:19	2.48	1.00	1.00
Línea_157	CANAL	126.42	00:19	2.54	1.00	1.00
Línea_158	CANAL	34.95	00:21	1.86	1.00	1.00
Línea_159	CANAL	34.93	00:21	1.86	1.00	1.00
Línea_16	CANAL	19.98	00:15	0.94	0.04	0.23
Línea_160	CANAL	65.80	00:23	2.38	0.52	0.77
Línea_161	CANAL	113.95	00:23	2.74	0.90	0.96
Línea_162	CANAL	77.26	00:23	1.98	0.87	0.94
Línea_163	CANAL	88.38	00:21	1.84	1.00	1.00
Línea_164	CANAL	80.35	00:22	1.84	1.00	1.00
Línea_165	CANAL	8.96	00:39	1.13	0.16	0.50
Línea_166	CANAL	21.15	00:40	0.52	0.02	0.17
Línea_168	CANAL	21.99	00:15	1.13	1.00	1.00
Línea_169	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_17	CANAL	20.31	00:14	1.36	1.00	1.00
Línea_170	CANAL	74.87	00:22	1.77	0.87	0.95
Línea_171	CANAL	74.90	00:23	0.94	0.07	0.28
Línea_172	CANAL	85.81	00:23	1.92	0.90	0.96
Línea_176	CANAL	83.16	00:22	1.67	1.00	1.00
Línea_179	CANAL	99.69	00:22	2.02	1.00	1.00
Línea_18	CANAL	20.88	00:15	0.68	0.07	0.30
Línea_180	CANAL	151.06	00:22	3.11	1.00	1.00
Línea_181	CANAL	100.42	00:20	2.07	1.00	1.00
Línea_182	CANAL	104.76	00:23	2.95	0.84	0.92
Línea_183	CANAL	282.24	00:22	2.09	0.14	0.40
Línea_184	CANAL	52.26	00:22	2.30	0.37	0.68
Línea_185	CANAL	130.92	00:23	2.91	0.94	0.97
Línea_186	CANAL	12.51	00:24	2.10	0.09	0.39
Línea_187	CANAL	137.13	00:21	2.76	1.00	1.00
Línea_188	CANAL	86.68	00:22	2.54	0.63	0.83
Línea_189	CANAL	150.81	00:22	3.06	1.00	1.00
Línea_19	CANAL	19.00	00:15	1.33	1.00	1.00
Línea_190	CANAL	87.57	00:22	2.66	0.60	0.81
Línea_191	CANAL	136.91	00:22	2.77	1.00	1.00
Línea_192	CANAL	42.93	00:22	2.22	0.31	0.63
Línea_193	CANAL	33.71	00:22	1.95	1.00	1.00
Línea_194	CANAL	32.67	00:16	1.71	1.00	1.00
Línea_195	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00

Línea_196	CANAL	30.36	00:21	1.63	1.00	1.00
Línea_197	CANAL	33.33	00:21	1.80	1.00	1.00
Línea_198	CANAL	126.69	00:21	2.61	1.00	1.00
Línea_199	CANAL	110.85	00:22	2.74	0.81	0.92
Línea_2	CANAL	11.41	00:18	0.76	1.00	1.00
Línea_20	CANAL	190.39	00:23	2.03	0.08	0.31
Línea_200	CANAL	71.17	00:23	2.89	0.55	0.79
Línea_201	CANAL	22.95	00:25	2.23	0.15	0.49
Línea_202	CANAL	83.19	00:22	2.75	0.54	0.78
Línea_203	CANAL	70.73	00:22	2.63	0.47	0.74
Línea_204	CANAL	150.80	00:21	3.06	1.00	1.00
Línea_205	CANAL	38.41	00:22	2.01	1.00	1.00
Línea_206	CANAL	38.46	00:21	1.99	1.00	1.00
Línea_207	CANAL	139.35	00:22	3.01	0.93	0.97
Línea_208	CANAL	50.28	00:22	2.43	0.33	0.65
Línea_209	CANAL	90.16	00:23	2.52	0.70	0.87
Línea_21	CANAL	18.56	00:15	1.28	1.00	1.00
Línea_210	CANAL	129.28	00:21	2.63	1.00	1.00
Línea_211	CANAL	43.74	00:22	2.20	0.33	0.66
Línea_212	CANAL	129.99	00:23	2.70	1.00	1.00
Línea_213	CANAL	139.18	00:20	2.80	1.00	1.00
Línea_214	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_215	CANAL	76.67	00:25	2.37	0.58	0.82
Línea_216	CANAL	75.18	00:22	2.46	0.58	0.81
Línea_217	CANAL	126.95	00:22	2.71	1.00	1.00
Línea_218	CANAL	126.97	00:21	2.58	1.00	1.00
Línea_219	CANAL	124.21	00:22	2.56	1.00	1.00
Línea_22	CANAL	18.56	00:23	0.31	0.04	0.23
Línea_220	CANAL	124.79	00:21	2.58	1.00	1.00
Línea_221	CANAL	94.04	00:22	2.53	0.76	0.90
Línea_222	CANAL	127.24	00:23	2.71	1.00	1.00
Línea_223	CANAL	68.04	00:23	2.66	0.45	0.74
Línea_224	CANAL	62.62	00:22	2.57	0.42	0.71
Línea_225	CANAL	23.44	00:22	2.25	0.15	0.48
Línea_226	CANAL	82.31	00:22	2.80	0.51	0.77
Línea_227	CANAL	48.32	00:22	2.65	0.28	0.61
Línea_228	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_229	CANAL	166.42	00:21	3.35	1.00	1.00
Línea_23	CANAL	17.08	00:16	1.17	1.00	1.00
Línea_230	CANAL	59.69	00:22	2.66	0.36	0.67
Línea_231	CANAL	42.43	00:22	2.84	0.20	0.55
Línea_232	CANAL	41.84	00:22	0.54	0.06	0.27
Línea_233	CANAL	46.15	00:22	2.09	0.36	0.68
Línea_234	CANAL	51.82	00:22	2.13	0.42	0.71
Línea_236	CANAL	119.59	00:22	2.41	1.00	1.00

Línea_237	CANAL	56.87	00:28	2.56	0.40	0.71
Línea_238	CANAL	141.94	00:22	2.92	1.00	1.00
Línea_239	CANAL	56.25	00:22	2.67	0.33	0.65
Línea_24	CANAL	17.31	00:16	0.41	0.03	0.18
Línea_240	CANAL	29.80	00:16	1.59	1.00	1.00
Línea_241	CANAL	30.22	00:21	1.60	1.00	1.00
Línea_242	CANAL	112.24	00:19	2.31	1.00	1.00
Línea_243	CANAL	111.86	00:21	2.32	1.00	1.00
Línea_244	CANAL	121.06	00:22	2.57	1.00	1.00
Línea_245	CANAL	121.74	00:21	2.53	1.00	1.00
Línea_46	CANAL	584.33	00:24	2.20	0.50	0.70
Línea_247	CANAL	18.69	00:17	1.26	1.00	1.00
Línea_248	CANAL	108.47	00:23	3.00	0.67	0.86
Línea_249	CANAL	144.31	00:22	3.24	0.89	0.96
Línea_250	CANAL	148.21	00:21	3.02	1.00	1.00
Línea_251	CANAL	113.78	00:22	2.31	1.00	1.00
Línea_252	CANAL	136.17	00:22	3.14	1.00	1.00
Línea_253	CANAL	135.79	00:21	2.80	1.00	1.00
Línea_254	CANAL	87.58	00:22	1.90	1.00	1.00
Línea_255	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_256	CANAL	7.70	00:20	0.73	1.00	1.00
Línea_258	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_259	CANAL	4.33	00:22	1.48	0.33	0.52
Línea_26	CANAL	18.71	00:17	0.48	0.02	0.17
Línea_260	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_261	CANAL	226.64	00:22	0.94	0.35	0.60
Línea_263	CANAL	124.42	00:22	0.93	0.14	0.39
Línea_264	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_265	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_267	CANAL	129.37	00:21	2.65	1.00	1.00
Línea_268	CANAL	48.32	00:22	2.32	0.35	0.67
Línea_269	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_27	CANAL	16.78	00:16	1.13	1.00	1.00
Línea_270	CANAL	24.58	00:21	1.76	1.00	1.00
Línea_271	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_272	CANAL	17.58	00:22	2.85	1.00	1.00
Línea_273	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_274	CANAL	16.11	00:20	2.65	1.00	1.00
Línea_275	CANAL	26.29	00:19	2.38	1.00	1.00
Línea_276	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_277	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_278	CANAL	31.58	00:22	1.78	1.00	1.00
Línea_279	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.06
Línea_28	CANAL	16.78	00:25	1.15	0.02	0.13
Línea_280	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00

Línea_281	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_282	CANAL	71.01	00:22	0.92	0.06	0.27
Línea_283	CANAL	88.12	00:21	1.83	1.00	1.00
Línea_284	CANAL	18.19	00:48	4.24	0.20	0.55
Línea_285	CANAL	18.52	00:49	1.67	0.22	0.56
Línea_286	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_287	CANAL	71.53	00:21	3.42	1.00	1.00
Línea_289	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_290	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.06
Línea_291	CANAL	3.82	00:29	0.26	0.88	0.92
Línea_292	CANAL	4.06	00:17	0.23	1.00	1.00
Línea_294	CANAL	4.49	00:21	0.80	1.00	1.00
Línea_295	CANAL	16.93	00:21	0.84	1.00	1.00
Línea_297	CANAL	20.00	00:15	0.91	1.00	1.00
Línea_298	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_299	CANAL	28.62	00:17	1.44	1.00	1.00
Línea_3	CANAL	23.72	00:21	1.62	1.00	1.00
Línea_30	CANAL	54.37	00:18	0.93	0.12	0.36
Línea_300	CANAL	14.78	00:22	2.63	1.00	1.00
Línea_301	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_302	CANAL	40.78	00:22	4.33	1.00	1.00
Línea_303	CANAL	3.43	00:16	0.19	1.00	1.00
Línea_304	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_305	CANAL	32.39	00:23	3.33	0.85	0.92
Línea_306	CANAL	38.35	00:21	1.17	1.00	1.00
Línea_307	CANAL	17.36	00:23	2.02	1.00	0.89
Línea_308	CANAL	17.51	00:18	0.63	1.00	1.00
Línea_309	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_31	CANAL	90.92	00:22	1.02	0.21	0.48
Línea_310	CANAL	4.80	00:23	2.52	0.24	0.46
Línea_311	CANAL	46.45	00:18	0.95	1.00	1.00
Línea_312	CANAL	46.92	00:18	0.96	1.00	1.00
Línea_313	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.19
Línea_314	CANAL	15.98	00:24	1.27	1.00	0.90
Línea_315	CANAL	34.22	00:18	0.74	1.00	1.00
Línea_316	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_318	CANAL	82.38	00:26	1.12	0.68	0.79
Línea_319	CANAL	82.42	00:21	1.77	1.00	1.00
Línea_32	CANAL	92.77	00:23	1.01	0.22	0.49
Línea_320	CANAL	23.56	00:26	1.53	0.29	0.61
Línea_321	CANAL	99.47	00:22	2.17	1.00	1.00
Línea_322	CANAL	100.27	00:21	2.09	1.00	1.00
Línea_323	CANAL	133.66	00:21	1.31	1.00	1.00
Línea_324	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_325	CANAL	169.71	00:22	1.69	1.00	1.00

Línea_326	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_327	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_328	CANAL	133.40	00:24	1.58	0.79	0.87
Línea_329	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_33	CANAL	158.68	00:23	1.79	0.24	0.53
Línea_330	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_331	CANAL	10.16	00:16	1.53	1.00	1.00
Línea_332	CANAL	4.73	00:22	1.26	1.00	1.00
Línea_333	CANAL	10.14	00:14	0.44	1.00	1.00
Línea_334	CANAL	6.30	00:23	1.39	0.65	0.72
Línea_335	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_336	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_337	CANAL	4.73	00:21	1.26	1.00	1.00
Línea_338	CANAL	15.81	00:22	3.92	1.00	1.00
Línea_339	CANAL	23.21	00:23	3.65	1.00	1.00
Línea_340	CANAL	4.64	00:13	0.20	1.00	1.00
Línea_341	CANAL	39.28	00:21	1.59	1.00	1.00
Línea_342	CANAL	5.24	00:14	0.22	1.00	1.00
Línea_343	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_344	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_345	CANAL	2.72	00:21	0.73	1.00	1.00
Línea_346	CANAL	7.81	00:18	0.34	1.00	1.00
Línea_347	CANAL	25.69	00:22	2.49	1.00	1.00
Línea_348	CANAL	11.22	00:14	0.76	1.00	1.00
Línea_349	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_35	CANAL	276.92	00:23	1.42	0.67	0.84
Línea_350	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_351	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_352	CANAL	21.14	00:40	1.28	0.31	0.64
Línea_353	CANAL	12.19	00:17	0.25	1.00	1.00
Línea_354	CANAL	8.92	00:17	1.71	1.00	1.00
Línea_355	CANAL	4.72	00:19	0.27	1.00	1.00
Línea_356	CANAL	7.24	00:22	1.16	1.00	1.00
Línea_357	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_358	CANAL	2.26	00:22	0.60	1.00	1.00
Línea_359	CANAL	15.42	00:21	1.08	1.00	1.00
Línea_36	CANAL	319.09	00:24	1.90	0.51	0.74
Línea_360	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.30
Línea_361	CANAL	33.08	00:17	1.35	1.00	1.00
Línea_362	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_363	CANAL	37.43	00:24	2.69	1.00	0.95
Línea_364	CANAL	33.17	00:48	0.84	0.81	0.92
Línea_365	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_366	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_367	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00

Línea_368	CANAL	76.67	00:21	2.69	1.00	1.00
Línea_369	CANAL	54.16	00:21	1.14	1.00	1.00
Línea_370	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_371	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_372	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_373	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_374	CANAL	34.73	00:19	1.82	1.00	1.00
Línea_375	CANAL	28.01	00:21	0.83	1.00	1.00
Línea_376	CANAL	16.52	00:22	1.72	1.00	1.00
Línea_377	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_378	CANAL	45.01	00:22	1.34	1.00	1.00
Línea_379	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_38	CANAL	248.21	00:21	0.86	1.00	1.00
Línea_380	CANAL	34.37	00:18	1.02	1.00	1.00
Línea_381	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_384	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_385	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_386	CANAL	67.87	00:22	2.00	1.00	1.00
Línea_387	CANAL	48.48	00:18	1.38	1.00	1.00
Línea_389	CANAL	29.80	00:21	0.87	1.00	1.00
Línea_39	CANAL	446.42	00:22	3.11	0.41	0.68
Línea_390	CANAL	61.58	00:21	1.77	1.00	1.00
Línea_391	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_393	CANAL	29.04	00:22	0.87	0.69	0.86
Línea_394	CANAL	88.34	00:22	1.81	1.00	1.00
Línea_395	CANAL	89.27	00:22	0.81	0.11	0.35
Línea_397	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_398	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_399	CANAL	57.92	00:22	3.45	1.00	1.00
Línea_4	CANAL	85.44	00:22	1.19	0.53	0.74
Línea_40	CANAL	435.84	00:23	2.44	0.57	0.78
Línea_400	CANAL	34.59	00:23	0.79	1.00	1.00
Línea_401	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_402	CANAL	68.89	00:23	1.73	0.78	0.91
Línea_403	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_404	CANAL	45.92	00:22	2.01	1.00	1.00
Línea_405	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_406	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_407	CANAL	62.99	00:20	2.29	0.45	0.74
Línea_409	CANAL	43.19	00:21	0.95	1.00	1.00
Línea_411	CANAL	48.06	00:19	0.99	1.00	1.00
Línea_412	CANAL	62.50	00:19	1.28	1.00	1.00
Línea_413	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_414	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_416	CANAL	106.58	00:21	1.04	0.10	0.33

Línea_417	CANAL	25.20	00:19	0.66	1.00	1.00
Línea_418	CANAL	63.31	00:19	1.69	0.02	0.17
Línea_419	CANAL	37.78	00:17	0.80	1.00	1.00
Línea_42	CANAL	444.75	00:23	1.67	0.96	0.98
Línea_420	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_421	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_422	CANAL	40.69	00:22	0.92	1.00	1.00
Línea_423	CANAL	12.60	00:22	2.89	0.22	0.53
Línea_425	CANAL	37.63	00:21	0.78	1.00	1.00
Línea_426	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_427	CANAL	38.25	00:22	0.66	0.04	0.22
Línea_428	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_429	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_43	CANAL	473.15	00:23	2.68	0.58	0.78
Línea_430	CANAL	64.22	00:21	2.75	1.00	1.00
Línea_431	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_432	CANAL	49.68	00:16	1.07	1.00	1.00
Línea_433	CANAL	47.37	00:22	1.04	1.00	1.00
Línea_434	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_435	CANAL	61.27	00:21	2.30	1.00	1.00
Línea_436	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_437	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_438	CANAL	61.96	00:22	2.87	1.00	1.00
Línea_439	CANAL	56.87	00:21	3.54	1.00	1.00
Línea_440	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_441	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_442	CANAL	32.69	00:22	0.71	1.00	1.00
Línea_443	CANAL	34.12	00:23	0.94	0.85	0.93
Línea_444	CANAL	33.12	00:23	1.07	0.56	0.80
Línea_445	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_446	CANAL	17.98	00:23	3.86	0.23	0.55
Línea_447	CANAL	12.05	00:27	2.88	0.15	0.49
Línea_449	CANAL	32.51	00:19	1.35	0.01	0.12
Línea_45	CANAL	559.52	00:23	2.06	1.00	1.00
Línea_450	CANAL	32.36	00:19	0.65	1.00	1.00
Línea_451	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_453	CANAL	151.75	00:22	0.96	0.18	0.44
Línea_454	CANAL	117.18	00:22	1.04	0.11	0.35
Línea_455	CANAL	41.12	00:16	0.66	1.00	1.00
Línea_456	CANAL	41.49	00:17	1.19	0.02	0.16
Línea_457	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_458	CANAL	21.73	00:22	2.86	1.00	1.00
Línea_459	CANAL	17.92	00:15	0.81	1.00	1.00
Línea_460	CANAL	90.82	00:23	1.39	0.05	0.24
Línea_461	CANAL	336.67	00:22	0.96	0.62	0.79

Línea_462	CANAL	29.81	00:16	0.67	0.03	0.18
Línea_463	CANAL	121.48	00:22	0.64	0.24	0.50
Línea_464	CANAL	86.78	00:23	0.62	0.15	0.41
Línea_465	CANAL	68.28	00:23	0.76	0.08	0.30
Línea_466	CANAL	197.97	00:23	0.90	0.30	0.56
Línea_467	CANAL	135.78	00:22	0.88	0.18	0.43
Línea_468	CANAL	68.59	00:22	0.75	0.08	0.30
Línea_469	CANAL	149.01	00:22	0.90	0.20	0.46
Línea_471	CANAL	145.34	00:22	0.72	0.27	0.53
Línea_472	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_473	CANAL	42.84	00:22	2.08	1.00	1.00
Línea_474	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_475	CANAL	17.02	00:22	1.98	1.00	1.00
Línea_476	CANAL	64.32	00:23	0.54	0.12	0.36
Línea_477	CANAL	181.25	00:23	0.78	0.33	0.58
Línea_478	CANAL	188.17	00:22	0.82	0.32	0.58
Línea_479	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_48	CANAL	582.71	00:24	1.98	0.48	0.68
Línea_480	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_481	CANAL	234.51	00:22	0.87	0.41	0.65
Línea_482	CANAL	81.44	00:23	0.66	0.13	0.37
Línea_485	CANAL	132.55	00:22	1.04	0.13	0.39
Línea_486	CANAL	104.37	00:23	0.73	0.16	0.41
Línea_488	CANAL	136.49	00:22	0.82	0.20	0.46
Línea_489	CANAL	125.09	00:22	1.05	0.12	0.36
Línea_49	CONDUIT	713.66	00:23	4.04	0.20	0.29
Línea_490	CANAL	22.17	00:27	0.46	0.42	0.59
Línea_491	CANAL	333.94	00:23	2.01	0.20	0.46
Línea_492	CANAL	100.09	00:23	1.09	0.08	0.30
Línea_493	CANAL	234.01	00:23	0.86	0.42	0.65
Línea_494	CANAL	21.40	00:24	0.48	0.03	0.19
Línea_495	CANAL	169.78	00:25	0.71	0.34	0.59
Línea_496	CANAL	55.36	00:40	0.52	0.10	0.34
Línea_498	CANAL	17.71	00:22	0.38	0.03	0.19
Línea_499	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_5	CANAL	22.53	00:16	1.56	1.00	1.00
Línea_50	CONDUIT	715.42	00:23	1.73	0.62	0.69
Línea_500	CANAL	17.70	00:20	1.23	1.00	1.00
Línea_501	CANAL	22.96	00:25	0.60	0.02	0.17
Línea_502	CANAL	80.86	00:22	0.72	0.11	0.35
Línea_503	CANAL	67.99	00:23	0.57	0.12	0.37
Línea_504	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_505	CANAL	88.61	00:22	0.43	0.27	0.53
Línea_506	CANAL	50.27	00:22	0.84	0.04	0.23
Línea_507	CANAL	138.52	00:22	2.18	0.05	0.24

Línea_508	CANAL	144.76	00:23	1.17	0.13	0.37
Línea_509	CANAL	136.69	00:21	0.79	0.21	0.47
Línea_51	CONDUIT	716.41	00:23	3.46	0.25	0.35
Línea_510	CANAL	22.34	00:24	0.42	0.04	0.21
Línea_511	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_512	CANAL	81.31	00:25	0.63	0.14	0.38
Línea_513	CANAL	171.72	00:23	0.77	0.32	0.57
Línea_514	CANAL	135.73	00:22	0.85	0.19	0.45
Línea_515	CANAL	148.41	00:21	2.08	1.00	1.00
Línea_517	CANAL	132.54	00:22	0.84	0.18	0.44
Línea_518	CANAL	50.14	00:22	0.82	0.05	0.23
Línea_519	CANAL	138.06	00:21	1.09	0.13	0.38
Línea_52	CONDUIT	544.64	00:23	1.41	0.57	0.64
Línea_520	CANAL	281.36	00:22	1.26	0.31	0.57
Línea_521	CANAL	153.32	00:23	1.25	0.13	0.37
Línea_522	CANAL	193.79	00:22	1.39	0.15	0.40
Línea_523	CANAL	33.98	00:22	0.65	0.04	0.21
Línea_524	CANAL	142.22	00:23	0.84	0.20	0.46
Línea_525	CANAL	177.11	00:22	1.04	0.21	0.47
Línea_526	CANAL	158.77	00:22	1.17	0.15	0.40
Línea_527	CANAL	117.04	00:23	1.00	0.12	0.36
Línea_528	CANAL	234.22	00:22	1.40	0.20	0.46
Línea_529	CANAL	123.06	00:23	1.06	0.12	0.36
Línea_53	CONDUIT	527.66	00:23	3.34	0.17	0.26
Línea_530	CANAL	0.00	00:00	0.00	0.00	0.00
Línea_531	CANAL	171.01	00:22	0.99	0.21	0.47
Línea_532	CANAL	225.83	00:23	1.24	0.23	0.49
Línea_533	CANAL	114.49	00:23	0.83	0.15	0.41
Línea_534	CANAL	61.98	00:23	0.72	0.08	0.29
Línea_535	CANAL	155.88	00:22	1.60	0.09	0.32
Línea_536	CANAL	133.91	00:23	1.05	0.13	0.38
Línea_537	CANAL	56.87	00:25	0.84	0.05	0.25
Línea_538	CANAL	191.90	00:22	1.36	0.16	0.41
Línea_539	CANAL	106.32	00:23	0.63	0.20	0.47
Línea_54	CONDUIT	527.13	00:23	1.84	0.39	0.48
Línea_540	CANAL	249.07	00:23	1.33	0.24	0.50
Línea_541	CANAL	164.75	00:22	0.71	0.33	0.58
Línea_542	CANAL	324.63	00:22	1.22	0.41	0.65
Línea_543	CANAL	111.32	00:22	1.21	0.08	0.30
Línea_544	CANAL	70.77	00:22	1.06	0.05	0.24
Línea_545	CANAL	80.27	00:23	1.06	0.06	0.27
Línea_546	CANAL	247.88	00:22	1.11	0.31	0.57
Línea_547	CANAL	126.72	00:19	0.64	0.26	0.52
Línea_548	CANAL	189.77	00:22	0.99	0.24	0.51
Línea_549	CANAL	160.91	00:21	0.90	0.22	0.48

Línea_55	CONDUIT	422.62	00:23	2.91	0.15	0.24
Línea_550	CANAL	41.52	00:23	0.79	0.04	0.21
Línea_552	CANAL	111.32	00:21	0.90	0.13	0.37
Línea_553	CANAL	112.95	00:19	0.70	0.19	0.45
Línea_554	CANAL	119.99	00:22	0.93	0.13	0.38
Línea_555	CANAL	170.80	00:22	1.22	0.15	0.41
Línea_556	CONDUIT	1282.43	00:24	1.72	0.50	0.50
Línea_557	CANAL	245.28	00:22	0.66	0.67	0.82
Línea_56	CONDUIT	421.74	00:23	2.96	0.15	0.24
Línea_560	CANAL	124.62	00:19	0.71	0.21	0.48
Línea_57	CONDUIT	355.39	00:23	1.13	0.44	0.52
Línea_58	CONDUIT	285.76	00:23	0.97	0.40	0.49
Línea_59	CONDUIT	292.61	00:23	2.73	0.10	0.18
Línea_6	CANAL	22.72	00:16	0.59	0.21	0.49
Línea_60	CONDUIT	267.45	00:22	2.82	0.08	0.16
Línea_61	CANAL	131.49	00:19	1.29	0.10	0.33
Línea_62	CANAL	139.46	00:22	1.47	0.09	0.31
Línea_63	CANAL	149.39	00:22	3.01	1.00	1.00
Línea_64	CANAL	166.93	00:22	1.12	0.17	0.42
Línea_65	CANAL	84.19	00:19	1.70	1.00	1.00
Línea_66	CANAL	62.35	00:21	1.24	0.03	0.20
Línea_67	CANAL	137.81	00:21	2.89	1.00	1.00
Línea_68	CANAL	103.07	00:22	2.10	1.00	1.00
Línea_69	CANAL	78.90	00:22	2.93	0.46	0.74
Línea_7	CANAL	21.42	00:15	1.50	1.00	1.00
Línea_70	CANAL	121.46	00:22	1.27	0.09	0.31
Línea_71	CANAL	144.78	00:22	3.05	1.00	1.00
Línea_72	CANAL	149.32	00:22	1.07	0.15	0.41
Línea_74	CANAL	119.07	00:23	2.83	0.83	0.93
Línea_75	CANAL	43.18	00:22	2.40	0.28	0.61
Línea_76	CANAL	161.43	00:21	3.26	1.00	1.00
Línea_77	CANAL	79.61	00:22	2.72	0.52	0.77
Línea_78	CANAL	71.87	00:22	2.68	0.46	0.73
Línea_8	CANAL	78.84	00:22	0.97	0.63	0.81
Línea_81	CANAL	135.49	00:22	2.94	0.93	0.97
Línea_83	CANAL	132.56	00:21	2.72	1.00	1.00
Línea_84	CANAL	131.02	00:21	5.32	1.00	1.00
Línea_86	CANAL	72.94	00:22	2.48	0.52	0.77
Línea_87	CANAL	132.41	00:21	2.70	1.00	1.00
Línea_88	CANAL	96.52	00:22	2.68	0.73	0.88
Línea_89	CANAL	133.19	00:22	2.92	0.93	0.97
Línea_9	CANAL	23.18	00:15	1.61	1.00	1.00
Línea_90	CANAL	125.45	00:22	2.93	0.87	0.94
Línea_93	CANAL	99.51	00:23	2.70	0.80	0.91
Línea_94	CANAL	123.94	00:22	2.79	1.00	1.00

Línea_95	CANAL	21.30	00:24	1.63	0.17	0.52
Línea_96	CANAL	17.70	00:28	1.60	0.13	0.47
Línea_97	CANAL	116.07	00:23	2.96	0.94	0.96
Línea_98	CANAL	37.53	00:17	1.70	1.00	1.00
Línea_99	CANAL	36.70	00:22	1.72	1.00	1.00

Anexo N° 14. Ejemplo de los resultados calculados en una sección de la zona.

- Cuatro manzanas y los conductos que intervienen en su evacuación de escorrentía.



- Resultados de las subcuencas que intervienen en las 4 manzanas:

CUENCAS	Ancho m	Impermeab %	Pendiente %	Área ha.	Lluvia mm/hr	Escorrentía lps
Cuenca_184	91.05	64.09	5.49	0.57	39.27	113.54
Cuenca_185	89.34	68.73	5.49	0.59	39.27	121.95
Cuenca_169	94.43	48.11	5.49	0.37	39.27	63.34
Cuenca_172	48.9	41.67	5.49	0.3	39.27	42.67
Cuenca_170	66.41	45	5.49	0.39	39.27	59.57
Cuenca_171	97.14	63.42	5.49	0.38	39.27	82.65
Cuenca_187	94.83	28.86	5.49	0.44	39.27	46.54
Cuenca_186	99.36	71.78	5.49	0.59	39.27	129.57
Cuenca_176	103.7	57.3	5.49	0.61	39.27	113.18
Cuenca_175	106.09	46.17	5.49	0.67	39.27	103.2

- Resultados de los conductos tanto en nivel, velocidad y caudal.

CONDUCTOS	Coef. Manning	Pendiente %	Nivel m	Velocidad m/s	Caudal lps
Línea_75	0.015	6.02	0.121	1.94	35.4
Línea_76	0.015	6.42	0.22	1.7	144.12
Línea_437	0.015	0.96	0	0	0
Línea_438	0.015	0.95	0.203	0.98	51.64
Línea_541	0.015	0.23	0.107	0.62	126.98
Línea_542	0.015	0.6	0.121	1.14	281.03
Línea_440	0.015	0.75	0	0	0
Línea_439	0.015	0.8	0.22	0.6	51.19
Línea_81	0.015	5.24	0.172	1.09	39.97
Línea_250	0.015	5.41	0.22	1.57	133.4