



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Eric Paul Yañez Portal

Asesor:

Ing. Luis Vásquez Ramírez

Cajamarca - Perú

2014

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **YAÑEZ PORTAL ERIC PAUL**, denominada:

“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA”

Ing. Luis Vásquez Ramírez
ASESOR

Ing. Orlando Aguilar Aliaga
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Gerson Quispe Rodríguez
JURADO

Ing. Sergio Nicola Quispe Salazar
JURADO

DEDICATORIA

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño está tesis se las dedico a ustedes:

Papá Pedro

Mamá Magda

Hermanos Junior, Kevin y Nadir

Mi esposa Carmen

y nuestro pequeño hijo Sergio

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por brindarme la posibilidad
de estudiar y desarrollarme profesionalmente en este
mundo competitivo.

A todas las personas que participaron e hicieron posible este proyecto

Muchas gracias por su apoyo y enseñanza:

Orlando Aguilar Aliaga, director de carrera de ingeniería civil

Luis Vásquez Ramírez, asesor

Julio Urbiola del Carpio, director del SENAMHI – Cajamarca

Victor Hugo Sánchez Terrones, amigo y colaborador

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| APROBACIÓN DE LA TESIS | 2 |
| DEDICATORIA | 3 |
| AGRADECIMIENTO | 4 |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | 5 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | 9 |
| RESUMEN. | 11 |
| ABSTRACT | 11 |
| I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.Realidad problemática | 12 |
| 2.Formulación del problema. | 13 |
| 3.Justificación | 13 |
| 4.Limitaciones. | 13 |
| 5.Objetivos | 14 |
| 5.1. Objetivo General..... | 14 |
| 5.2. Objetivos Específicos..... | 14 |
| II. MARCO TEÓRICO. | 14 |
| 1. Antecedentes | 14 |
| 2. Bases Teóricas. | 15 |
| 3. Definición de términos básicos. | 51 |
| III. HIPÓTESIS | 53 |
| 1. Formulación de la hipótesis. | 53 |
| 2. Operacionalización de variables. | 54 |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 55 |
| 1.Tipo de Diseño de Investigación. | 55 |
| 2.Material de estudio. | 55 |
| 2.1. Población | 55 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 2.2. | Muestra | 55 |
| 3. | Técnicas, Procedimientos e Instrumentos. | 55 |
| 3.1. | Para Recolectar Datos. | 55 |
| 3.2. | Para procesar datos. | 56 |
| 3.3. | Modelación Hidráulica..... | 96 |
| 3.4. | Hidrograma de Diseño | 99 |
| 3.5. | Configuración del Modelo en SWMM..... | 110 |
| V. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 128 |
| 6.1. | Resultados | 128 |
| 6.2. | Discusión | 132 |
| VI. | PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL..... | 133 |
| VII. | CONCLUSIONES | 136 |
| VIII. | RECOMENDACIONES | 137 |
| IX. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 138 |
| X. | ANEXOS..... | 139 |

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla N° 001:** Tipo de Sumidero o Coladera Pluvial (ASCE, 1992)
- Tabla N° 002:** Secciones Transversales de Conductos Cerrados
- Tabla N° 003:** Secciones Transversales de Conductos Abiertos
- Tabla N° 004:** Alcantarillas Pluviales (ASCE, 1992)
- Tabla N° 005:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2003
- Tabla N° 006:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2004
- Tabla N° 007:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2005
- Tabla N° 008:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2006
- Tabla N° 009:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2007
- Tabla N° 010:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2008
- Tabla N° 011:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2009
- Tabla N° 012:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2010
- Tabla N° 013:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2011
- Tabla N° 014:** Registro del Fluviógrafo Tormenta 2012
- Tabla N° 015:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2003
- Tabla N° 016:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2004
- Tabla N° 017:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2005
- Tabla N° 018:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2006
- Tabla N° 019:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2007
- Tabla N° 020:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2008
- Tabla N° 021:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2009
- Tabla N° 022:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2010
- Tabla N° 023:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2011
- Tabla N° 024:** Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2012
- Tabla N° 025:** Intensidades Máximas para 5; 10; 15; 30; 60; 120; 280; 360; 720 y 1440 min.
- Tabla N° 026:** Intensidades Máximas (mm/h) de la Estación WEBERBAWER
- Tabla N° 027:** Obtención de delta teórico mediante momentos ordinarios (Hidroesta)
- Tabla N° 028:** Caudales Generados para Distintos Periodos de Retorno
- Tabla N° 029:** Datos Hidrograma de Aguacero de 2 años periodo de retorno de 6 horas con incrementos de 1 hora.
- Tabla N° 030:** Datos Hidrograma de Aguacero de 10 años periodo de retorno de 6 horas con incrementos de 1 hora

Tabla N° 031: Distribución a través del método de bloque alterno centrado para $T = 2$; 10 años/6 horas.

Tabla N° 032: Datos Hietograma de Aguacero de 2 años periodo de retorno de 24 horas con incrementos de 1 hora.

Tabla N° 033: Datos Hidrograma de Aguacero de 10 años periodo de retorno de 24 horas con incrementos de 1 hora.

Tabla N° 034: Distribución a través del método de bloque alterno centrado para $T = 2$; 10 años/6 horas.

Tabla N° 035: Propiedades geométricas de las sub-cuencas en el sitio.

Tabla N° 036: Coeficiente de Escorrentía según uso del suelo.

Tabla N° 037: Uso de la tierra (ha) y la impermeabilidad de sub-cuencas en el sitio desarrollado.

Tabla N° 038: Coeficiente de Manning para escorrentía superficial

Tabla N° 039: Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión

Tabla N° 040: Propiedades de las sub-cuencas

Tabla N° 041: Resumen de Resultados para el sitio en estudio.

Tabla N° 042: Resumen de Resultados de la capacidad hidráulica actual de Av. Angamos.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|------------------------|---|
| Gráfico N° 001: | Sistema de Alcantarillado Pluvial (ASCE, 1992) |
| Gráfico N° 002: | Sistema de Alcantarillado Combinado (ASCE, 1992) |
| Gráfico N° 003: | Trazo de una Red de Alcantarillado |
| Gráfico N° 004: | Sifón Invertido |
| Gráfico N° 005: | Cruce Elevado |
| Gráfico N° 006: | Levantamiento Topográfico sobre Pavimento |
| Gráfico N° 007: | Ciclo Hidrológico |
| Gráfico N° 008: | Cuenca Hidrológica (CEA, 2012) |
| Gráfico N° 009: | Pluviómetros |
| Gráfico N° 010: | Pluviógrafo |
| Gráfico N° 011: | Pluviograma |
| Gráfico N° 012: | Registro de una tormenta mediante la precipitación en intervalos regulares, hietograma, o con la precipitación acumulada en función del tiempo. |
| Gráfico N° 013: | Hietograma de Tormenta |
| Gráfico N° 014: | Curvas IDF |
| Gráfico N° 015: | Hietograma Tormenta 2003 |
| Gráfico N° 016: | Hietograma Tormenta 2004 |
| Gráfico N° 017: | Hietograma Tormenta 2005 |
| Gráfico N° 018: | Hietograma Tormenta 2006 |
| Gráfico N° 019: | Hietograma Tormenta 2007 |
| Gráfico N° 020: | Hietograma Tormenta 2008 |
| Gráfico N° 021: | Hietograma Tormenta 2009 |
| Gráfico N° 022: | Hietograma Tormenta 2010 |
| Gráfico N° 023: | Hietograma Tormenta 2011 |
| Gráfico N° 024: | Hietograma Tormenta 2012 |
| Gráfico N° 025: | Proceso de Selección de una distribución Teórica |
| Gráfico N° 026: | Curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) |
| Gráfico N° 027: | Hietograma de Diseño para T = 2 años /6 horas |
| Gráfico N° 028: | Hietograma de Diseño para T = 10 años /6 horas |
| Gráfico N° 029: | Hietograma de Diseño para T = 10 años /24 horas |
| Gráfico N° 030: | Hietograma de Diseño para T = 2 años / 24 horas |
| Gráfico N° 031: | Plano Topográfico de la zona en estudio. |

- Gráfico N° 032:** Zona de estudio delimitada y con sentido de flujo.
- Gráfico N° 033:** Definición de la longitud del flujo superficial y la pendiente para subcuenca C_{22} ”
- Gráfico N° 034:** Definición de la longitud del flujo superficial y la pendiente para el resto de las Sub-cuencas.
- Gráfico N° 035:** Cálculo del coeficiente de escorrentía según uso del suelo – Plano General
- Gráfico N° 036:** Cálculo del coeficiente de escorrentía según uso del suelo.
- Gráfico N° 037:** Sección Recomendable para calle con ancho menor a 8 m.
- Gráfico N° 038:** Sección Recomendable para calle con mayor a menor a 8 m.
- Gráfico N° 039:** Sección Transversal de la Av. Angamos C - 9 en estudio.
- Gráfico N° 040:** Lado derecho de calle de ancho 9 m.
- Gráfico N° 041:** Lado Izquierdo de la calle de ancho 9 m.
- Gráfico N° 042:** Sección Transversal de la Av. Angamos C - 9 en estudio.
- Gráfico N° 043:** Cálculo de la Sección de la cuneta para $Tr = 2$ años – Cuadra 08 – Av. Agamos
- Gráfico N° 044:** Sección Transversal Proyectada – Cuadra 08, Av. Angamos
- Gráfico N° 045:** Cálculo de la Sección de la cuneta para $Tr = 2$ años – Cuadra 09– Av. Agamos
- Gráfico N° 046:** Sección Transversal Proyectada – Cuadra 09, Av. Angamos
- Gráfico N° 047:** Ajuste de la serie de 5 minutos a la Distribución Normal

RESUMEN.

La presente tesis se evaluó el estado actual, el diseño hidráulico y las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, con la finalidad de determinar las causas que determinan la ineficiencia del sistema de drenaje, ya que en tiempos de alta precipitación de lluvias, los niveles de esta alcanzan índices elevados lo que causa serios problemas a la población cajamarquina por un ineficiente sistema drenaje pluvial, la sobrecarga pluvial propicia inundaciones en zonas topográficamente bajas y erosiones en los cursos de agua por el incremento de la velocidad de escorrentía; impactando desfavorablemente en las superficies expuestas de edificaciones e infraestructura vinculadas a estos espacios.

ABSTRACT

This thesis evaluates the current state, discusses the hydraulic design and competence in the operation and maintenance of the storm drain system in the Angamos Av. and Jr. Santa Rosa, with the aim of determining the causes that determine the inefficiency of the drainage system, since in times of high rainfall, levels reach rates elevated which causes serious problems to Cajamarca by an inefficient storm drainage system rain overload leads to floods in areas topographically low and erosions in the waterways by the increase of the speed of run-off; impacting adversely on the exposed surfaces of buildings and infrastructure related to these areas.

I. INTRODUCCIÓN

1. Realidad problemática

La ciudad de Cajamarca, capital del departamento del mismo nombre, está ubicada en el norte del Perú a 2750 m.s.n.m.; en los 7° 09' 26" Latitud Sur y 78° 31' 31" Longitud Oeste de Greenwich. Actualmente tiene aproximadamente 188 363 habitantes y su tasa de crecimiento poblacional es de 3.5% en zona urbana y 1.3% en zona rural. El clima es seco, templado y soleado durante el día y frío en las noches. Temperatura media anual 13°C (máxima media 21.4° y mínima media 5°C). Estación de lluvias de diciembre a marzo (INEI, 2000).

La precipitación pluvial promedio anual en la Ciudad de Cajamarca es de 620 mm, con tres periodos, uno lluvioso con el 55% de la precipitación anual (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo), un periodo intermedio de 36% de la precipitación anual (Abril, Setiembre, Octubre y Noviembre) y un periodo seco con 9% de la precipitación anual (Mayo, Junio, Julio y Agosto). (SENAMHI – CAJAMARCA, 2012). En tiempos de alta precipitación de lluvias, los niveles de esta alcanzan índices elevados lo que causa serios problemas a la población cajamarquina por un ineficiente sistema drenaje pluvial, la sobrecarga pluvial propicia inundaciones en zonas topográficamente bajas y erosiones en los cursos de agua por el incremento de la velocidad de escorrentía; impactando desfavorablemente en las superficies expuestas de edificaciones e infraestructura vinculadas a estos espacios (INDECI, 1993). Este fenómeno se observa mayormente en tiempos de lluvia en algunas áreas o zonas de la ciudad de Cajamarca. Uno de estos fenómenos, objeto de la presente investigación, se manifiesta en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa de la ciudad de Cajamarca, donde las inundaciones de las calles afectan negativamente la calidad de vida de las personas, afectando las estructuras de las construcciones y la superficie pavimentada de la red vial. Situación extremadamente crítica puesto que la acumulación de aguas pluviales y la escasa capacidad de drenaje de los suelos están generando la alteración de la capa asfáltica.

En esta perspectiva, la presente investigación tiene como propósito determinar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en el área geográfica de investigación, para lo cual se formula el problema.

2. Formulación del problema.

Las preguntas que guían la investigación son:

- ✓ ¿Cuál es el estado actual del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa?
- ✓ ¿El diseño Hidráulico cumple con los requisitos mínimos para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa?
- ✓ ¿Cómo se ejercen las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en dicha calle?

3. Justificación

El presente proyecto nos va a brindar una mejor información acerca del estado actual de los sistemas de drenaje pluvial y a determinar las causas que determinan la eficiencia de estos, a la vez servirá a las entidades públicas como la Municipalidad Provincial de Cajamarca a tomar las medidas necesarias utilizadas en un moderno sistema de drenaje pluvial, dar soluciones integrales y técnicas, proponer una inversión a largo plazo con objetivo de dar soluciones viables y sostenibles a este problema ya que el drenaje pluvial urbano es de gran importancia para el desarrollo normal de la vida cotidiana de la población que habita un lugar determinado en una ciudad.

Es fundamental que las instituciones encargadas del sistema de drenaje pluvial en zonas urbanas conozcan el grado de funcionalidad de sus sistemas y detecten los lugares en los que se presenta mayor riesgo de colapso, generándose una inundación que esto a la vez perjudique a la población comprometida

Con el presente proyecto se espera que el estudiante pueda obtener el grado de Ingeniero Civil, para así mejorar en la vida profesional y obtener más oportunidades en el campo laboral.

4. Limitaciones.

- La investigación se limita a la Av. Ángamos y el Jr. Santa Rosa, esto debido a los factores economía y tiempo.
- La investigación analiza el diseño Hidráulico y las competencia en Operación y Mantenimiento del sistema de drenaje pero acepta y no discute otras como la actividad humana y su impacto sobre los sistemas de drenaje.

A pesar las limitantes expuestas es necesario realizar el proyecto de investigación ya que brindará información del problema que afecta en la actualidad a la Ciudad de Cajamarca.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General.

Determinar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa.

5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el estado del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa.
- Analizar si el diseño hidráulico del sistema cumple con los requisitos mínimos para funcionamiento.
- Determinar las acciones que se realizan en las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial.

II. MARCO TEÓRICO.

1. Antecedentes.

En el estudio “PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES CIUDAD DE CAJAMARCA” realizado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2005), indica en su capítulo: Evaluación de Peligros Vulnerabilidad y Riesgos que:

La ciudad de Cajamarca está sometida a diversos impactos negativos por el desarrollo de actividades humanas que afectan directamente el habitat degradando las condiciones naturales del medio ambiente e incrementando las situaciones de riesgo en la población.

Siendo uno de estos impactos 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.



Foto N° 001

Se muestra una de las calles de Cajamarca inundadas por las lluvias.

En el Informe “DIAGNÓSTICO DE SANEAMIENTO INTEGRAL DE LA REGIÓN CAJAMARCA” publicado por CARE (2008), indica que un problema general en el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado es la conducción de aguas servidas y de lluvia, generando el rebose de buzones y el consiguiente anegamiento, contaminación y colmatación en calles, durante el período de lluvias; en las partes bajas de los sistemas, muchos pobladores rompen las tuberías colectoras y/o buzones para captar las aguas servidas con la finalidad de usarlas en riego agrícola.

2. Bases Teóricas.

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento publicado por la Comisión Nacional del Agua, (México, 2007) indica:

A. Alcantarillado

Para abastecer de agua a las poblaciones, se cuentan con tecnologías para la captación, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua mediante sistemas de conducción y obras complementarias. Sin embargo, una vez que las aguas procedentes del abastecimiento son empleadas en las múltiples actividades humanas, son contaminadas con desechos orgánicos, inorgánicos y bacterias patógenas. Después de cierto tiempo, la materia orgánica contenida

en el agua se descompone y produce gases con olor desagradable. Además, las bacterias existentes en el agua causan enfermedades. Por lo que la disposición o eliminación de las aguas de deshecho o residuales debe ser atendida convenientemente para evitar problemas de tipo sanitario.

En la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de desalojar el agua de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas de interés. Además, el hombre requiere deshacerse de las aguas que han servido para su aseo y consumo.

Por otra parte, la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y otros modifican el entorno natural en que habita el hombre y, tiene como algunas de sus tantas consecuencias, la creación de superficies poco permeables (que favorece a la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno) y la eliminación de los cauces de las corrientes naturales (que reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales). Así, la urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Por ello, las conducciones artificiales para evacuar el agua son diseñadas con mayor capacidad que la que tienen las corrientes naturales existentes. Los sistemas de alcantarillado se encargan de conducir las aguas de desecho y pluviales captadas en los sitios de asentamiento de las conglomeraciones humanas para su disposición final.

✓ Descripción e Importancia del Alcantarillado

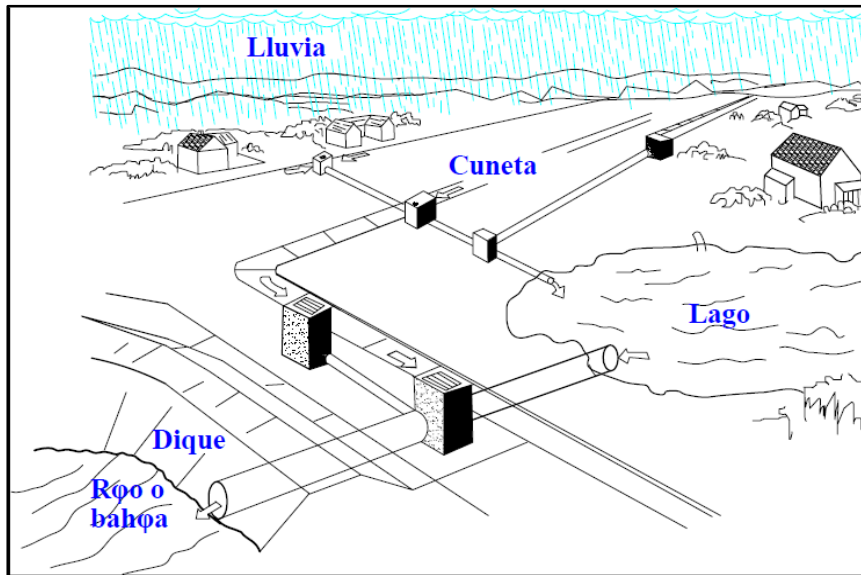
El alcantarillado, tiene como su principal función la conducción de aguas residuales y pluviales hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de poblaciones de donde provienen o a las cercanías.

Un sistema de alcantarillado está constituido por una red de conductos e instalaciones complementarias que permiten la operación, mantenimiento y reparación del mismo. Su objetivo es la evacuación de las aguas residuales y las pluviales, que escurren sobre calles y avenidas, evitando con ello su acumulación y propiciando el drenaje de la zona a la que sirven. De ese modo se impide la generación y propagación de enfermedades relacionadas con aguas contaminadas.

✓ Tipos de Sistemas de Alcantarillado

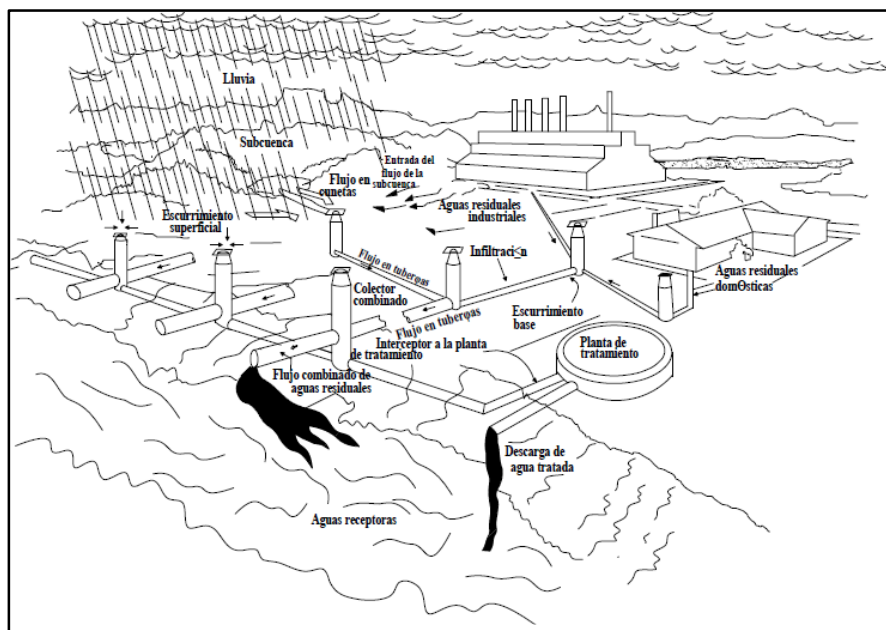
Los sistemas de alcantarillado modernos son clasificados como sanitarios cuando conducen solo aguas residuales, pluviales cuando transportan únicamente aguas producto del escurrimiento superficial del agua de lluvia (Figura N° 001), y combinados cuando llevan los dos tipos de aguas (Figura N° 002).

Gráfico N° 001: Sistema de Alcantarillado Pluvial



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007

Gráfico N° 002: Sistema de Alcantarillado Combinado



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007

B. Sistema de Drenaje Pluvial

Se entiende por Sistema de Drenaje de una urbanización, aquel conjunto de obras (sumideros, colectores, canales, etc.), cuya función es interceptar y conducir hacia un sitio de disposición previamente seleccionado las aguas de origen pluvial, de modo que ellas no causen u originen problemas de inundación en la urbanización. El drenaje dentro del proyecto integral de una urbanización, ocupa un lugar de primordial importancia en razón de su alto costo y de que es un factor condicionante de primer orden para los proyectos de vialidad y de la topografía modificada; de allí la importancia que tiene el que el ingeniero hidráulico realice un buen proyecto y disponga de toda la información básica necesaria. (Álvaro Palacios Ruiz, 2008)

El término drenaje se aplica al proceso de remover el exceso de agua para prevenir el inconveniente público y proveer protección contra la pérdida de la propiedad y de la vida. (RNE, 2010).

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento publicado por la Comisión Nacional del Agua, México (2007) indica:

✓ Sistema de Alcantarillado Pluvial

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado se agrupan según la función para la cual son empleados. Así, un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, se integra de las partes siguientes:

- a. Estructuras de captación
- b. Estructuras de conducción.
- c. Estructuras de conexión y mantenimiento.
- d. Estructuras de vertido.
- e. Instalaciones complementarias.
- f. Disposición final.

A continuación se detallan las características de cada una de ellas en el caso de un sistema de alcantarillado pluvial, y en el capítulo referente a redes de alcantarillado se tratan algunas especificaciones para su construcción. Finalmente, se incluyen al final del capítulo algunas observaciones sobre la disposición final de las aguas pluviales.

a. Estructuras de Captación.

Consisten en bocas de tormenta, que son las estructuras que recolectan el agua que escurre sobre la superficie del terreno y la conducen al sistema de atarjeas. Se ubican a cierta distancia en las calles con el fin de interceptar el flujo superficial, especialmente aguas arriba del cruce de calles y avenidas de importancia; también se les coloca en los puntos bajos del terreno, donde pudiera acumularse el agua.

Están constituidas por una caja que funciona como desarenador donde se depositan las materias pesadas que arrastra el agua y por una coladera con su estructura de soporte que permite la entrada del agua de la superficie del terreno al sistema de la red de atarjeas mediante una tubería de concreto a la que se le denomina albañal pluvial. La coladera evita el paso de basura, ramas y otros objetos que pudieran taponar los conductos de la red.

Existen varios tipos de bocas de tormenta, a los cuales se acostumbra llamarles coladeras pluviales: las de piso, de banqueteta combinada, longitudinal y transversal.

Las coladeras de piso se instalan formando parte del pavimento al mismo nivel de su superficie y las de banqueteta se construyen formando parte de la guarnición. Cuando se requiere captar mayores gastos, puede hacerse una combinación de ambas. Las coladeras longitudinales son un tipo especial de las de banqueteta. La selección de alguna de ellas o de alguna de sus combinaciones depende exclusivamente de la pendiente longitudinal de las calles y del caudal por recolectar. En ocasiones, se les combina con una depresión del espesor del pavimento para hacerlas más eficientes. En el Cuadro N° 001 se muestran algunos tipos de coladeras pluviales.

b. Estructuras de Conducción

Son todas aquellas estructuras que transportan las aguas recolectadas por las bocas de tormenta hasta el sitio de vertido. Se pueden clasificar ya sea de acuerdo a la importancia del conducto dentro del sistema de drenaje o según el material y método de construcción del conducto que se utilice.


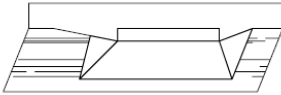
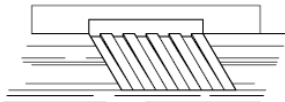
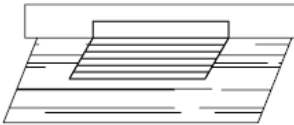
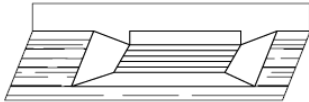
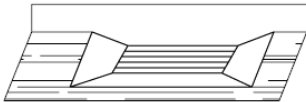

| | |
|---|--|
|  | De banqueta |
|  | De banqueta deprimida |
|  | De banqueta con canalizaciones |
|  | De piso y banqueta |
|  | De piso y baqueta deprimida |
|  | De piso deprimida |
|  | Transversal combinada con una de piso y Banqueta |

Tabla N° 001: Tipo de Sumidero o Coladera Pluvial (ASCE, 1992)

Según la importancia del conducto dentro de la red, los conductos pueden ser clasificados como atarjeas, subcolectores, colectores y emisores. Se le llama atarjeas o red de atarjeas a los conductos de menor diámetro en la red, a los cuales descargan la mayor parte de las estructuras de captación. Los subcolectores son conductos de mayor diámetro que las atarjeas, que reciben directamente las aportaciones de dos o más atarjeas y las conducen hacia los colectores. Los colectores son los conductos de mayor tamaño en la red y representan la parte medular del sistema de alcantarillado.

Los conductos construidos en el lugar o in situ son usualmente de concreto reforzados y pueden ser estructuras cerradas o a cielo abierto. A las primeras se les llama cerradas porque se construyen con secciones transversales de forma semielíptica, herradura, circular, rectangular o en bóveda. Las estructuras a cielo abierto corresponden a canales de sección rectangular, trapezoidal o triangular. En el Cuadro N° 002 se presentan las secciones transversales más usuales en conductos cerrados y en el Cuadro N° 003, a cielo abierto, aunque algunas de ellas suelen ser combinadas (por ejemplo, triangular y trapecial).

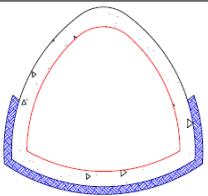
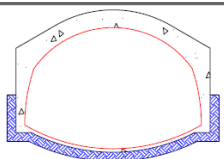
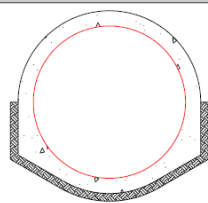
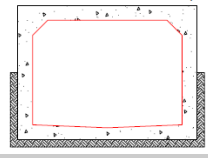
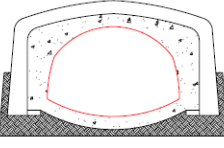
| | |
|---|---------------------|
|  | Semielíptica |
|  | Herradura |
|  | Circular |
|  | Rectangular (Cajón) |
|  | Bóveda |

Tabla N° 002: Secciones Transversales de Conductos Cerrados (CNA, 2007)

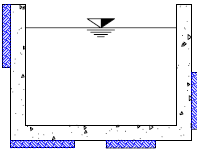
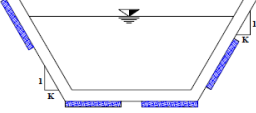
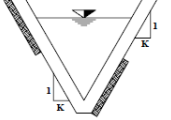
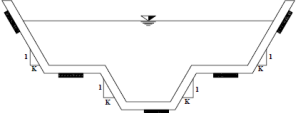
| | |
|---|--------------------|
|  | Rectangular |
|  | Trapezial |
|  | Triangular |
|  | Combinada |

Tabla N° 003: Secciones Transversales de Conductos Abiertos (CNA, 2007)

c. Estructuras de conexión y mantenimiento

Son estructuras subterráneas construidas hasta el nivel del suelo o pavimento, donde se les coloca una tapa. Su forma es cilíndrica en la parte inferior y tronco cónico en la parte superior, y son lo suficientemente amplias como para que un hombre baje a ellas y realice maniobras en su interior, ya sea para mantenimiento o inspección de los conductos. El piso es una plataforma con canales que encauzan la corriente de una tubería a otra, y una escalera marina que permite el descenso y ascenso en el interior. Un brocal de hierro fundido o de concreto armado protege su desembocadura a la superficie y una tapa perforada, ya sea de hierro fundido o de concreto armado cubre la boca.

Se les conoce como pozos de visita o cajas de visita según sus dimensiones. Este tipo de estructuras facilitan la inspección y limpieza de los conductos de una red de alcantarillado, y también permite la ventilación de los mismos. Su existencia en las redes de alcantarillado es vital para el sistema, pues sin ellas, estos se taponarían y su reparación podría ser complicada y costosa.

Para dar mantenimiento a la red, los pozos de visita se ubican al inicio de las atarjeas, en puntos donde la tubería cambia de diámetro, dirección o de pendiente y también donde se requiere la conexión con otras atarjeas, subcolectores o colectores. Por regla los pozos de visita en una sola tubería no se colocan a intervalos mayores de 125 a 175 m dependiendo de los diámetros de las tuberías a unir.

Existen varios tipos de pozos de visita que se clasifican según la función y dimensiones de las tuberías que confluyen en los mismos e incluso del material de que están hechos. Así se tienen: pozos comunes de visita, pozos especiales de visita, pozos para conexiones oblicuas, pozos caja, pozos caja unión, pozos caja de deflexión, pozos con caída (adosada, normal y escalonada). Además, en el tema referente al diseño de redes se señala cuando se debe instalar cada uno de ellos. Los pozos de visita usuales se fabrican con ladrillo y concreto. También existen pozos de visita prefabricados de concreto reforzado, fibrocemento y de polietileno. Los pozos permiten la conexión de tuberías de diferentes diámetros o materiales, siendo los pozos comunes para diámetros pequeños y los pozos caja para diámetros grandes. Las uniones entre tuberías se resuelven en el pozo de varias formas.

d. Estructuras de Vertido

Se le denomina estructura de vertido a aquella obra final del sistema de alcantarillado que asegura una descarga continua a una corriente receptora. Tales estructuras pueden verter las aguas de emisores consistentes en conductos cerrados o de canales, por lo cual se consideran dos tipos de estructuras para las descargas.

- Estructura de vertido en conducto cerrado: Cuando la conducción por el emisor de una red de alcantarillado es entubada y se requiere verter las aguas a una corriente receptora que posea cierta velocidad y dirección, se utiliza una estructura que encauce la descarga directa a la corriente receptora y proteja al emisor de deslaves y taponamientos. Este tipo de estructuras de descarga se construyen con mampostería y su trazo puede ser normal a la corriente o desviado.
- Estructura de vertido en canal a cielo abierto: En este caso, la estructura de descarga consiste en un canal a cielo abierto hecho con base en un zampeado de mampostería, cuyo ancho se incrementa gradualmente hasta la corriente receptora. De esta forma se evita la socavación del terreno natural y se permite que la velocidad disminuya.

e. Obras Complementarias

Las obras o estructuras complementarias en una red de alcantarillado son estructuras que no siempre forman parte de una red, pero que permiten un funcionamiento adecuado de la misma. Entre ellas se encuentran las plantas de bombeo, vertedores, sifones invertidos, cruces elevados, alcantarillas pluviales y puentes.

f. Disposición final

Se le llama disposición final al destino que se le dará al agua captada por un sistema de alcantarillado. En la mayoría de los casos, las aguas se vierten a una corriente natural que pueda conducir y degradar los contaminantes del agua. En este sentido, se cuenta con la tecnología y los conocimientos necesarios para determinar el grado en que una corriente puede degradar los contaminantes e incluso, se puede determinar el número, espaciamiento y magnitud de las descargas que es capaz de soportar.

Por otra parte, la tendencia actual es tratar las aguas residuales y emplearlas como aguas tratadas o verterlas a las corrientes. También se desarrollan acciones encaminadas al uso del agua pluvial, pues pueden ser utilizadas en el riego de áreas verdes en zonas urbanas, tales como jardines, parques; o en zonas rurales en el riego de cultivos. Así, un proyecto moderno de alcantarillado pluvial puede ser compatible con el medio ambiente y ser agradable a la población según el uso que se le dé al agua pluvial. Al respecto, cabe mencionar los pequeños lagos artificiales que son construidos en parques públicos con fines ornamentales.

En Reglamento Nacional de Edificaciones (2010). Norma OS.060, indica:

C. Estudios Básicos

En todo proyecto de drenaje urbano se debe ejecutar, sin carácter limitativo los siguientes estudios de:

1. Topografía.
2. Hidrología.
3. Suelos.
4. Hidráulica.
5. Impacto Ambiental.
6. Compatibilidad de uso.

7. Evaluación económica de operación y mantenimiento

1. Topografía

Uno de los aspectos más importantes para la realización de todo proyecto de alcantarillado pluvial, es el de disponer la topografía de la región, porque marcará la pauta para la elección del tipo de configuración que tendrá el sistema. Por lo tanto es necesario contar con planimetría y altimetría, para realizar los trazos de la red y determinar la ubicación de las estructuras e instalaciones auxiliares.

a. Planos:

Estos planos deberán ser de varios tipos, desde los integrales de ubicación general de la cuenca hasta los de detalle que permitirán el nivel de definición necesario para aportar las mejores soluciones al problema que se pretende resolver. Estos deberán incluir los levantamientos topográficos del área tal que permita la delimitación y trazado de la cuenca de aporte del sector de trabajo. Las escalas que los mismos serán variados dependiendo del tipo de trabajo que realicemos con ellos o lo que estos pretendan mostrar.

b. Levantamiento topográfico

Es necesaria una nivelación geométrica en todas las esquinas de la zona de trabajo que nos permita identificar y trazar la cuenca de aporte, conociendo además y de ser posible las cuencas vecinas. Estos datos topográficos que se deberán levantar tendrán básicamente dos estructuras diferentes, dependiendo si el área de trabajo posee o no infraestructura de pavimento. En el primer caso será suficiente con acotar los puntos que se indican en la figura siguiente y que a criterio del profesional que realiza el levantamiento encuentre particularidades.

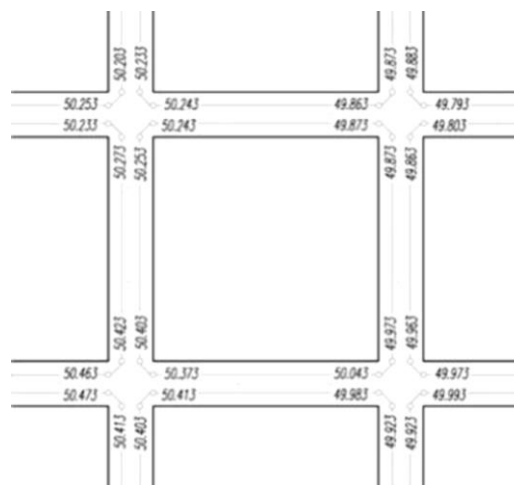


Gráfico N° 006: Levantamiento Topográfico sobre Pavimento (CNA, 2011)

En el caso de zonas sin pavimento el levantamiento topográfico tomará las cotas en esquinas, centros de calles, veredas y fundamentalmente deberá incluir cotas de los Umbrales de las viviendas de la zona en estudio, estas son las que condicionaran de alguna manera los niveles y cotas de los elementos que se incluirán en el proyecto.

Las escalas para este tipo de planos de proyecto son:

- Plano General de la zona, a escala variable entre 1:500 a 1: 1000 con curvas de nivel equidistanciadas 1 m ó 0.50 m según sea el caso.
- Plano del Área específica donde se proyecta la ubicación de estructuras especiales, a escala entre 1:500 a 1:250.
- Perfil longitudinal del eje de las tuberías y/o ductos de conducción y descarga. La relación de la escala horizontal a la escala vertical de este esquema será de 10:1.
- Se deberá contar con información topográfica del Instituto Geográfico Nacional para elaboración de planos a mayor escala de zonas urbano – rurales.
- Esquema de las secciones de ejes de tubería a cada 25 m a una escala no mayor de 1: 100
- Deberá obtenerse los datos aerofotográficos existentes sobre la población que se estudie, así como la cuenca hidrográfica, de los ríos y quebradas que afectan.

2. Hidrología.

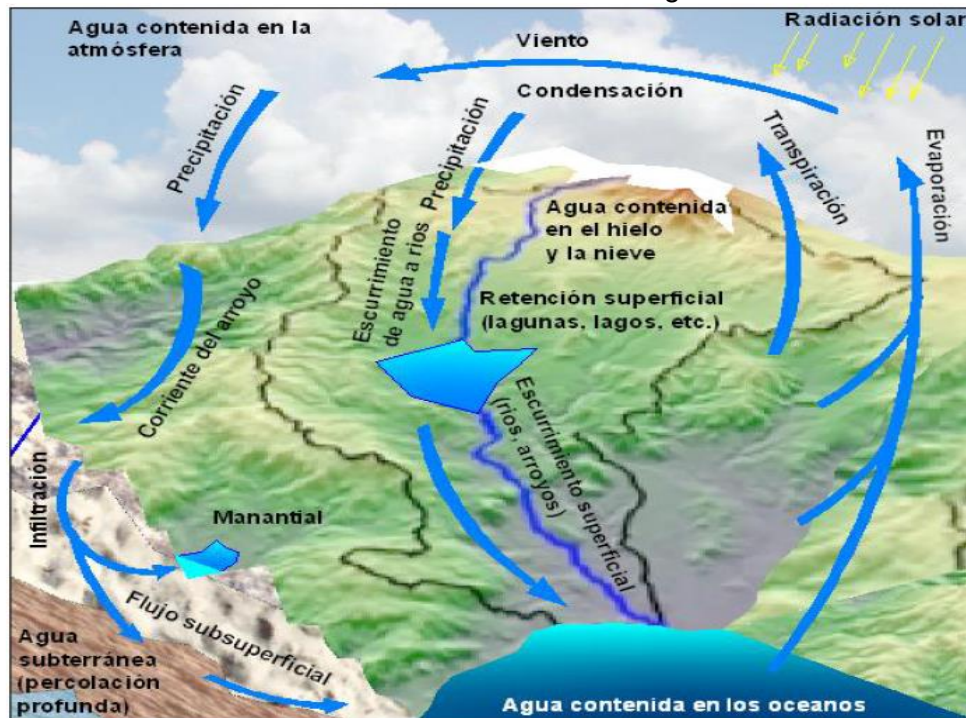
(a) Concepto de la Hidrología

La Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades físicas y químicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. (Máximo Villón Béjar, 2002)

Se llama Hidrología a la rama de la Hidráulica encargada del estudio de los procesos de circulación, ocurrencia y distribución del agua sobre la superficie terrestre, así como su interacción con el medio ambiente. (CNA, 2007)

Hidrología es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares. (MTC, 2013)

Gráfico N° 007: Ciclo Hidrológico



Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2011

(b) Cuenca hidrológica

La cuenca hidrológica es la unidad básica de estudio de la hidrología, La cuenca hidrológica ha sido definida como:

- Es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de Agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de recorrido. (Máximo Villón Béjar, 2002)
- Una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio, 1997).
- Una cuenca es la unidad básica en un estudio Hidrológico y se define como aquella área de terreno donde el agua de lluvia que cae sobre su superficie y que no se infiltra, es conducida hasta un punto de salida (cuenca abierta) o de almacenamiento (cuenca cerrada). Es

importante remarcar que el tamaño de una cuenca depende de la ubicación del punto de salida. (CNA, 2007)

- La totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, tales que todo el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida (Campos, 1992).

i. Delimitación de la Cuenca

La delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel (Escala 1:50000), siguiendo las líneas del divortium acuorum (Parteaguas), la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente fluye hacia el puntos de salida de la cuenca. El Parteaguas está formado por los puntos de mayor nivel topográficos y cruza las corrientes en los puntos de salida, llamado estación de aforo. (Máximos Villón Béjar, 2002)



Figura N° 008: Cuenca Hidrológica (CEA, 2012)

ii. Clasificación de Cuenclas

Una Cuenca se puede clasificar atendiendo a su tamaño.

- *Cuenca Grande*.- Es aquella en la que predomina las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área, cauce). Una cuenca, para fines prácticos, se considera grande cuando el área es mayor de 250 km².
- *Cuenca Pequeña*.- Es aquella que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración y en la cual las características físicas (tipo de suelo, vegetación) son más importante que las del cauce. Se

considera cuenca pequeña aquella cuya área varía desde unas pocas hectáreas hasta un límite, que para propósitos prácticos se considera 250 km².

iii. Características de Cuencas

- La pendiente de la cuenca es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas.
- Índice o factor de forma de una cuenca (f).- Expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud, es decir:

$$F = \frac{\text{ancho}}{\text{longitud}} = \frac{B}{L}$$

- Si una cuenca tiene F mayor que otra, existe la mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre toda la extensión de la cuenca.
- Si la cuenta tiene F menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área pero con mayor F.

(c) Precipitación

La precipitación es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo. (Máximo Villón Béjar, 2002)

Se llama precipitación a aquellos procesos mediante los cuales el agua cae de la atmósfera a la superficie de la tierra, en forma de lluvia (precipitación pluvial), nieve o granizo. (CNA, 2007)

i. **Medición de la Precipitación.**

La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó.

La medición de la precipitación se ha llevado a cabo principalmente con aparatos climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos.

- **Pluviómetro**

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20 cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la tapa.

Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación hasta décimos de milímetros, ya que cada centímetro medido en la probeta, corresponde a un milímetro de altura de lluvia.



Gráfico N° 009: Pluviómetros

- **Pluviógrafo**

Es un instrumento, que registra la altura de lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas. Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado en un sistema de reloj. (Figura N° 010).



Gráfico N° 010: Pluviógrafo

Como el papel tiene un cierto rango en cuanto a la altura de registro, una vez que la aguja llega al borde superior, automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El gráfico resultante recibe el nombre de pluviograma

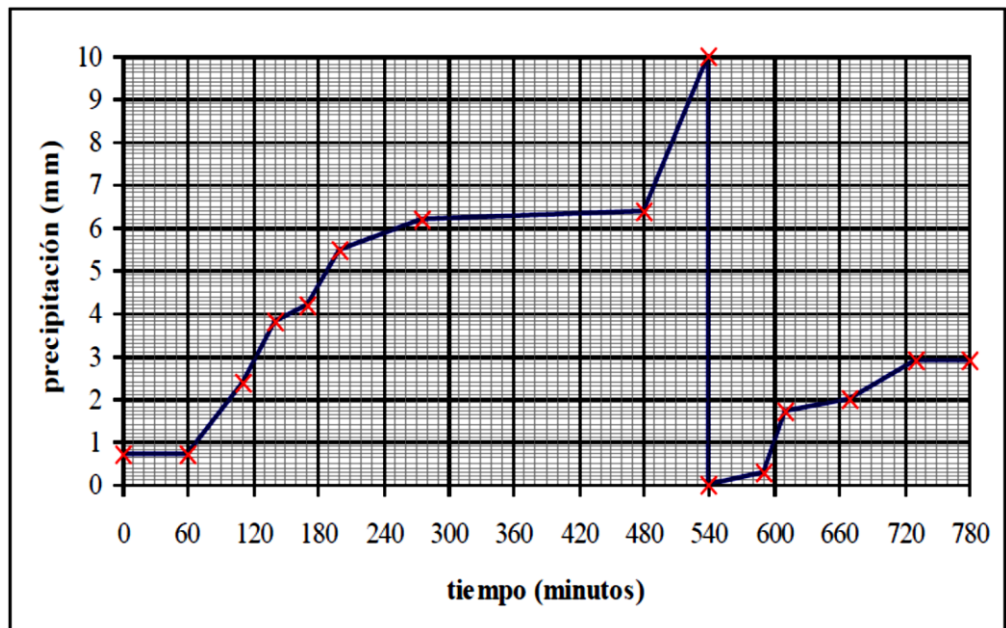


Gráfico N° 011: Pluviograma (CNA, 2007)

ii. Tormentas

Una tormenta es un periodo de tiempo continuo con precipitación producido por una situación meteorológica favorable, que se puede representar por un conjunto de intervalos de lluvia. El intervalo de tiempo sin lluvia que separa una tormenta de otra es un valor que permite asegurar la independencia estadística de dos tormentas sucesivas. Se han realizado numerosos estudios estadísticos de registros continuos de precipitación para determinar la longitud del tiempo entre tormentas (TET), que hace que las características de ellas sean estadísticamente independientes, según los cuales este valor puede variar entre 6 y 24 horas, de manera que típicamente se supone que lapsos del orden de 12 horas sin lluvia determinan eventos diferentes. Las características principales de este episodio, o evento de precipitación, desde la perspectiva de usar la información para diseñar sistemas de drenaje urbano, son su duración, magnitud total, variación de la intensidad en el tiempo y variación de la lluvia en el espacio. En un registro de precipitaciones en el tiempo una tormenta puede observarse ya sea con un gráfico de intensidad para cada intervalo de tiempo, o de precipitación acumulada en función del tiempo, como se aprecia en la Figura N° 012. En términos abstractos las propiedades de una tormenta pueden observarse con un esquema como el que se indica en la Figura N° 013 que se conoce como hietograma.

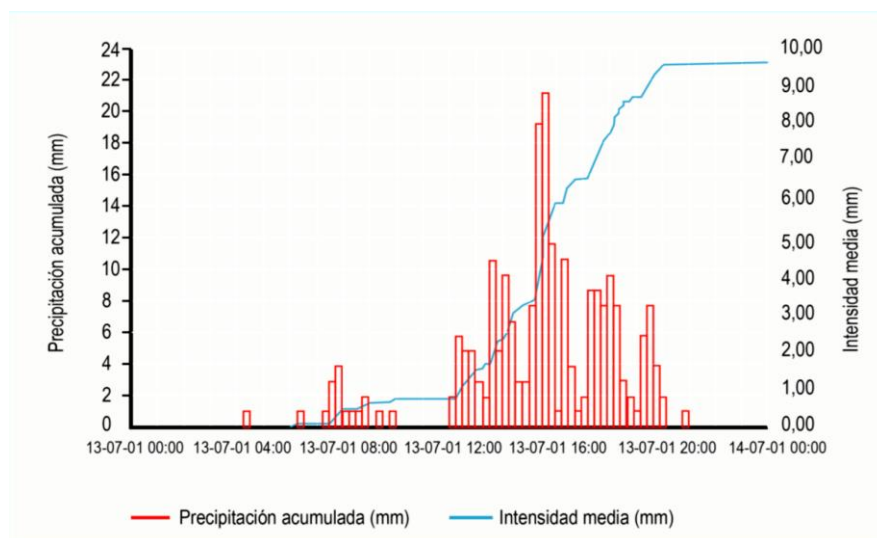


Gráfico N° 012: Registro de una tormenta mediante la precipitación en intervalos regulares, hietograma, o con la precipitación acumulada en función del tiempo. (CNA, 2011)

Hietograma de la Tormenta

La distribución en el tiempo de la lluvia total caída durante un temporal es, sin lugar a dudas, un factor primordial en la determinación del escurrimiento de respuesta de la cuenca y, en consecuencia, debe ser considerado al caracterizar una tormenta. Un gráfico, o una tabla de datos, que muestra la precipitación o la intensidad de la lluvia en cada intervalo en función del tiempo se conocen como hietograma.

Variación Espacial

A nivel urbano, para cuencas pequeñas de áreas menores a una centena de hectáreas, se puede considerar una distribución espacial uniforme de la precipitación. Esto no elimina la necesidad de tener que estimar los valores de la precipitación en esa zona en la cual muchas veces no se dispone de datos. Para el caso de cuencas de mayor tamaño es necesario establecer una distribución espacial en base a algún modelo. Para el caso de cuencas grandes, que involucran áreas de diferentes elevaciones, es posible suponer una variación espacial definida con una relación entre precipitación y altura. Una consideración adicional en torno a este punto, particularmente compleja y difícil de cuantificar, es la incidencia del problema nivel. Algunas tormentas ocurren como lluvias en las partes bajas de la cuenca mientras se deposita como nieve en las zonas altas. Este hecho complica el análisis de la variación espacial y es sumamente difícil de abordar y resolver

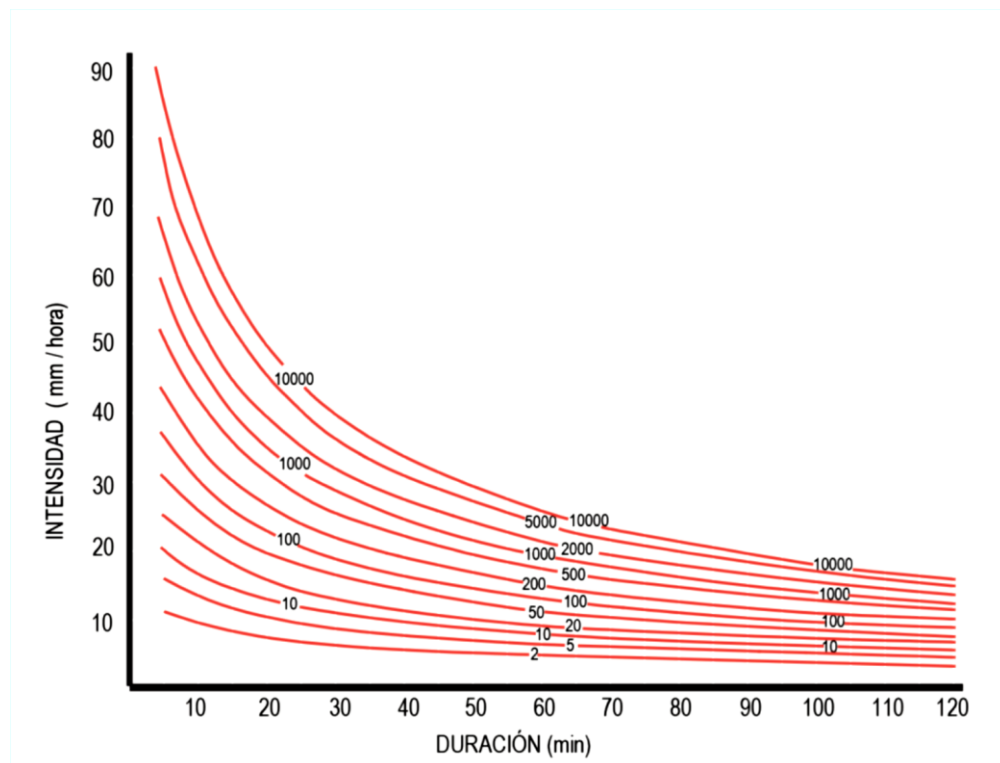
Probabilidad de Ocurrencia.

La probabilidad de ocurrencia de una determinada tormenta está relacionada con la frecuencia con que se observa que ha ocurrido en un registro dado. Pero debido a que una tormenta presenta diferentes características, se trata de estimar la probabilidad de un fenómeno multivariado. Debido a ello se acostumbra fijar la duración y encontrar, para esa duración, la probabilidad de que las precipitaciones superen una cantidad determinada. Así por ejemplo se estima la probabilidad de ocurrencia de lluvias de 24 horas en un año cualquiera. Una extensión para otras duraciones se presenta en las denominadas relaciones Intensidad, Duración, Frecuencia, en las cuales este análisis se hace para lluvias de varias duraciones. Este análisis en general es puntual y además no considera las variaciones de intensidad que puede tener la tormenta, sino que considera solo la intensidad promedio, o la precipitación total dividida por la duración. Así se habla también de relaciones Precipitación, Duración, Frecuencia.

iii. Relaciones Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF)

Una manera de resumir y caracterizar el comportamiento de las precipitaciones es mediante las relaciones entre sus propiedades, en particular entre Duración, Intensidad y Frecuencia. Estas relaciones además son muy útiles para ser usadas en el diseño hidráulico de las obras de drenaje urbano. Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia y son útiles para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente de cuencas pequeñas esencialmente impermeables, en función de la lluvia caída. Estas curvas tienen usualmente una forma de tipo exponencial, donde la intensidad, para una misma frecuencia, disminuye a medida que aumenta la duración de la precipitación. Es corriente incorporar en el mismo gráfico las curvas asociadas a diferentes frecuencias, en forma paramétrica, para obtener la familia de curvas de un lugar en un mismo gráfico. Un ejemplo de ellas se muestra en la Figura N° 014:

Gráfico N° 014: Curvas IDF



Fuente: Manual de Drenaje Urbano, Chile

3. Suelos.

Se deberá efectuar el estudio de suelos correspondiente, a fin de precisar las características del terreno a lo largo del eje de los ductos de drenaje. Se realizarán calicatas cada 100 m. como mínimo y cada 500 m. como máximo. El informe del estudio de suelos deberá contener:

- Información previa: antecedentes de la calidad del suelo.
- Exploración decampo: descripción de los ensayos efectuados.
- Ensayos de laboratorio
- Perfil del Suelo: Descripción, de acuerdo al detalle indicado en la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, de los diferentes estratos que constituyen el terreno analizado.
- Profundidad de la Napa Freática.
- Análisis físico - químico del suelo.

4. Hidráulica.

La eficiencia del funcionamiento hidráulico de una red de alcantarillado para conducir ya sea aguas residuales, pluviales o ambas, depende de sus características físicas.

Mediante el empleo de algunos de los principios de la Hidráulica, se analizan y dimensionan desde estructuras sencillas tales como bocas de tormenta hasta otras más complicadas como son las redes de tuberías y de canales.

Los conceptos básicos de Hidráulica, útiles para el diseño y revisión de una red de alcantarillado abarcan entre otros a los siguientes: tipos de flujo, ecuaciones fundamentales de conservación de masa (o de continuidad), cantidad de movimiento y energía, conceptos de energía específica, pérdidas de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, estructuras hidráulicas especiales y métodos de tránsito de avenidas.

5. Impacto Ambiental.

Todo proyecto de Drenaje Pluvial Urbano deberá contar con una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA.). La presentación de la EIA deberá seguir las normas establecidas por el BID (Banco Interamericano de Desarrollo).

Sin carácter limitativo se deben considerar los siguientes puntos:

- Los problemas ambientales del área.
- Los problemas jurídicos e institucionales en lo referente a las leyes, normas, procedimientos de control y organismos reguladores.
- Los problemas que pudieran derivarse de la descarga del emisor en el cuerpo receptor.
- Los problemas que pudieran derivarse de la vulnerabilidad de los sistemas ante una situación de catástrofe o de emergencias.
- La ubicación en zona de riesgo sísmico y las estructuras e instalaciones expuestas a ese riesgo. Impedir la acumulación del agua por más de un día, evitando la proliferación de vectores transmisores de enfermedades.
- Evitar el uso de sistemas de evacuación combinados, por la posible saturación de las tuberías de aguas servidas y la afloración de estas en la superficie o en las cunetas de drenaje, con la consecuente contaminación y proliferación de enfermedades.
- La evaluación económica social del proyecto en términos cuantitativos y cualitativos.
- El proyecto debe considerar los aspectos de seguridad para la circulación de los usuarios (circulación de personas y vehículos, etc) a fin de evitar accidentes.
- Se debe compatibilizar la construcción del sistema de drenaje pluvial urbano con la construcción de las edificaciones (materiales, inadecuación en ciertas zonas por razones estáticas y paisajistas, niveles y arquitectura)

6. Compatibilidad de uso.

Todo proyecto de drenaje urbano, deberá contar con el inventario de obras de las compañías de servicio de:

- Telefonía y cable.
- Energía Eléctrica.
- Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas.
- Gas.

Asimismo deberá contar con la información técnica de los municipios sobre:

- Tipo de pista, anchos, espesores de los pavimentos.
- Retiros Municipales

La información obtenida en los puntos anteriores evitará el uso indebido de áreas con derechos adquiridos, que en el caso de su utilización podría ocasionar paralizaciones y sobrecosto.

En los nuevos proyectos de desarrollo urbano o conjuntos habitacionales se debe exigir que los nuevos sistemas de drenaje no aporten más caudal que el existente. En caso de que se superen los actuales caudales de escorrentía superficial, el Proyectista deberá buscar sistemas de lagunas de retención para almacenar el agua en exceso, producida por los cambios en el terreno debido a la construcción de nuevas edificaciones.

7. Operación y Mantenimiento

Según Luis Jaramillo, 2011. Todos sistema de drenaje para que opere de manera eficiente debe contar con una política de operación, la cual debe estar acorde con el diseño del sistema para que el funcionamiento sea el adecuado y evitar daños tanto en la red como reducir las molestias a los usuarios.

Dentro de las políticas de operación del sistema deben estar contemplados programas de mantenimiento preventivo esto con el propósito de lograr que el sistema funcione de manera óptima. Se tratará que las tuberías de la red trabajen a superficie libre; sin embargo, cuando se presenten lluvias mayores a la que corresponde el periodo de diseño es de esperarse que trabajen a presión y como correspondencia se produzcan inundaciones en la zona, por ellos se debe contar con las medidas necesarias para aminorar los daños y molestias que se ocasionan.

7.1. Medida de Conservación y Limpieza

Todo sistema de drenaje debe contar con un mantenimiento en menor o mayor grado, esto con el propósito de que el sistema funcione adecuadamente y se eviten anomalías en la época de lluvias. Además, ellos ayudan a prolongar la vida útil del sistema.

Esta actividad debe prolongarse para llevarse a cabo en la época de estiaje, que es cuando los sistemas conducen caudales pequeños y es posible revisarlos con relativa facilidad, así como detectar los daños. En este periodo es de esperarse que se tenga la presencia de sedimentos en el sistema debido a que las velocidades son bajas y no es posible que ellos sean arrastrados. (Luis Jaramillo, 2011)

7.2. Mantenimiento

Según Luis Jaramillo, 2011. Las tecnologías usadas actualmente para el mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial se resumen como sigue:

- ✓ *Inspección periódica*: visualmente, equipos de video
- ✓ Mantenimiento preventivo: lavados, limpieza de alta presión, utilización de varillas, utilización de palas o rastrillos.
- ✓ Mantenimiento de emergencia: limpieza a alta presión, varillas desenraizadoras o cortadoras, utilización de palas o rastrillos

El mantenimiento de los sistemas de drenaje, es un aspecto al que generalmente se le atribuye menor importancia de la que se merece, y en la mayoría de los casos, es un compromiso que se descuida y muchas veces se olvida por completo. Lamentablemente es frecuente constatar el deplorable estado de funcionamiento y conservación de obras de drenaje, en las que se han invertido cuantiosos recursos, situación inaceptable desde todo punto de vista.

Por lo anterior, es necesario insistir en la importancia del mantenimiento de las obras de drenaje, de tal manera que sean asumidas como una obligación ineludible, que debe ser cumplida permanentemente por los usuarios.

Existen dos objetivos de gran importancia que se persiguen con el mantenimiento de las obras de drenaje. Por una parte, un adecuado mantenimiento asegura la permanencia de las propiedades hidráulicas del sistema, es decir, permite que las obras funcionen adecuadamente descargando los caudales, para las que fueron diseñados. (Máximo Villón, 2006)

7.2.1. *Mantenimiento manual*

Según Luis Jaramillo, 2011. El mantenimiento manual se puede hacer por medio de procedimientos manuales, los cuales consisten en el retiro de la basura o sedimento mediante los dispositivos como son, por ejemplo, cepillos, varillas o palas que se arrastran en el interior de la tubería en forma manual. Este procedimiento se lo debe hacer únicamente en tiempo de estiaje, para evitar accidentes provocados por las crecientes repentinas de gran intensidad.

7.2.2. *Mantenimiento con equipos de alta presión*

Según la Escuela Politécnica Nacional, 2011. Existen variados métodos de limpieza para el mantenimiento del sistema de drenaje pluvial. El método más recomendado para la limpieza y desazolve de las líneas con PVC es el equipo hidroneumático. Esto no significa que los equipos tradicionales no funcionen con este tipo de alcantarillado sino que por las ventajas que representa el equipo hidroneumático tales como: extracción de lodos, limpieza con chorro a alta presión, su versatilidad y por hacer la limpieza sin elementos cortantes que se puedan dañar las paredes de la tubería, mejorara la efectividad del mantenimiento del sistema de drenaje.

La operación de limpieza de unas tuberías con este tipo de sistema es sencilla, ya que basta con introducir por el pozo de registro el extremo de la manguera, una vez colocada la tobera adecuada, se pone en funcionamiento la bomba y comienza a avanzar de este momento la manguera, a través de la tubería, empujada por la reacción del agua que sale a través de la tubería.

La economía de este tipo de mantenimiento es obvia cuando se compara contra el costo efectivo de la limpieza natural.

7.2.3. *Limpieza de sumideros*

Si los sumideros están comunicados con el sistema de drenaje y no tienen cámaras de arena no es necesario limpiarlas, cuando se cuentan con estos últimos es necesario revisarla en forma periódica, y retirar la arena, esto se puede hacer de forma manual utilizando cucharas de varios tipos y añadiendo agua para la remoción de sedimentos. Sin embargo la tendencia actual es hacerlo con máquinas provistas de dispositivos de absorción, previa inyección de agua, y mediante bombeo de vacío. Los aparatos modernos más usados para esta clase de operaciones son los camiones de operación con alto poder de succión, capaces de retirar adoquines y elementos similares en volumen y peso. En general, el material retirado de los sistemas deberá ser depositado en un lugar donde no provoque problemas o bien ser tratado para su disposición final. (Escuela Politécnica Nacional, 2011)

7.3. Drenaje superficial en carreteras

El agua que cae en forma de lluvia sobre la superficie terrestre se distribuye de tres formas: una parte se evapora por la acción del sol, otra se infiltra en el terreno que recorre y la última, escurre directamente sobre el terreno en busca de una corriente de agua. Las aguas superficiales, ya sea que caigan directamente sobre la carretera o que lleguen a ella por medio de escurrimiento sobre el terreno adyacente son evacuadas mediante obras de drenaje superficial; mientras que las aguas subterráneas resultantes de la infiltración, ascensos en el nivel freático y fenómenos de capilaridad, se remueven a través de sistemas de subdrenaje.

El drenaje es la herramienta para controlar la influencia negativa del agua en las carreteras. Cuando el agua se infiltra hasta la base de una carretera se presentan agrietamientos y fenómenos de bombeo causados por las presiones hidráulicas que se generan al pasar los vehículos. La inexistencia o la ineficiencia de obras de drenaje traen como consecuencia el deterioro e inestabilidad de los terraplenes y la erosión de los taludes, que se manifiestan en asentamientos y deslizamientos.

Un buen drenaje incrementa la calidad del servicio de una vía, facilita el tránsito en épocas de lluvia, reduce la posibilidad de accidentes y garantiza la capacidad de la vía en todo momento. (Gómez, 1985)

7.4. Drenaje

La palabra drenaje, en general significa descarga o remoción de los excesos de agua. Los excesos de agua, se pueden presentar en muchas situaciones, por lo que el agua es descargada con muchos fines: Drenaje de una casa, drenaje de una urbanización, drenaje de una ciudad, drenaje de una carretera, drenaje de un aeropuerto, drenaje de un campo deportivo, drenaje de un campo agrícola. (Máximo Villón, 2006)

7.5. Drenaje natural

Cuando el terreno tiene capacidad para eliminar los sobrantes de agua, sobre o dentro del suelo, no importando la cuantía de la fuente (lluvia, sobre riego), debido a ser suelos permeables profundos o a su posición topográfica. (Máximo Villón, 2006).

7.6. Drenaje artificial

Cuando para la evacuación de los excesos del agua interviene la mano del hombre. El drenaje artificial, se realiza con los drenes, los cuales son canales naturales o artificiales, que sirven para la evacuación de los excesos de agua. Los drenes se constituyen en las partes más bajas del terreno, con esto se aprovecha la topografía, para que el agua se encauce por gravedad hacia los drenes. (Máximo Villón, 2006).

7.6.1. *Cunetas*

La cuneta puede definirse como una zona longitudinal situada en el extremo de la calzada y que discurre paralela a la misma, cuya misión es la de recibir y canalizar las aguas pluviales procedentes de la propia calzada, donde son evacuadas a través del bombeo.

Además de esta función principal, las cunetas prestan otro tipo de funciones útiles para el correcto funcionamiento de la infraestructura viaria, como son:

- Control del nivel freático.
- Evacuación de las aguas infiltradas tanto en el firme como en el terreno circundante.

Las cunetas pueden construirse de diferentes materiales en función de la velocidad de circulación del agua en su seno, magnitud que depende directamente de la inclinación longitudinal de la cuneta, se suele coincidir con la adoptada para la vía. (Luis Bañon Blázquez, 2000)

7.7. Costo de mantenimiento

Los costos dependen principalmente de la calidad de la instalación, del suelo y de factores locales de costo. Los drenes nuevos requieren inspecciones frecuentes durante el primer año o los dos primeros años, pero, si han sido instalados correctamente, los costos serán mínimos en los años siguientes. Los costos comprenden inspecciones periódicas, limpiezas ocasionales y la sustitución de tramos dañados. (Elementos para el proyecto de drenajes, 1979)

7.8. Inundaciones

Todas las inundaciones son producto de la combinación de los factores antes mencionados; es decir, de la precipitación y las limitaciones topográficas. Las inundaciones no necesariamente ocurren por lluvias locales, donde se presentan los problemas de drenaje, sino por precipitaciones fuertes en partes altas de las cuencas, las cuales hacen que los ríos aumenten su capacidad normal de transporte de agua y desborden en las zonas bajas, provocando problemas de drenaje. (Marvin Villalobos Araya, 2005).

7.9. Operación

El conjunto de acciones externas que se ejecutan en las partes del sistema de alcantarillado para conseguir el buen funcionamiento del sistema. Se dice que son acciones externas porque no alteran la ni las partes constitutivas de las instalaciones o equipos. (ANESAPA, 2004)

D. Diseño de Sistema de drenaje Pluvial

i. Consideraciones hidráulicas en sistemas de drenaje urbanismo de menor captación de aguas pluviales en zonas urbanas.

➤ Consideraciones del caudal de diseño

- Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados: Por el Método Racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 Km², por el Método de Hidrograma Unitario o Modelos de simulación para área de cuencas mayores de 13 Km².
- El período de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años.

ii. Captación de Aguas Pluviales en Edificaciones

Para el diseño del sistema de drenaje de aguas pluviales en edificaciones ubicadas en localidades de alta precipitación, se deberá tener en consideración las siguientes indicaciones.

- Las precipitaciones pluviales sobre las azoteas causarán su almacenamiento; mas con la finalidad de garantizarla estabilidad de las estructuras de la edificación, estas aguas deberán ser evacuadas a los jardines o suelos sin revestir a fin de poder garantizar su infiltración al subsuelo.

- Si esta condición no es posible deberá realizarse su evacuación hacia el sistema de drenaje exterior o de calzada.

iii. Captación en Zona Vehicular - Pista

Para la evacuación de las aguas pluviales en calzadas, veredas y las provenientes de las viviendas se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Orientación del Flujo: En el diseño de pistas se deberá prever pendientes longitudinales (Sl) y transversales (St) a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la calzada.

Las pendientes a considerar son:

Pendiente Longitudinal (Sl) > 0,5%.

Pendiente Transversal (St) de 2% a 4%

- Captación y Transporte de aguas Pluviales de calzada y aceras: La evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada y aceras se realizará mediante cunetas, las que conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad.

E. STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)

1. ¿Qué es el Storm Water Management Model?

El Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) de la Agencia de Protección del Medioambiente de los Estados Unidos (EPA - SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía. El módulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores. Asimismo, SWMM es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los

pozos o la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo

2. Características del modelo hidrológico

SWMM considera distintos procesos hidrológicos que se producen en la salida de las aguas urbanas.

Entre éstos se encuentran:

- Precipitaciones variables en el tiempo
- Evaporación de las aguas superficiales estancadas
- Acumulación y deshielo de nieve
- Intercepción de precipitaciones por almacenamiento en depresiones
- Infiltración de las precipitaciones en capas del suelo no saturadas
- Entrada del agua de la infiltración en acuíferos.

3. Aplicaciones típicas de SWMM

Desde su aparición, SWMM se ha utilizado en miles de redes de evacuación de aguas tanto residuales como pluviales. Entre las aplicaciones típicas se pueden mencionar:

- Diseño y dimensionamiento de componentes de la red de drenaje para prevenir inundaciones.
- Dimensionamiento de estructuras de retención y accesorios correspondientes para el control de inundaciones y protección de la calidad de las aguas.
- Delimitación de zonas de inundación en barrancos y cauces naturales.
- Diseño de estrategias de control de la red para minimizar el número de descargas de sistemas unitarios.
- Evaluación del impacto de aportes e infiltraciones en las descargas de sistemas de evacuación de aguas residuales
- Generar cargas de fuentes contaminantes no puntuales para estudios de acumulación de residuos.

4. Representación del Sistema

SWMM es un modelo distribuido, lo que significa que un área de estudio se puede dividir en cualquier número de sub-cuencas irregulares para captar mejor el efecto que la variabilidad espacial en la topografía, vías de drenaje, la cobertura del suelo y las características del suelo tiene sobre la generación de escorrentía. Un sub-cuenca idealizado se conceptualiza como una superficie rectangular que tiene una pendiente uniforme y una anchura W que drena a un único canal de salida, como se muestra en el Gráfico N° 31. Cada sub-cuenca puede ser dividida en tres sub-áreas: un área impermeable con la depresión (detención) de almacenamiento, un área impermeable sin almacenamiento depresión y una zona permeable con almacenamiento en depresiones. Sólo la última área permite pérdidas de lluvia debido a la infiltración en el suelo.

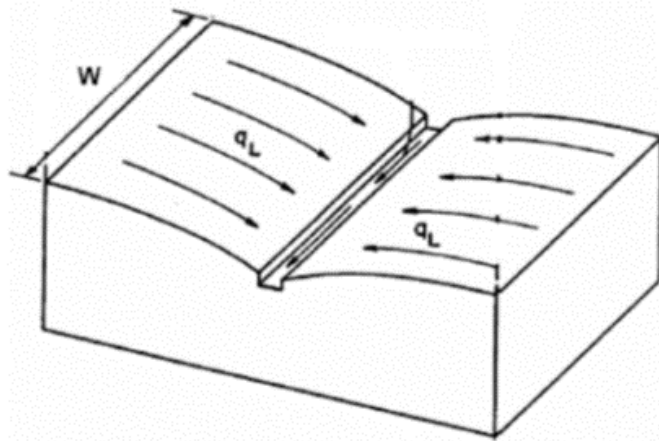


Gráfico N° 031: Idealización de una cuenca en SWMM. (MDU, SWMM. 2010)

➤ Representación idealizada de una sub-cuenca

Las características hidrológicas de sub-cuencas un área de estudio se define por el siguiente conjunto de parámetros de entrada en SWMM:

 Área

Esta es la zona delimitada por la frontera sub-cuenca. Su valor se determina directamente a partir de mapas o estudios de campo del sitio o mediante el uso de Auto - longitud de la herramienta de SWMM cuando la sub-cuenca se dibuja a escala en el mapa de la zona de estudio SWMM.

 Ancho

La anchura se puede definir como el área de la sub-cuenca dividida por la longitud de la trayectoria de flujo superficial más larga que el agua puede viajar. Si existen varios de estos caminos entonces se podría usar un promedio de sus longitudes para calcular una anchura.

En la aplicación de este enfoque hay que tener cuidado de no incluir flujo canalizado como parte de la trayectoria del flujo. En las áreas naturales, el verdadero flujo superficial sólo puede ocurrir a distancias de unos 500 metros antes de que comienza a consolidarse en el flujo de arroyo. En las cuencas urbanizadas, cierto flujo superficial puede ser muy corto antes de que se recoge en canales abiertos o tuberías. La duración máxima de flujo superficial de 500 metros es apropiada para las cuencas no urbanas, mientras que la longitud típica del flujo superficial es la longitud de la parte posterior de un lote representativo al centro de la calle para las cuencas en zonas urbanas. Si la longitud del flujo superficial varía mucho dentro de la subcuenca, a continuación, se debe utilizar un promedio ponderado por área.

Debido a que no siempre es fácil de identificar con precisión todos los caminos de flujo por tierra dentro de una subcuenca, el parámetro de anchura es a menudo considerado como un parámetro de calibración cuyo valor puede ser ajustado para producir un buen ajuste entre los hidrogramas de escorrentía observados y calculados.

 *Pendiente*

Esta es la pendiente de la superficie de la tierra sobre la que fluye la escorrentía y es el mismo para las superficies permeables e impermeables. Es la pendiente de lo que se considera ser la vía de flujo por tierra o su promedio ponderado área si hay varios de estos caminos en la subcuenca.

 *Impermeabilidad*

Este es el porcentaje de la zona subcuenca que está cubierta por las superficies impermeables, tales como tejados y carreteras, a través del cual la lluvia no puede infiltrarse. Impermeabilidad tiende a ser el parámetro más sensible en la caracterización hidrológica de una cuenca y puede oscilar entre el 5% para las zonas no desarrolladas hasta el 95 % para las zonas comerciales de alta densidad.

Coeficiente de Rugosidad

El coeficiente de rugosidad refleja la cantidad de resistencia de los encuentros de flujo superficial, ya que se origina en la superficie de la subcuenca. Desde SWMM utiliza la ecuación de Manning para calcular la tasa de flujo superficial, dicho coeficiente será igual a la de Manning rugosidad coeficiente n . Se requieren valores independientes para las fracciones impermeables y permeables de una subcuenca desde la permeable n es generalmente un orden de magnitud más alto que el n impermeable (por ejemplo, 0,8 para las zonas boscosas densas en comparación con 0.012 para asfalto liso).

Depresión Almacenamiento

Depresión de almacenamiento corresponde a un volumen que debe ser llenado antes de la aparición de cualquier escurrimiento. Diferentes valores pueden ser utilizados para las áreas permeables e impermeables de una subcuenca. Representa abstracciones iniciales, como el encharcamiento de la superficie, la interceptación por techos planos y la vegetación, y la humectación de la superficie. Los valores típicos oscilan entre 0,05 pulgadas para las superficies impermeables a 0.3 pulgadas para las áreas boscosas.

Porcentaje de Área Impermeable Sin Depresión Almacenamiento

Este parámetro representa la escorrentía inmediata que se produce al comienzo de la precipitación antes se satisface almacenamiento de la depresión. Representa el pavimento cerca de las canaletas que no tiene almacenamiento en superficie, tejados a dos aguas que drenan directamente a canales de la calle, pavimento nuevo que puede que no tenga el encharcamiento superficial, etc Por defecto, el valor de esta variable es del 25%, pero puede ser cambiado en cada subcuenca. A menos que se conocen las circunstancias especiales de existir, se recomienda una zona de impermeabilidad sin almacenamiento depresión de 25%.

Infiltración Modelo

Tres métodos diferentes para el cálculo de la pérdida de la infiltración en las áreas permeables de una subcuenca están disponibles en SWMM. Son el Horton, Green-Ampt y modelos numéricos Curve. No hay un acuerdo general sobre qué modelo es mejor. El modelo de Horton tiene una larga historia de uso en simulaciones dinámicas, el modelo Green-Ampt se basa físicamente-más, y el

modelo Número Curve se deriva de (pero no igual que) el método SCS Número Curva muy conocida y utilizada en simplificada modelos de escorrentía. El modelo de Horton se utiliza en el ejemplo actual. Los parámetros de este modelo son:

Tasa de infiltración máxima: Es la tasa de infiltración inicial al comienzo de una tormenta. Es difícil estimar ya que depende de las condiciones de humedad del suelo antecedentes. Los valores típicos para suelos secos van de 1 in/h para las arcillas, de 5 in/h para las arenas.

La tasa de infiltración mínima: Esta es la velocidad de infiltración que limita que el suelo alcanza cuando está completamente saturado. Por lo general, se fija igual a la conductividad hidráulica saturada del suelo. Este último tiene una amplia gama de valores dependiendo del tipo de suelo (por ejemplo, de 0,01 pulgadas / hora para arcillas, hasta 4,7 pulgadas / hora para la arena).

Coefficiente de extinción: Este parámetro determina la rapidez con que la tasa de infiltración "decae" del valor máximo inicial hasta el valor mínimo. Los valores típicos oscilan entre 2 a 7 hr⁻¹.

Precipitaciones de Entrada

La precipitación es la variable de la conducción principal de simulación de lluvia-escorrentía en la cantidad. El volumen y la velocidad de la escorrentía de aguas pluviales dependen directamente de la magnitud precipitación y su distribución espacial y temporal sobre la cuenca. Cada subcuenca en SWMM está vinculado a un objeto Rain Gage que describe el formato y el origen de la entrada de las lluvias para la subcuenca.

5. Usos del Suelo (Land Uses).

Los usos del suelo son categorías de las actividades desarrolladas o bien características superficiales del suelo asignadas a las cuencas. Algunos ejemplos de posibles usos del suelo son: uso residencial, industrial, comercial y no urbanizado. Las características superficiales del suelo incluyen parámetros tales como césped, pavimentos, terrazas, suelos sin uso, etc. Los usos del suelo se utilizan únicamente para considerar los fenómenos de acumulación y arrastre de contaminantes en las cuencas.

El usuario de SWMM dispone de múltiples opciones para definir los usos del suelo y asignar los mismos a las áreas de las cuencas. Una aproximación consiste en asignar una mezcla de usos del suelo para cada cuenca, lo que origina que todos los usos del

suelo de la cuenca tengan las mismas características permeables e impermeables. Otra aproximación consiste en crear cuencas que tengan tan solo un único uso del suelo, de forma que se pueden especificar características de las áreas permeables e impermeables diferentes en cada cuenca y lógicamente en cada uso del suelo.

Los procesos que definen cada uno de los usos del suelo son:

- Acumulación de contaminante.
- Arrastre de contaminante.
- Limpieza de calles.

3. Definición de términos básicos.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2010) define:

- Alcantarilla.- Conducto subterráneo para conducir agua de lluvia, aguas servidas o una combinación de ellas.
- Alcantarillado Pluvial.- Conjunto de alcantarillas que transportan aguas de lluvia.
- 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.
- Bombeo de la Pista.- Pendiente transversal contada a partir del eje de la pista con que termina una superficie de rodadura vehicular, se expresa en porcentaje.
- Buzón.- Estructura de forma cilíndrica generalmente de 1.20m de diámetro. Son construidos en mampostería o con elementos de concreto, prefabricados o construidos en el sitio, puede tener recubrimiento de material plástico o no, en la base del cilindro se hace una sección semicircular la cual es encargada de hacer la transición entre un colector y otro.

Se usan al inicio de la red, en las intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetro, cambios de pendiente, su separación es función del diámetro de los conductos y tiene la finalidad de facilitar las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general de las tuberías así como proveer una adecuada ventilación. En la superficie tiene una tapa de 60 cm de diámetro con orificios de ventilación.

- Calzada.- Porción de pavimento destinado a servir como superficie de rodadura vehicular.
- Canal.- Conducto abierto o cerrado que transporta agua de lluvia.
- Coeficiente de Escorrentía.- Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.
- Coeficiente de Fricción.- Coeficiente de rugosidad de Manning. Parámetro que mide la resistencia al flujo en las canalizaciones.
- 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.
- Cuneta Medianera.- (Mediana Hundida) Cuneta ubicada en la parte central de una carretera de dos vías (ida y vuelta) y cuyo nivel está por debajo del nivel de la superficie de rodadura de la carretera.
- Derecho de Vía.- Ancho reservado por la autoridad para ejecutar futuras ampliaciones de la vía.
- Drenaje.- Retirar del terreno el exceso de agua no utilizable.
- Drenaje Urbano.- Drenaje de poblados y ciudades siguiendo criterios urbanísticos.
- 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.
- Duración de la Lluvia.- Es el intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia y se expresa en minutos.
- 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.
- Hidrograma Unitario.- Hidrograma resultante de una lluvia efectiva unitaria (1 cm), de intensidad constante, distribución espacial homogénea y una duración determinada

- Intensidad de la 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).
- 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 conducto libre.
- 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.
- 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.
- Precipitación.- Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.
- Precipitación Efectiva.- Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo
- 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.

El tiempo de concentración se divide en dos partes: el tiempo de entrada y el tiempo de fluencia. El tiempo de entrada es el tiempo necesario para que comience el flujo de agua de lluvia sobre el terreno desde el punto más alejado hasta los sitios de admisión, sean ellos sumideros o bocas de torrente. El tiempo de fluencia es el tiempo necesario para que el agua recorra los conductos desde el sitio de admisión hasta la sección considerada.

III. HIPÓTESIS

1. Formulación de la hipótesis.

El sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa no es Eficiente

2. Operacionalización de variables.

| TÍTULO | HIPÓTESIS | VARIABLES | DEFINICIÓN DE VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | UNIDAD | DEFINICIÓN DEL INDICADOR | TÉCNICAS INSTRUMENTOS | |
|--|---|-----------------------------------|---|---------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|---|-----------|
| “EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA” | El sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa no es Eficiente | Eficiencia del sistema de drenaje | Permite la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno, causando inconvenientes en áreas urbanizadas. (2) | El Diseño Hidráulico | 1.2 | Área | m ² | El área es una medida de extensión de una superficie, expresada en unidades de medida denominadas unidades de superficie. (4) | Encuestas |
| | | | | | 1.3 | Pendiente | % | Definen la geometría de la red y con ésta sus características topologías, las cuales permanecen invariables durante el diseño. (1) | |
| | | | | Operación y Mantenimiento | 2.1 | Eficiencia de Operación | % | La eficiencia de operación (Eo), evalúa la calidad de la operación del sistema de drenaje, y está definida por la relación entre los caudales o volúmenes distribuidos y los volúmenes de la fuente de agua determinada (3) | |
| | | | | | 1.3 | Eficiencia de Conducción | ml | La eficiencia de conducción (Ec) está dada por la relación entre la cantidad de agua que entra al canal o tramo de canal de derivación (VE) y la cantidad de agua que sale del canal o tramo del canal (VS) (3) | |
| | | | | Eficiencia | 3.1 | Caudal | l/s | Permite definir la cantidad de agua que debe retirar el sistema (5) | |
| | | | | | 3.2 | Velocidad de Respuesta | m | Permite calcular el tiempo que tardará el sistema en retirar el agua. (6) | |

Fuente Elaboración Propia - 2014

- (1) Máximos Billón Béjar. 2006
- (2) "Drenaje Superficial" - Gustavo Campero Sánchez
- (3) Ministerio de Agricultura, 2004
- (4) Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 2011
- (5) MTC, 2008
- (6) Diseño de los Sistema de Drenaje, Ing. Alfredo Malagón

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Tipo de Diseño de Investigación.

El tipo de investigación por el que se está guiando esta tesis es la descriptiva – correlacional, porque consiste en llegar a conocer las situaciones y actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, procesos y personas de esta manera recolectando datos e identificando la relación que existen entre las variables.

2. Material de estudio.

2.1. Población

La Población corresponde al Sector 6- Barrio Chontapaccha de Cajamarca.

2.2. Muestra.

La muestra seleccionada para esta tesis son la intersección del Jr. Santa Rosa y la Av. Angamos, siendo ésta su unidad muestral.

3. Técnicas, Procedimientos e Instrumentos.

3.1. Para Recolectar Datos.

3.1.1. Encuestas.

Se procedió a elaborar una encuesta para aplicarla a los residentes dentro del área de estudio y así tener una aproximación del estado del sistema de drenaje.

La encuesta planteada se formuló ocho preguntas como:

1. ¿Desde qué tiempo reside usted en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa?

Mes: _____ Año: ()

3. ¿Cómo calificaría usted el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial?

1. Muy bien ()
2. Bien ()

Especifique
por qué

3. Regular () _____
4. Malo () _____
5. Muy malo () _____

El formato con las preguntas planteadas se encuentra en el Anexo N° 006.
ENCUESTA A RESIDENTES DE VIVIENDAS DEL BARRIO CHONTAPACHA
SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AV.
ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA, CAJAMARCA, 2014

3.1.2. *Obtención de datos de la Estación M. WEBERBAUER.*

Para recopilar la información necesaria para realizar la tesis, se procedió a elaborar una solicitud por parte del a dirección de la carrera de Ingeniería Civil (Anexo 001) al Director del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Ing. Julio Urbiola del Carpio, quien se comprometió a brindar la información de Precipitación Máxima en 24 horas desde el año 1999 al 2013 de la estación MAP. A. WEBERBAUER, a cambio de que el tesista mediante una acta de compromiso (Anexo 002) se comprometió que una vez acabada la tesis se dejaría un ejemplar en nombre del SENAMHI.

Luego de obtener las Precipitaciones Máximas en 24 horas (Anexo 003), se procedió a elaborar una segunda solicitud (Anexo 004) para que nos brindaran las bandas pluviográficas de las Máximas Precipitaciones seleccionadas para poder realizar los respectivos análisis.

Las Bandas Pluviográficas (Anexo N° 005) fueron proporcionadas en su mayoría faltando de los años 2000; 2001; 2002 y 2013 debido a que en el año 2012 sus instalaciones sufrieron una inundación debido a una fuerte lluvia perdiendo y malogrando las bandas pluviográficas.

3.2. **Para procesar datos.**

3.2.1. **Análisis de las encuestas.**

Luego de aplicar las encuestas a las personas residentes en el área en estudio, se procedió a analizar los datos, obteniendo:

PREGUNTA N° 01:

¿Desde qué tiempo reside usted por la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa?

Gráfico N° 043: Tiempo que residen en el área de estudio las personas encuestadas.



PREGUNTA N° 03:

¿Cómo califica usted el funcionamiento del sistema de Drenaje en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa?

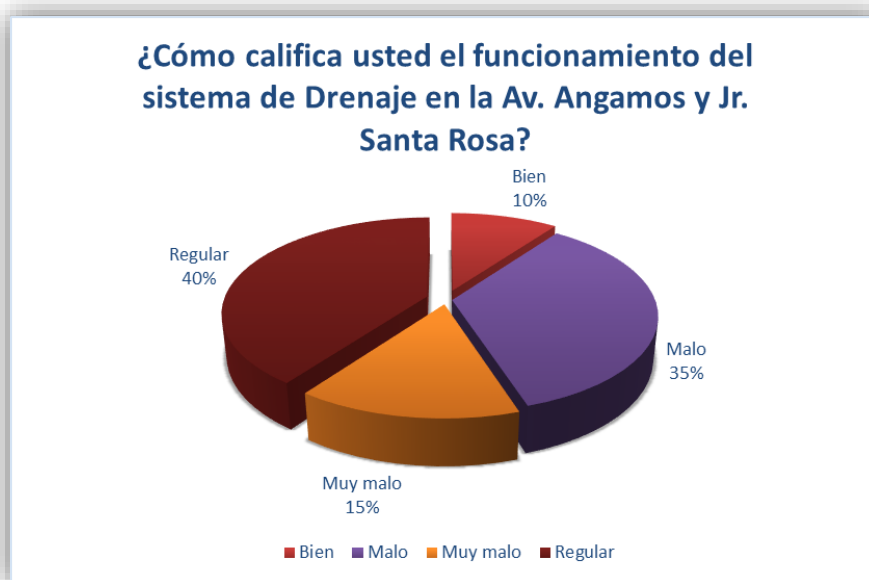


Gráfico N° 044: Calificación del funcionamiento del sistema de drenaje en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa

PREGUNTA N° 04: ¿Usted recuerda algún desborde de agua en el sistema de drenaje?



| Respuesta | Sub-Total |
|--------------|-----------|
| Si | 36 |
| No | 4 |
| Total | 40 |

Gráfico N° 045: Causas del desborde del sistema de drenaje

PREGUNTA N° 08: ¿A Observado si en el sistema de drenaje actual se a lleva acabo las competencias de operación y mantenimiento?



Gráfico N° 046: Percepción sobre si se lleva a cabo la operación y mantenimiento del sistema de drenaje.

3.2.2. Estudio de Tormenta

A. Conseguir el Registro de un Pluviograma

Para la presente tesis se procedió a analizar las bandas pluviográficas de las máximas precipitaciones en 24 horas, estas bandas fueron proporcionadas por el SENAMHI (Anexo N° 005)

Procedimiento:

_ Se anota las horas en que cambia la intensidad, se reconoce por el cambio de pendiente, de la línea que marca la precipitación, estas horas se registran en la columna (1) de las tablas mas abajo mostradas.

_ Se anota la lluvia caida en cada intervalo de tiempo entre las hora de la columna (2)

_ Se suma las lluvias parciales de la Columna (2), para obtener la lluvia acumulada columna (3)

✓ Análisis del Pluviograma del 2003 (Anexo N° 005)

| REGISTRO TORMENTA 2003 | | | |
|------------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Fecha | Hora (1) | Precipitación(mm) | |
| | | Horaria (2) | Total en 24 hrs. (3) |
| 17-mar-03 | 03:00:00 p.m. | 0 | 0 |
| 17-mar-03 | 03:45:00 p.m. | 0 | 0 |
| 17-mar-03 | 03:50:00 p.m. | 0.2 | 0.2 |
| 17-mar-03 | 03:55:00 p.m. | 0.1 | 0.3 |
| 17-mar-03 | 04:00:00 p.m. | 0.5 | 0.8 |
| 17-mar-03 | 04:30:00 p.m. | 0.8 | 1.6 |
| 17-mar-03 | 04:50:00 p.m. | 0.1 | 1.7 |
| 17-mar-03 | 05:00:00 p.m. | 0.5 | 2.2 |
| 17-mar-03 | 05:10:00 p.m. | 0.3 | 2.5 |
| 17-mar-03 | 05:30:00 p.m. | 0.1 | 2.6 |
| 17-mar-03 | 05:40:00 p.m. | 0.1 | 2.72 |
| 17-mar-03 | 05:50:00 p.m. | 0.6 | 3.32 |
| 17-mar-03 | 06:30:00 p.m. | 1.2 | 4.5 |
| 17-mar-03 | 07:00:00 p.m. | 1.1 | 5.6 |
| 17-mar-03 | 07:20:00 p.m. | 0.9 | 6.5 |
| 17-mar-03 | 07:30:00 p.m. | 0.3 | 6.8 |

| | | | |
|------------------|----------------------|-------------|-------------|
| 17-mar-03 | 07:37:00 p.m. | 3.2 | 10.0 |
| 17-mar-03 | 07:42:00 p.m. | 0.7 | 10.7 |
| 17-mar-03 | 07:46:00 p.m. | 0.4 | 11.1 |
| 17-mar-03 | 07:54:00 p.m. | 0.5 | 11.6 |
| 17-mar-03 | 08:10:00 p.m. | 0.4 | 12.0 |
| 17-mar-03 | 09:00:00 p.m. | 2.6 | 14.6 |
| 17-mar-03 | 10:10:00 p.m. | 1.8 | 16.4 |
| 17-mar-03 | 10:34:00 p.m. | 0.3 | 16.7 |
| 17-mar-03 | 12:00:00 a.m. | 2.0 | 18.7 |
| 18-mar-03 | 12:30:00 a.m. | 0.5 | 19.2 |
| 18-mar-03 | 01:00:00 a.m. | 0.2 | 19.4 |
| 18-mar-03 | 01:30:00 a.m. | 0.6 | 20.0 |
| 18-mar-03 | 01:07:00 a.m. | 0.1 | 20.1 |
| 18-mar-03 | 02:00:00 a.m. | 0.00 | 20.1 |
| 18-mar-03 | 03:00:00 a.m. | 0.00 | 0.0 |
| 18-mar-03 | 04:00:00 a.m. | 0.00 | 0.0 |
| 18-mar-03 | 05:00:00 a.m. | 0.00 | 0.0 |

Tabla N° 005: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2003

Fuente: Elaboración Propia - 2014

✓ *Análisis del Pluviograma del 2004 (Anexo N° 005)*

| <i>REGISTRO TORMENTA 2004</i> | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Fecha</i> | <i>Hora (1)</i> | <i>Precipitación(mm)</i> | |
| | | <i>Horaria (2)</i> | <i>Total en 24 hrs.(3)</i> |
| 11-dic-04 | 02:40:00 p.m. | 0.0 | 0 |
| 11-dic-04 | 02:48:00 p.m. | 10 | 10.0 |
| 11-dic-04 | 02:51:00 p.m. | 5.5 | 15.5 |
| 11-dic-04 | 02:55:00 p.m. | 0.5 | 16.0 |
| 11-dic-04 | 03:00:00 p.m. | 0.3 | 16.3 |
| 11-dic-04 | 03:06:00 p.m. | 0.7 | 17.0 |
| 11-dic-04 | 03:12:00 p.m. | 0.2 | 17.2 |
| 11-dic-04 | 03:18:00 p.m. | 0.4 | 17.6 |
| 11-dic-04 | 03:20:00 p.m. | 2.4 | 20.0 |
| 11-dic-04 | 03:32:00 p.m. | 1.7 | 21.7 |
| 11-dic-04 | 05:50:00 p.m. | 0.0 | 21.7 |
| 11-dic-04 | 06:00:00 p.m. | 0.1 | 21.8 |
| 11-dic-04 | 06:10:00 p.m. | 0.1 | 21.9 |
| 11-dic-04 | 06:20:00 p.m. | 0.1 | 22.0 |
| 11-dic-04 | 06:30:00 p.m. | 0.1 | 22.1 |
| 11-dic-04 | 07:00:00 p.m. | 0.0 | 22.1 |
| 11-dic-04 | 07:40:00 p.m. | 0.2 | 22.3 |
| 11-dic-04 | 08:40:00 p.m. | 0.0 | 0.0 |

Tabla N° 006: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2004
Fuente: Elaboración Propia – 2014

✓ Análisis del Pluviograma del 2005 (Anexo N° 005)

| <i>REGISTRO TORMENTA 2005</i> | | | |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| <i>Fecha</i> | <i>Hora (1)</i> | <i>Precipitación(mm)</i> | |
| | | <i>Horaria (2)</i> | <i>Total en 24 hrs.(3)</i> |
| 04-ene-05 | 04:00:00 p.m. | 0.0 | 0 |
| 04-ene-05 | 04:26:00 p.m. | 0.0 | 0 |
| 04-ene-05 | 04:30:00 p.m. | 0.1 | 0.1 |
| 04-ene-05 | 04:40:00 p.m. | 0.0 | 0.1 |
| 04-ene-05 | 04:48:00 p.m. | 0.2 | 0.3 |
| 04-ene-05 | 04:53:00 p.m. | 0.0 | 0.3 |
| 04-ene-05 | 05:20:00 p.m. | 0.8 | 1.1 |
| 04-ene-05 | 05:33:00 p.m. | 0.1 | 1.2 |
| 04-ene-05 | 05:44:00 p.m. | 0.5 | 1.7 |
| 04-ene-05 | 05:49:00 p.m. | 0.4 | 2.1 |
| 04-ene-05 | 06:04:00 p.m. | 0.1 | 2.2 |
| 04-ene-05 | 06:10:00 p.m. | 0.5 | 2.7 |
| 04-ene-05 | 06:50:00 p.m. | 1.5 | 4.2 |
| 04-ene-05 | 06:56:00 p.m. | 0.0 | 4.2 |
| 04-ene-05 | 07:10:00 p.m. | 0.3 | 4.5 |
| 04-ene-05 | 07:30:00 p.m. | 0.1 | 4.6 |
| 04-ene-05 | 07:45:00 p.m. | 0.4 | 5.0 |
| 04-ene-05 | 08:13:00 p.m. | 1.0 | 6.0 |
| 04-ene-05 | 08:45:00 p.m. | 0.0 | 6.0 |
| 04-ene-05 | 08:59:00 p.m. | 1.0 | 7.0 |
| 04-ene-05 | 09:10:00 p.m. | 0.7 | 7.7 |
| 04-ene-05 | 09:43:00 p.m. | 0.9 | 8.6 |
| 04-ene-05 | 10:00:00 p.m. | 0.3 | 8.9 |
| 04-ene-05 | 10:10:00 p.m. | 0.0 | 8.9 |
| 04-ene-05 | 10:20:00 p.m. | 0.1 | 9.0 |
| 04-ene-05 | 10:40:00 p.m. | 1.0 | 10.0 |
| 04-ene-05 | 11:20:00 p.m. | 0.4 | 10.4 |
| 04-ene-05 | 11:34:00 p.m. | 0.1 | 10.5 |

| | | | |
|------------------|----------------------|-------------|-------------|
| <i>05-ene-05</i> | <i>12:00:00 a.m.</i> | <i>0.5</i> | <i>11.0</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>12:10:00 a.m.</i> | <i>0.30</i> | <i>11.3</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>12:19:00 a.m.</i> | <i>1.00</i> | <i>12.3</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>12:24:00 a.m.</i> | <i>0.50</i> | <i>12.8</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>12:45:00 a.m.</i> | <i>1.60</i> | <i>14.4</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>01:00:00 a.m.</i> | <i>0.50</i> | <i>14.9</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>01:47:00 a.m.</i> | <i>1.90</i> | <i>16.8</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>02:30:00 a.m.</i> | <i>1.80</i> | <i>18.6</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>03:10:00 a.m.</i> | <i>0.90</i> | <i>19.5</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>03:40:00 a.m.</i> | <i>0.20</i> | <i>19.7</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>06:10:00 a.m.</i> | <i>0.10</i> | <i>19.8</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>06:40:00 a.m.</i> | <i>0.20</i> | <i>20.0</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>07:00:00 a.m.</i> | <i>0.20</i> | <i>20.2</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>08:00:00 a.m.</i> | <i>0.00</i> | <i>0.0</i> |
| <i>05-ene-05</i> | <i>09:00:00 a.m.</i> | <i>0.00</i> | <i>0.0</i> |

Tabla N° 007: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2005

Fuente: Elaboración Propia – 2014

✓ Análisis del Pluviograma del 2006 (Anexo N° 005)

| <i>REGISTRO TORMENTA 2006</i> | | | |
|-------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| <i>Fecha</i> | <i>Hora (1)</i> | <i>Precipitación(mm)</i> | |
| | | <i>Horaria (2)</i> | <i>Total en 24 hrs. (3)</i> |
| 10-mar-06 | <i>01:00:00 p.m.</i> | <i>0.0</i> | <i>0.0</i> |
| 10-mar-06 | <i>01:04:00 p.m.</i> | <i>0.1</i> | <i>0.1</i> |
| 10-mar-06 | <i>02:25:00 p.m.</i> | <i>0.0</i> | <i>0.1</i> |
| 10-mar-06 | <i>02:28:00 p.m.</i> | <i>0.4</i> | <i>0.5</i> |
| 10-mar-06 | <i>02:33:00 p.m.</i> | <i>1.5</i> | <i>2.0</i> |
| 10-mar-06 | <i>02:40:00 p.m.</i> | <i>1.1</i> | <i>3.1</i> |
| 10-mar-06 | <i>03:48:00 p.m.</i> | <i>0.1</i> | <i>3.2</i> |
| 10-mar-06 | <i>03:50:00 p.m.</i> | <i>0.4</i> | <i>3.6</i> |
| 10-mar-06 | <i>03:52:00 p.m.</i> | <i>0.4</i> | <i>4.0</i> |
| 10-mar-06 | <i>03:54:00 p.m.</i> | <i>0.3</i> | <i>4.3</i> |
| 10-mar-06 | <i>03:56:00 p.m.</i> | <i>1.3</i> | <i>5.6</i> |
| 10-mar-06 | <i>03:59:00 p.m.</i> | <i>0.8</i> | <i>6.4</i> |
| 10-mar-06 | <i>04:15:00 p.m.</i> | <i>0.5</i> | <i>6.9</i> |
| 10-mar-06 | <i>06:20:00 p.m.</i> | <i>0.0</i> | <i>6.9</i> |
| 10-mar-06 | <i>06:30:00 p.m.</i> | <i>0.3</i> | <i>7.2</i> |
| 10-mar-06 | <i>06:40:00 p.m.</i> | <i>0.2</i> | <i>7.4</i> |
| 10-mar-06 | <i>06:50:00 p.m.</i> | <i>0.1</i> | <i>7.5</i> |
| 10-mar-06 | <i>07:30:00 p.m.</i> | <i>0.0</i> | <i>7.5</i> |
| 10-mar-06 | <i>07:47:00 p.m.</i> | <i>2.5</i> | <i>10.0</i> |
| 10-mar-06 | <i>07:57:00 p.m.</i> | <i>2.3</i> | <i>12.3</i> |
| 10-mar-06 | <i>08:00:00 p.m.</i> | <i>0.4</i> | <i>12.7</i> |
| 10-mar-06 | <i>08:23:00 p.m.</i> | <i>1.1</i> | <i>13.8</i> |
| 10-mar-06 | <i>08:58:00 p.m.</i> | <i>1.0</i> | <i>14.8</i> |
| 10-mar-06 | <i>09:08:00 p.m.</i> | <i>0.8</i> | <i>15.6</i> |
| 10-mar-06 | <i>09:20:00 p.m.</i> | <i>0.7</i> | <i>16.3</i> |
| 10-mar-06 | <i>09:46:00 p.m.</i> | <i>1.0</i> | <i>17.3</i> |
| 10-mar-06 | <i>10:00:00 p.m.</i> | <i>0.5</i> | <i>17.8</i> |
| 10-mar-06 | <i>10:10:00 p.m.</i> | <i>0.3</i> | <i>18.1</i> |

| | | | |
|------------------|---------------|-----|------|
| 10-mar-06 | 10:30:00 p.m. | 0.4 | 18.5 |
| 10-mar-06 | 10:40:00 p.m. | 0.3 | 18.8 |
| 11-mar-06 | 11:40:00 p.m. | 0.0 | 18.8 |
| 12-mar-06 | 12:40:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |

Tabla N° 008: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2006
Fuente: Elaboración Propia – 2014

 ✓ Análisis del Pluviograma del 2007 (Anexo N° 005)

| <i>REGISTRO TORMENTA 2007</i> | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|
| <i>Fecha</i> | <i>Hora (1)</i> | <i>Precipitación(mm)</i> | |
| | | <i>Horaria (2)</i> | <i>Total en 24 hrs. (3)</i> |
| 08-abr-07 | 02:53:00 p.m. | 0.0 | 0.0 |
| 08-abr-07 | 02:57:00 p.m. | 0.4 | 0.4 |
| 08-abr-07 | 03:04:00 p.m. | 1.8 | 2.2 |
| 08-abr-07 | 03:10:00 p.m. | 0.2 | 2.4 |
| 08-abr-07 | 04:08:00 p.m. | 0.0 | 2.4 |
| 08-abr-07 | 04:18:00 p.m. | 1.0 | 3.4 |
| 08-abr-07 | 04:30:00 p.m. | 2.9 | 6.3 |
| 08-abr-07 | 04:32:00 p.m. | 0.9 | 7.2 |
| 08-abr-07 | 04:35:00 p.m. | 0.4 | 7.6 |
| 08-abr-07 | 04:40:00 p.m. | 0.1 | 7.7 |
| 08-abr-07 | 05:38:00 p.m. | 0.1 | 7.8 |
| 08-abr-07 | 05:58:00 p.m. | 1.1 | 8.9 |
| 08-abr-07 | 06:02:00 p.m. | 0.0 | 8.9 |
| 08-abr-07 | 06:23:00 p.m. | 1.1 | 10.0 |
| 08-abr-07 | 06:53:00 p.m. | 0.7 | 10.7 |
| 08-abr-07 | 07:05:00 p.m. | 0.2 | 10.9 |
| 08-abr-07 | 08:05:00 p.m. | 0.0 | 10.9 |
| 08-abr-07 | 09:05:00 p.m. | 0.0 | 10.9 |

Tabla N° 009: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2007
Fuente: Elaboración Propia – 2014

✓ Análisis del Pluviograma del 2008 (Anexo N° 005)

| <i>REGISTRO TORMENTA 2008</i> | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|
| <i>Fecha</i> | <i>Hora (1)</i> | <i>Precipitación(mm)</i> | |
| | | <i>Horaria (2)</i> | <i>Total en 24 hrs. (3)</i> |
| 12-abr-08 | 06:45:00 p.m. | 0 | 0 |
| 12-abr-08 | 07:00:00 p.m. | 0.3 | 0.3 |
| 12-abr-08 | 07:09:00 p.m. | 0.9 | 1.2 |
| 12-abr-08 | 07:14:00 p.m. | 0.5 | 1.7 |
| 12-abr-08 | 07:20:00 p.m. | 1.4 | 3.1 |
| 12-abr-08 | 07:26:00 p.m. | 3.6 | 6.7 |
| 12-abr-08 | 07:30:00 p.m. | 1.9 | 8.6 |
| 12-abr-08 | 07:38:00 p.m. | 1.4 | 10 |
| 12-abr-08 | 07:50:00 p.m. | 1.4 | 11.4 |
| 12-abr-08 | 08:00:00 p.m. | 0.6 | 12 |
| 12-abr-08 | 08:37:00 p.m. | 1.9 | 13.9 |
| 12-abr-08 | 08:59:00 p.m. | 2.3 | 16.2 |
| 12-abr-08 | 09:10:00 p.m. | 1.6 | 17.8 |
| 12-abr-08 | 09:23:00 p.m. | 2.2 | 20.0 |
| 12-abr-08 | 09:40:00 p.m. | 1.8 | 21.8 |
| 12-abr-08 | 10:05:00 p.m. | 2.0 | 23.8 |
| 12-abr-08 | 10:19:00 p.m. | 1.0 | 24.8 |
| 12-abr-08 | 10:26:00 p.m. | 0.5 | 25.3 |
| 12-abr-08 | 10:44:00 p.m. | 0.6 | 25.9 |
| 12-abr-08 | 11:00:00 p.m. | 0.6 | 26.5 |
| 12-abr-08 | 11:20:00 p.m. | 0.5 | 27.0 |
| 12-abr-08 | 12:00:00 a.m. | 0.0 | 27.0 |
| 12-abr-08 | 01:00:00 a.m. | 0.0 | 27.0 |
| 12-abr-08 | 02:00:00 a.m. | 0.0 | 27.0 |
| 12-abr-08 | 03:00:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |
| 12-abr-08 | 04:00:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |
| 13-abr-08 | 05:00:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |

Tabla N° 010: Registro del Pluviógrafo Tormenta 2008

✓ Análisis del Pluviograma del 2009 (Anexo N° 005)

| <i>REGISTRO TORMENTA 2009</i> | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|---------------------|
| Fecha | Hora (1) | Precipitación(mm) | |
| | | Horaria (2) | Total en 24 hrs.(3) |
| 24-mar-09 | 02:54:00 p.m. | 0.0 | 0.0 |
| 24-mar-09 | 02:58:00 p.m. | 0.8 | 0.8 |
| 24-mar-09 | 03:02:00 p.m. | 0.4 | 1.2 |
| 24-mar-09 | 03:07:00 p.m. | 1.4 | 2.6 |
| 24-mar-09 | 03:11:00 p.m. | 5.7 | 8.3 |
| 24-mar-09 | 03:17:00 p.m. | 0.2 | 8.5 |
| 24-mar-09 | 03:19:00 p.m. | 1.5 | 10.0 |
| 24-mar-09 | 03:23:00 p.m. | 2.0 | 12.0 |
| 24-mar-09 | 03:25:00 p.m. | 1.4 | 13.4 |
| 24-mar-09 | 03:27:00 p.m. | 0.6 | 14.0 |
| 24-mar-09 | 03:31:00 p.m. | 1.0 | 15.0 |
| 24-mar-09 | 03:34:00 p.m. | 0.8 | 15.8 |
| 24-mar-09 | 03:38:00 p.m. | 0.5 | 16.3 |
| 24-mar-09 | 03:50:00 p.m. | 0.3 | 16.6 |
| 24-mar-09 | 04:00:00 p.m. | 0.2 | 16.8 |
| 24-mar-09 | 04:10:00 p.m. | 0.3 | 17.1 |
| 24-mar-09 | 04:20:00 p.m. | 0.0 | 17.1 |
| 24-mar-09 | 05:15:00 p.m. | 0.2 | 17.3 |
| 24-mar-09 | 05:30:00 p.m. | 0.5 | 17.8 |
| 24-mar-09 | 05:35:00 p.m. | 0.0 | 17.8 |
| 24-mar-09 | 05:58:00 p.m. | 2.2 | 20.0 |
| 24-mar-09 | 06:20:00 p.m. | 0.4 | 20.4 |
| 24-mar-09 | 06:40:00 p.m. | 0.2 | 20.6 |
| 24-mar-09 | 07:26:00 p.m. | 0.0 | 20.6 |
| 24-mar-09 | 07:30:00 p.m. | 0.6 | 21.2 |
| 24-mar-09 | 08:00:00 p.m. | 0.0 | 0.0 |
| 24-mar-09 | 09:00:00 p.m. | 0.0 | 0.0 |

Tabla N° 011: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2009
Fuente: Elaboración Propia – 2014

✓ Análisis del Pluviograma del 2010 (Anexo N° 005)

| <i>REGISTRO TORMENTA 2010</i> | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Fecha | Hora (1) | Precipitación(mm) | |
| | | Horaria (2) | Total en 24 hrs. (3) |
| 01-feb-10 | 10:00:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |
| 01-feb-10 | 11:02:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |
| 01-feb-10 | 11:14:00 a.m. | 0.4 | 0.4 |
| 01-feb-10 | 11:20:00 a.m. | 0.0 | 0.4 |
| 01-feb-10 | 11:28:00 a.m. | 0.4 | 0.8 |
| 01-feb-10 | 11:36:00 a.m. | 0.2 | 1.0 |
| 01-feb-10 | 11:33:00 a.m. | 0.3 | 1.3 |
| 01-feb-10 | 11:43:00 a.m. | 0.2 | 1.5 |
| 01-feb-10 | 11:51:00 a.m. | 0.0 | 1.5 |
| 01-feb-10 | 11:57:00 a.m. | 0.2 | 1.7 |
| 01-feb-10 | 12:03:00 p.m. | 0.5 | 2.2 |
| 01-feb-10 | 12:20:00 p.m. | 0.4 | 2.6 |
| 01-feb-10 | 03:25:00 p.m. | 0.1 | 2.7 |
| 01-feb-10 | 03:27:00 p.m. | 0.7 | 3.4 |
| 01-feb-10 | 03:50:00 p.m. | 0.4 | 3.8 |
| 01-feb-10 | 05:12:00 p.m. | 0.0 | 3.8 |
| 01-feb-10 | 05:20:00 p.m. | 0.4 | 4.2 |
| 02-feb-10 | 01:11:00 a.m. | 0.3 | 4.5 |
| 02-feb-10 | 01:20:00 a.m. | 1.2 | 5.7 |
| 02-feb-10 | 01:27:00 a.m. | 1.3 | 7.0 |
| 02-feb-10 | 01:36:00 a.m. | 2.0 | 9.0 |
| 02-feb-10 | 01:50:00 a.m. | 6.0 | 15.0 |
| 02-feb-10 | 02:00:00 a.m. | 4.5 | 19.5 |
| 02-feb-10 | 02:05:00 a.m. | 1.5 | 21.0 |
| 02-feb-10 | 02:12:00 a.m. | 0.4 | 21.4 |
| 02-feb-10 | 02:26:00 a.m. | 0.6 | 22.0 |
| 02-feb-10 | 03:00:00 a.m. | 2.1 | 24.1 |
| 02-feb-10 | 03:15:00 a.m. | 2.6 | 26.7 |
| 02-feb-10 | 03:23:00 a.m. | 0.4 | 27.1 |

| | | | |
|-----------|---------------|-----|------|
| 02-feb-10 | 03:35:00 a.m. | 2.0 | 29.1 |
| 02-feb-10 | 03:45:00 a.m. | 0.3 | 29.4 |
| 02-feb-10 | 04:00:00 a.m. | 0.4 | 29.8 |
| 02-feb-10 | 04:23:00 a.m. | 0.4 | 30.2 |
| 02-feb-10 | 05:00:00 a.m. | 0.1 | 30.3 |
| 02-feb-10 | 06:20:00 a.m. | 0.4 | 30.7 |
| 02-feb-10 | 07:20:00 a.m. | 0.0 | 30.7 |
| 02-feb-10 | 08:20:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |

Tabla N° 012: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2010

Fuente: Elaboración Propia – 2014

✓ Análisis del Pluviograma del 2011 (Anexo N° 005)

| REGISTRO TORMENTA 2011 | | | |
|------------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Fecha | Hora (1) | Precipitación(mm) | |
| | | Horaria (2) | Total en 24 hrs. (3) |
| 24-mar-11 | 10:00:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |
| 24-mar-11 | 10:35:00 a.m. | 0.6 | 0.6 |
| 24-mar-11 | 10:41:00 a.m. | 1.3 | 1.9 |
| 24-mar-11 | 10:45:00 a.m. | 1.1 | 3.0 |
| 24-mar-11 | 10:49:00 a.m. | 0.4 | 3.4 |
| 24-mar-11 | 11:05:00 a.m. | 0.3 | 3.7 |
| 24-mar-11 | 11:12:00 a.m. | 0.4 | 4.1 |
| 24-mar-11 | 11:30:00 a.m. | 0.4 | 4.5 |
| 24-mar-11 | 11:40:00 a.m. | 0.2 | 4.7 |
| 24-mar-11 | 12:50:00 p.m. | 0.0 | 4.7 |
| 24-mar-11 | 01:06:00 p.m. | 0.5 | 5.2 |
| 24-mar-11 | 01:17:00 p.m. | 0.0 | 5.2 |
| 24-mar-11 | 01:27:00 p.m. | 0.3 | 5.5 |
| 24-mar-11 | 01:50:00 p.m. | 0.0 | 5.5 |
| 24-mar-11 | 02:00:00 p.m. | 0.2 | 5.7 |
| 24-mar-11 | 03:33:00 p.m. | 0.0 | 5.7 |
| 24-mar-11 | 03:40:00 p.m. | 0.3 | 6.0 |
| 24-mar-11 | 03:50:00 p.m. | 0.1 | 6.1 |

| | | | |
|-----------|---------------|-----|------|
| 24-mar-11 | 04:00:00 p.m. | 0.1 | 6.2 |
| 24-mar-11 | 04:13:00 p.m. | 0.7 | 6.9 |
| 24-mar-11 | 04:30:00 p.m. | 0.2 | 7.1 |
| 24-mar-11 | 05:30:00 p.m. | 0.0 | 7.1 |
| 24-mar-11 | 05:45:00 p.m. | 0.6 | 7.7 |
| 24-mar-11 | 07:10:00 p.m. | 0.0 | 7.7 |
| 24-mar-11 | 07:20:00 p.m. | 0.2 | 7.9 |
| 24-mar-11 | 07:30:00 p.m. | 0.3 | 8.2 |
| 24-mar-11 | 07:40:00 p.m. | 1.8 | 10.0 |
| 24-mar-11 | 07:50:00 p.m. | 2.5 | 12.5 |
| 24-mar-11 | 08:00:00 p.m. | 0.1 | 12.6 |
| 24-mar-11 | 09:13:00 p.m. | 0.1 | 12.7 |
| 24-mar-11 | 09:46:00 p.m. | 2.6 | 15.3 |
| 24-mar-11 | 10:00:00 p.m. | 1.7 | 17.0 |
| 24-mar-11 | 10:11:00 p.m. | 1.2 | 18.2 |
| 24-mar-11 | 10:20:00 p.m. | 1.8 | 20.0 |
| 24-mar-11 | 10:30:00 p.m. | 0.9 | 20.9 |
| 24-mar-11 | 10:36:00 p.m. | 0.6 | 21.5 |
| 24-mar-11 | 10:48:00 p.m. | 0.8 | 22.3 |
| 24-mar-11 | 10:56:00 p.m. | 0.6 | 22.9 |
| 24-mar-11 | 11:10:00 p.m. | 0.1 | 23.0 |
| 24-mar-11 | 12:00:00 a.m. | 0.7 | 23.7 |
| 25-mar-11 | 12:10:00 a.m. | 0.0 | 23.7 |
| 25-mar-11 | 12:22:00 a.m. | 0.3 | 24.0 |
| 25-mar-11 | 01:02:00 a.m. | 1.0 | 25.0 |
| 25-mar-11 | 01:20:00 a.m. | 0.5 | 25.5 |
| 25-mar-11 | 02:20:00 a.m. | 0.0 | 25.5 |
| 25-mar-11 | 03:20:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |

Tabla N° 013: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2011

Fuente: Elaboración Propia – 2014

✓ Análisis del Pluviograma del 2012 (Anexo N° 005)

| <i>REGISTRO TORMENTA 2012</i> | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Fecha | Hora (1) | Precipitación(mm) | |
| | | Horaria (2) | Total en 24 hrs. (3) |
| 06-feb-12 | 10:00:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |
| 06-feb-12 | 10:05:00 a.m. | 0.2 | 0.2 |
| 06-feb-12 | 11:03:00 a.m. | 0.0 | 0.2 |
| 06-feb-12 | 11:12:00 a.m. | 0.2 | 0.4 |
| 06-feb-12 | 11:15:00 a.m. | 0.3 | 0.7 |
| 06-feb-12 | 11:21:00 a.m. | 0.0 | 0.7 |
| 06-feb-12 | 11:24:00 a.m. | 0.3 | 1.0 |
| 06-feb-12 | 11:30:00 a.m. | 0.1 | 1.1 |
| 06-feb-12 | 12:17:00 p.m. | 0.0 | 1.1 |
| 06-feb-12 | 12:30:00 p.m. | 1.1 | 2.2 |
| 06-feb-12 | 12:36:00 p.m. | 1.0 | 3.2 |
| 06-feb-12 | 12:40:00 p.m. | 0.2 | 3.4 |
| 06-feb-12 | 01:00:00 p.m. | 0.0 | 3.4 |
| 06-feb-12 | 01:10:00 p.m. | 5.4 | 8.8 |
| 06-feb-12 | 03:00:00 p.m. | 0.5 | 9.3 |
| 06-feb-12 | 03:07:00 p.m. | 0.5 | 9.8 |
| 06-feb-12 | 03:45:00 p.m. | 0.2 | 10.0 |
| 06-feb-12 | 04:20:00 p.m. | 0.2 | 10.2 |
| 06-feb-12 | 04:27:00 p.m. | 0.1 | 10.3 |
| 06-feb-12 | 04:30:00 p.m. | 0.5 | 10.8 |
| 06-feb-12 | 04:50:00 p.m. | 0.5 | 11.3 |
| 06-feb-12 | 04:54:00 p.m. | 0.3 | 11.6 |
| 06-feb-12 | 05:00:00 p.m. | 0.2 | 11.8 |
| 06-feb-12 | 05:20:00 p.m. | 0.0 | 11.8 |
| 06-feb-12 | 05:30:00 p.m. | 0.4 | 12.2 |
| 06-feb-12 | 05:48:00 p.m. | 0.5 | 12.7 |
| 06-feb-12 | 06:10:00 p.m. | 0.3 | 13.0 |
| 06-feb-12 | 06:20:00 p.m. | 0.0 | 13.0 |
| 06-feb-12 | 06:42:00 p.m. | 1.2 | 14.2 |

| | | | |
|-----------|---------------|-----|------|
| 06-feb-12 | 07:10:00 p.m. | 0.1 | 14.3 |
| 06-feb-12 | 07:26:00 p.m. | 0.7 | 15.0 |
| 06-feb-12 | 07:40:00 p.m. | 1.3 | 16.3 |
| 06-feb-12 | 07:53:00 p.m. | 0.7 | 17.0 |
| 06-feb-12 | 08:00:00 p.m. | 0.1 | 17.1 |
| 06-feb-12 | 08:10:00 p.m. | 0.0 | 17.1 |
| 06-feb-12 | 08:30:00 p.m. | 0.2 | 17.3 |
| 06-feb-12 | 08:40:00 p.m. | 0.2 | 17.5 |
| 06-feb-12 | 08:50:00 p.m. | 0.4 | 17.9 |
| 06-feb-12 | 09:00:00 p.m. | 0.1 | 18.0 |
| 06-feb-12 | 03:00:00 a.m. | 1.0 | 19.0 |
| 06-feb-12 | 03:32:00 a.m. | 0.4 | 19.4 |
| 06-feb-12 | 05:35:00 a.m. | 0.0 | 19.4 |
| 06-feb-12 | 06:35:00 a.m. | 0.0 | 0.0 |

Tabla N° 014: Registro del Fluviógrafo Tormenta 2012

Fuente: Elaboración Propia – 2014

B. Cálculo de Intensidades

Para el cálculo de las intensidades se procedió de la siguiente manera:

- Realizar una tabulación con la información obtenida del pluviograma, de la siguiente manera:
 - (1) **Hora.-** Se anota las horas en que cambia la intensidad, obtenidas del análisis anterior.
 - (2) **Intervalo de Tiempo.-** Es el intervalo de tiempo entre las horas de la columna (1)
 - (3) **Tiempo Acumulado.-** Es la suma sucesiva de los tiempos parciales de la columna (2)
 - (4) **Lluvia Parcial.-** Es la lluvia caída en cada intervalo de tiempo.
 - (5) **Lluvia Acumulada.-** Es la suma de las lluvias parciales de la columna (4).
 - (6) **Intensidad.-** Es la altura de precipitación referida a una hora de duración, para cada intervalo de tiempo. Su cálculo se realiza mediante:

$$(6 - A) = \frac{\text{Lluvia Parcial} - \text{mm} - (4)}{\text{Intervalo de Tiempo min}(2)}$$

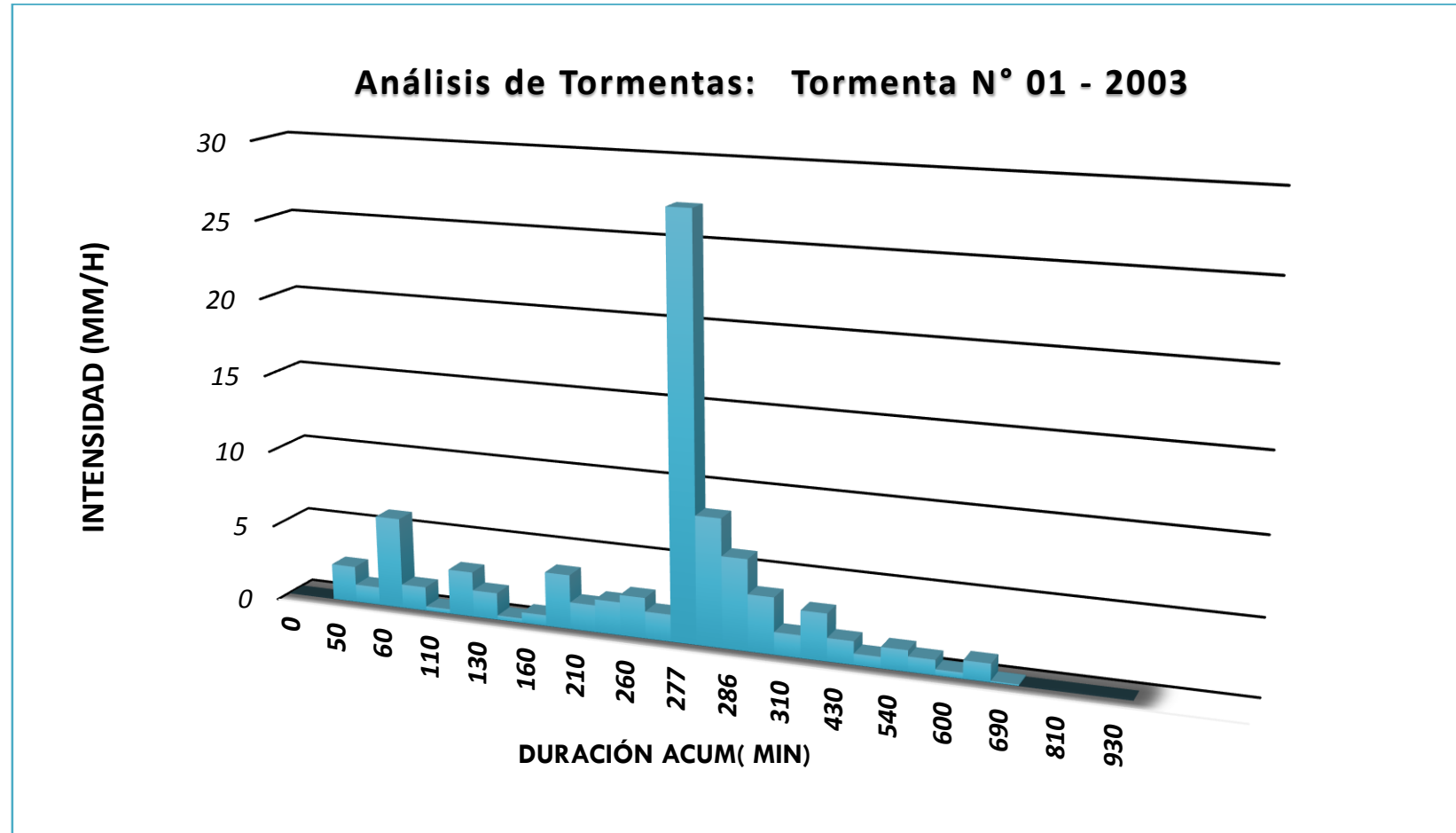
$$(6 - B) = (6 - A) \frac{\text{mm}}{\text{min}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}$$

| ANÁLISIS DE TORMENTAS: TABULACIÓN AÑO 2003 | | | | | | |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 03:00:00 p.m. | 0 | 0 | 0.00 | | | 0 |
| 03:45:00 p.m. | 45 | 45 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 03:50:00 p.m. | 50 | 5 | 0.20 | 0.20 | 0.040 | 2.40 |
| 03:55:00 p.m. | 55 | 5 | 0.30 | 0.10 | 0.020 | 1.20 |
| 04:00:00 p.m. | 60 | 5 | 0.80 | 0.50 | 0.100 | 6.00 |
| 04:30:00 p.m. | 90 | 30 | 1.60 | 0.80 | 0.027 | 1.60 |
| 04:50:00 p.m. | 110 | 20 | 1.70 | 0.10 | 0.005 | 0.30 |
| 05:00:00 p.m. | 120 | 10 | 2.20 | 0.50 | 0.050 | 3.00 |
| 05:10:00 p.m. | 130 | 10 | 2.50 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 05:30:00 p.m. | 150 | 20 | 2.60 | 0.10 | 0.005 | 0.30 |
| 05:40:00 p.m. | 160 | 10 | 2.72 | 0.12 | 0.012 | 0.72 |
| 05:50:00 p.m. | 170 | 10 | 3.32 | 0.60 | 0.060 | 3.60 |
| 06:30:00 p.m. | 210 | 40 | 4.52 | 1.20 | 0.030 | 1.80 |
| 07:00:00 p.m. | 240 | 30 | 5.62 | 1.10 | 0.037 | 2.20 |
| 07:20:00 p.m. | 260 | 20 | 6.52 | 0.90 | 0.045 | 2.70 |
| 07:30:00 p.m. | 270 | 10 | 6.82 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 07:37:00 p.m. | 277 | 7 | 10.00 | 3.18 | 0.454 | 27.26 |
| 07:42:00 p.m. | 282 | 5 | 10.70 | 0.70 | 0.140 | 8.40 |
| 07:46:00 p.m. | 286 | 4 | 11.10 | 0.40 | 0.100 | 6.00 |
| 07:54:00 p.m. | 294 | 8 | 11.60 | 0.50 | 0.063 | 3.75 |
| 08:10:00 p.m. | 310 | 16 | 12.00 | 0.40 | 0.025 | 1.50 |
| 09:00:00 p.m. | 360 | 50 | 14.60 | 2.60 | 0.052 | 3.12 |
| 10:10:00 p.m. | 430 | 70 | 16.40 | 1.80 | 0.026 | 1.54 |
| 10:34:00 p.m. | 454 | 24 | 16.70 | 0.30 | 0.013 | 0.75 |
| 12:00:00 a.m. | 540 | 86 | 18.70 | 2.00 | 0.023 | 1.40 |
| 12:30:00 a.m. | 570 | 30 | 19.20 | 0.50 | 0.017 | 1.00 |
| 01:00:00 a.m. | 600 | 30 | 19.40 | 0.20 | 0.007 | 0.40 |
| 01:30:00 a.m. | 630 | 30 | 20.00 | 0.60 | 0.020 | 1.20 |
| 01:07:00 a.m. | 690 | 60 | 20.10 | 0.10 | 0.002 | 0.10 |
| 02:00:00 a.m. | 750 | 60 | 20.10 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 03:00:00 a.m. | 810 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 04:00:00 a.m. | 870 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:00:00 a.m. | 930 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 015: Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2003

Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 015: Hietograma Tormenta 2003



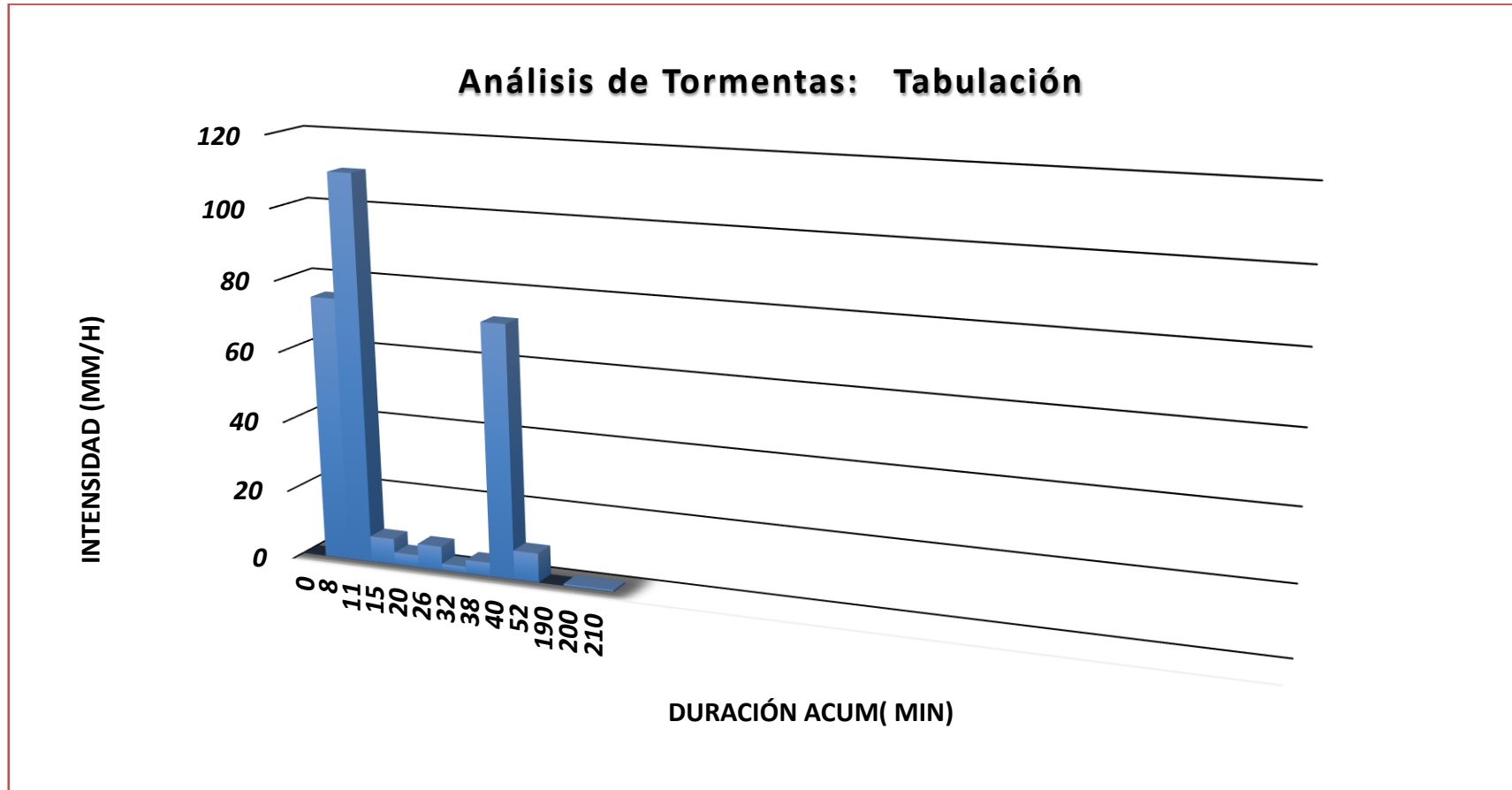
Fuente: Elaboración Propia – 2014

| Análisis de Tormentas: Tabulación | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 02:40:00 p.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |
| 02:48:00 p.m. | 8 | 8 | 10.00 | 10.00 | 1.250 | 75.00 |
| 02:51:00 p.m. | 11 | 3 | 15.50 | 5.50 | 1.833 | 110.00 |
| 02:55:00 p.m. | 15 | 4 | 16.00 | 0.50 | 0.125 | 7.50 |
| 03:00:00 p.m. | 20 | 5 | 16.30 | 0.30 | 0.060 | 3.60 |
| 03:06:00 p.m. | 26 | 6 | 17.00 | 0.70 | 0.117 | 7.00 |
| 03:12:00 p.m. | 32 | 6 | 17.20 | 0.20 | 0.033 | 2.00 |
| 03:18:00 p.m. | 38 | 6 | 17.60 | 0.40 | 0.067 | 4.00 |
| 03:20:00 p.m. | 40 | 2 | 20.00 | 2.40 | 1.200 | 72.00 |
| 03:32:00 p.m. | 52 | 12 | 21.70 | 1.70 | 0.142 | 8.50 |
| 05:50:00 p.m. | 190 | 138 | 21.70 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 06:00:00 p.m. | 200 | 10 | 21.80 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |
| 06:10:00 p.m. | 210 | 10 | 21.90 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |

Tabla N° 016: Análisis de Tormenta – Tabulación 2004

Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 016: Hietograma Tormenta 2004

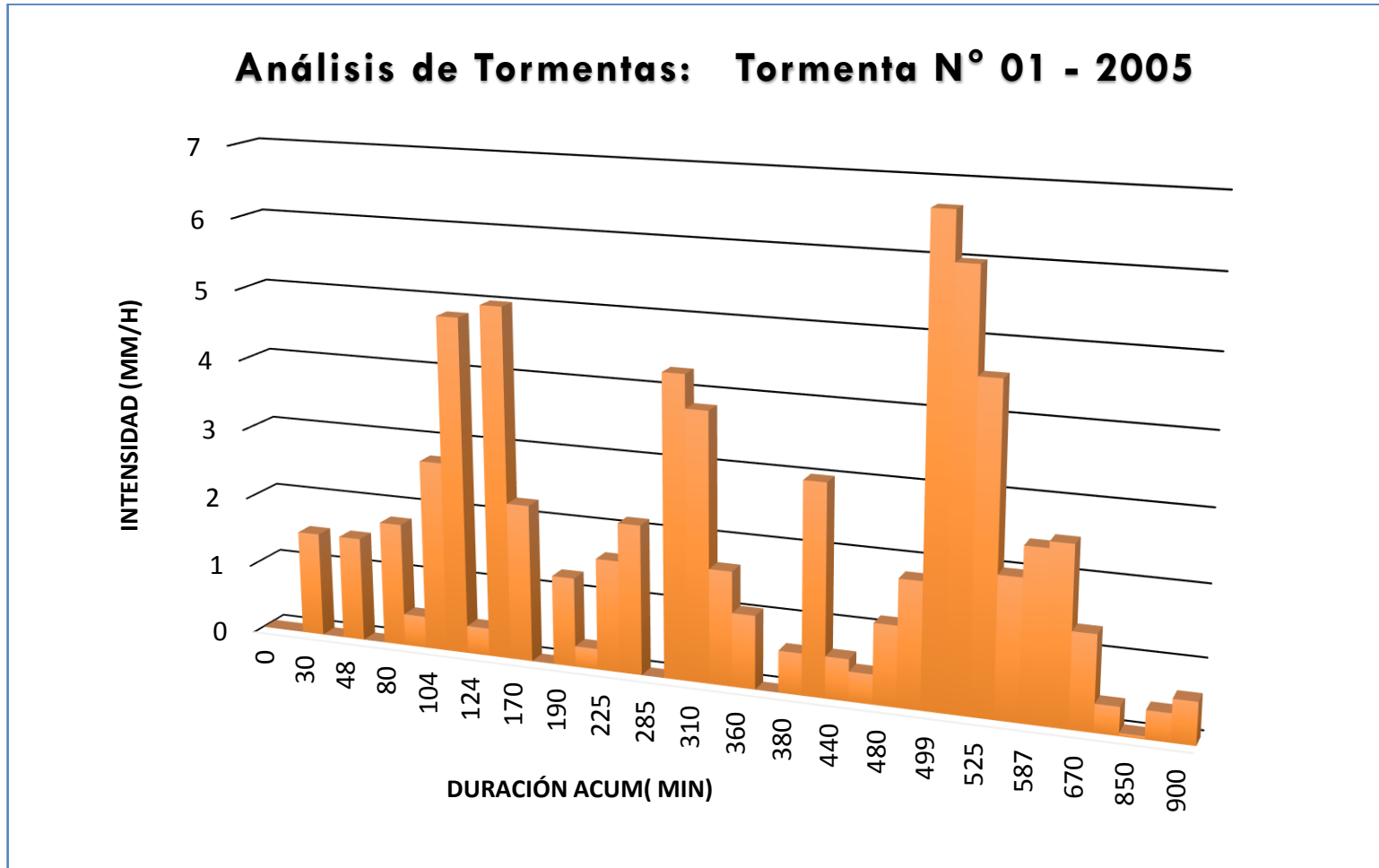


Fuente: Elaboración Propia – 2014

| Análisis de Tormentas: Tabulación 2005 | | | | | | |
|--|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 04:00:00 p.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 04:26:00 p.m. | 26 | 26 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 04:30:00 p.m. | 30 | 4 | 0.10 | 0.10 | 0.025 | 1.50 |
| 04:40:00 p.m. | 40 | 10 | 0.10 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 04:48:00 p.m. | 48 | 8 | 0.30 | 0.20 | 0.025 | 1.50 |
| 04:53:00 p.m. | 53 | 5 | 0.30 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:20:00 p.m. | 80 | 27 | 1.10 | 0.80 | 0.030 | 1.78 |
| 05:33:00 p.m. | 93 | 13 | 1.20 | 0.10 | 0.008 | 0.46 |
| 05:44:00 p.m. | 104 | 11 | 1.70 | 0.50 | 0.046 | 2.73 |
| 05:49:00 p.m. | 109 | 5 | 2.10 | 0.40 | 0.080 | 4.80 |
| 06:04:00 p.m. | 124 | 15 | 2.20 | 0.10 | 0.007 | 0.40 |
| 06:10:00 p.m. | 130 | 6 | 2.70 | 0.50 | 0.083 | 5.00 |
| 06:50:00 p.m. | 170 | 40 | 4.20 | 1.50 | 0.038 | 2.25 |
| 06:56:00 p.m. | 176 | 6 | 4.20 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 07:10:00 p.m. | 190 | 14 | 4.50 | 0.30 | 0.021 | 1.28 |
| 07:30:00 p.m. | 210 | 20 | 4.60 | 0.10 | 0.005 | 0.30 |
| 07:45:00 p.m. | 225 | 15 | 5.00 | 0.40 | 0.027 | 1.60 |
| 08:13:00 p.m. | 253 | 28 | 6.00 | 1.00 | 0.036 | 2.14 |
| 08:45:00 p.m. | 285 | 32 | 6.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 08:59:00 p.m. | 299 | 14 | 7.00 | 1.00 | 0.071 | 4.28 |
| 09:10:00 p.m. | 310 | 11 | 7.70 | 0.70 | 0.064 | 3.82 |
| 09:43:00 p.m. | 343 | 33 | 8.60 | 0.90 | 0.027 | 1.64 |
| 10:00:00 p.m. | 360 | 17 | 8.90 | 0.30 | 0.018 | 1.06 |
| 10:10:00 p.m. | 370 | 10 | 8.90 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 10:20:00 p.m. | 380 | 10 | 9.00 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |
| 10:40:00 p.m. | 400 | 20 | 10.00 | 1.00 | 0.050 | 3.00 |
| 11:20:00 p.m. | 440 | 40 | 10.40 | 0.40 | 0.010 | 0.60 |
| 11:34:00 p.m. | 454 | 14 | 10.50 | 0.10 | 0.007 | 0.43 |
| 12:00:00 a.m. | 480 | 26 | 11.00 | 0.50 | 0.019 | 1.15 |
| 12:10:00 a.m. | 490 | 10 | 11.30 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 12:19:00 a.m. | 499 | 9 | 12.30 | 1.00 | 0.111 | 6.67 |
| 12:24:00 a.m. | 504 | 5 | 12.80 | 0.50 | 0.100 | 6.00 |
| 12:45:00 a.m. | 525 | 21 | 14.40 | 1.60 | 0.076 | 4.57 |
| 01:00:00 a.m. | 540 | 15 | 14.90 | 0.50 | 0.033 | 2.00 |
| 01:47:00 a.m. | 587 | 47 | 16.80 | 1.90 | 0.040 | 2.42 |
| 02:30:00 a.m. | 630 | 43 | 18.60 | 1.80 | 0.042 | 2.51 |
| 03:10:00 a.m. | 670 | 40 | 19.50 | 0.90 | 0.023 | 1.35 |
| 03:40:00 a.m. | 700 | 30 | 19.70 | 0.20 | 0.007 | 0.40 |
| 06:10:00 a.m. | 850 | 150 | 19.80 | 0.10 | 0.001 | 0.04 |
| 06:40:00 a.m. | 880 | 30 | 20.00 | 0.20 | 0.007 | 0.40 |
| 07:00:00 a.m. | 900 | 20 | 20.20 | 0.20 | 0.010 | 0.60 |
| 08:00:00 a.m. | 960 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 017: Análisis de Tormenta – Tabulación 2005
Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 017: Hietograma Tormenta 2005



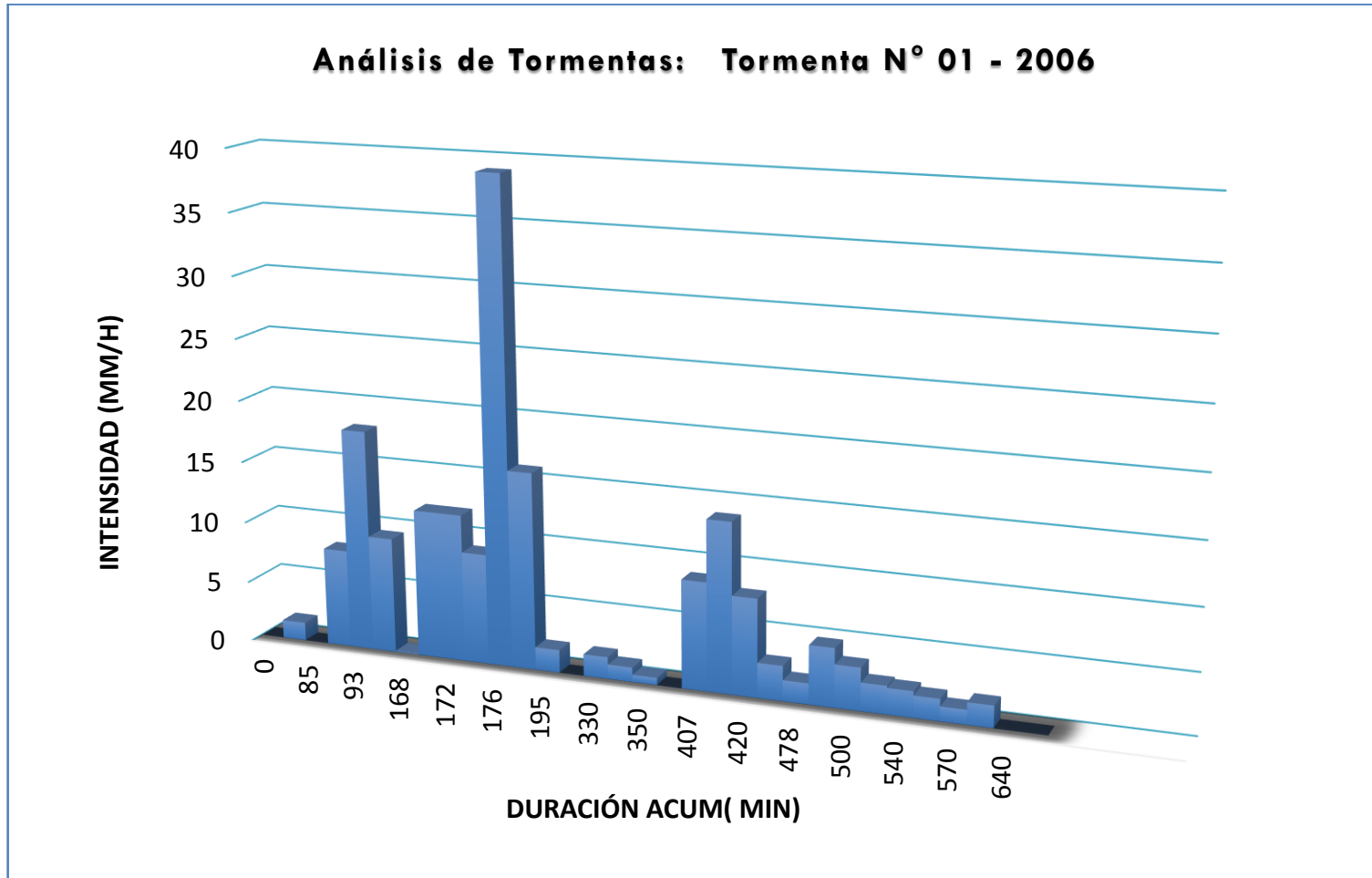
Fuente: Elaboración Propia – 2014

| Análisis de Tormentas: Tabulación 2006 | | | | | | |
|--|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 01:00:00 p.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 01:04:00 p.m. | 4 | 4 | 0.10 | 0.10 | 0.025 | 1.50 |
| 02:25:00 p.m. | 85 | 81 | 0.10 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 02:28:00 p.m. | 88 | 3 | 0.50 | 0.40 | 0.133 | 8.00 |
| 02:33:00 p.m. | 93 | 5 | 2.00 | 1.50 | 0.300 | 18.00 |
| 02:40:00 p.m. | 100 | 7 | 3.10 | 1.10 | 0.157 | 9.43 |
| 03:48:00 p.m. | 168 | 68 | 3.20 | 0.10 | 0.002 | 0.09 |
| 03:50:00 p.m. | 170 | 2 | 3.60 | 0.40 | 0.200 | 12.00 |
| 03:52:00 p.m. | 172 | 2 | 4.00 | 0.40 | 0.200 | 12.00 |
| 03:54:00 p.m. | 174 | 2 | 4.30 | 0.30 | 0.150 | 9.00 |
| 03:56:00 p.m. | 176 | 2 | 5.60 | 1.30 | 0.650 | 39.00 |
| 03:59:00 p.m. | 179 | 3 | 6.40 | 0.80 | 0.267 | 16.00 |
| 04:15:00 p.m. | 195 | 16 | 6.90 | 0.50 | 0.031 | 1.88 |
| 06:20:00 p.m. | 320 | 125 | 6.90 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 06:30:00 p.m. | 330 | 10 | 7.20 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 06:40:00 p.m. | 340 | 10 | 7.40 | 0.20 | 0.020 | 1.20 |
| 06:50:00 p.m. | 350 | 10 | 7.50 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |
| 07:30:00 p.m. | 390 | 40 | 7.50 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 07:47:00 p.m. | 407 | 17 | 10.00 | 2.50 | 0.147 | 8.83 |
| 07:57:00 p.m. | 417 | 10 | 12.30 | 2.30 | 0.230 | 13.80 |
| 08:00:00 p.m. | 420 | 3 | 12.70 | 0.40 | 0.133 | 8.00 |
| 08:23:00 p.m. | 443 | 23 | 13.80 | 1.10 | 0.048 | 2.87 |
| 08:58:00 p.m. | 478 | 35 | 14.80 | 1.00 | 0.029 | 1.72 |
| 09:08:00 p.m. | 488 | 10 | 15.60 | 0.80 | 0.080 | 4.80 |
| 09:20:00 p.m. | 500 | 12 | 16.30 | 0.70 | 0.058 | 3.50 |
| 09:46:00 p.m. | 526 | 26 | 17.30 | 1.00 | 0.039 | 2.31 |
| 10:00:00 p.m. | 540 | 14 | 17.80 | 0.50 | 0.036 | 2.14 |
| 10:10:00 p.m. | 550 | 10 | 18.10 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 10:30:00 p.m. | 570 | 20 | 18.50 | 0.40 | 0.020 | 1.20 |
| 10:40:00 p.m. | 580 | 10 | 18.80 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 11:40:00 p.m. | 640 | 60 | 18.80 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 12:40:00 a.m. | 700 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 018: Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2006

Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 018: Hietograma Tormenta 2006



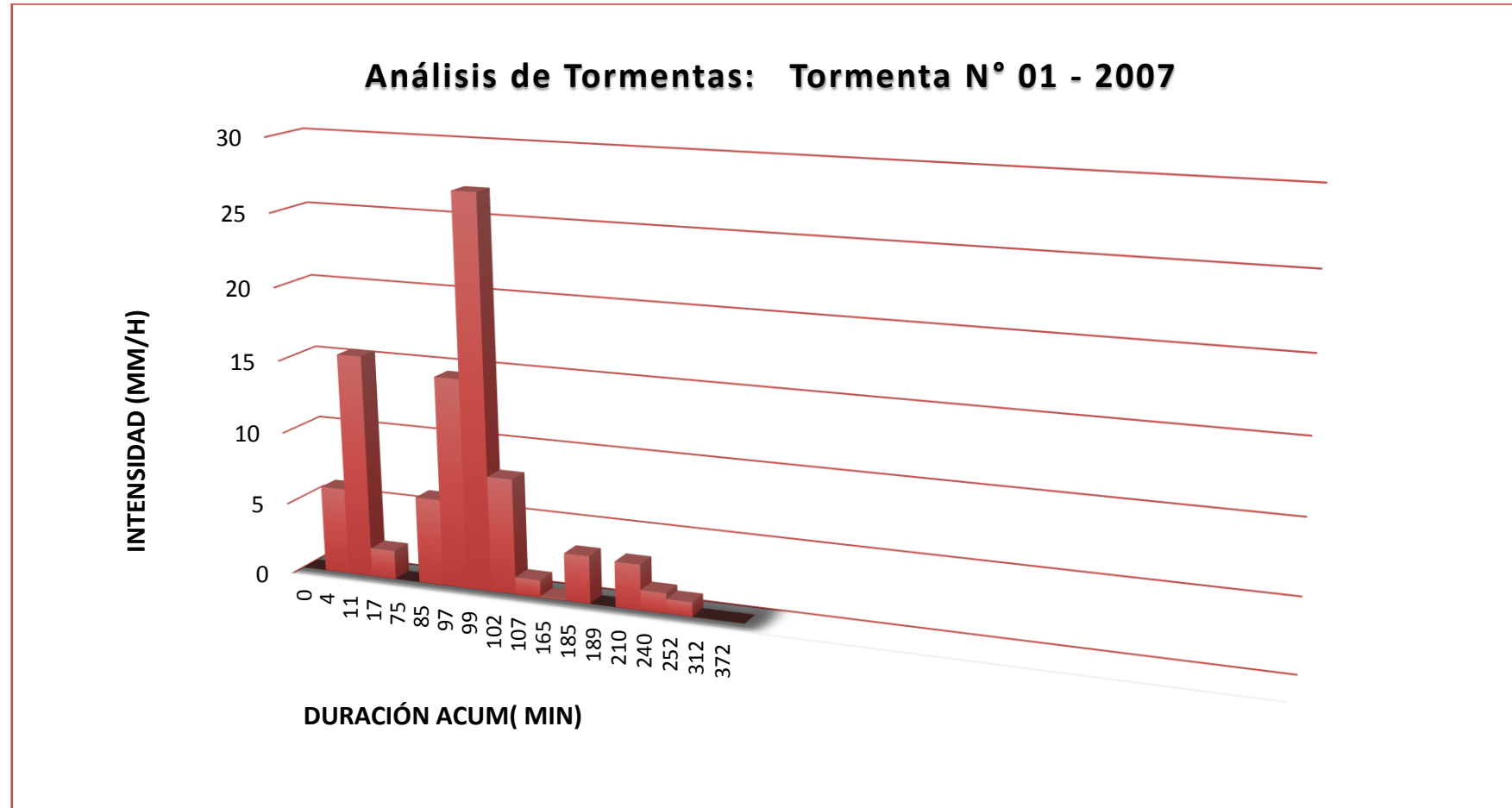
Fuente: Elaboración Propia

| Análisis de Tormentas: Tabulación | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 02:53:00 p.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 02:57:00 p.m. | 4 | 4 | 0.40 | 0.40 | 0.100 | 6.00 |
| 03:04:00 p.m. | 11 | 7 | 2.20 | 1.80 | 0.257 | 15.43 |
| 03:10:00 p.m. | 17 | 6 | 2.40 | 0.20 | 0.033 | 2.00 |
| 04:08:00 p.m. | 75 | 58 | 2.40 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 04:18:00 p.m. | 85 | 10 | 3.40 | 1.00 | 0.100 | 6.00 |
| 04:30:00 p.m. | 97 | 12 | 6.30 | 2.90 | 0.242 | 14.50 |
| 04:32:00 p.m. | 99 | 2 | 7.20 | 0.90 | 0.450 | 27.00 |
| 04:35:00 p.m. | 102 | 3 | 7.60 | 0.40 | 0.133 | 8.00 |
| 04:40:00 p.m. | 107 | 5 | 7.70 | 0.10 | 0.020 | 1.20 |
| 05:38:00 p.m. | 165 | 58 | 7.80 | 0.10 | 0.002 | 0.10 |
| 05:58:00 p.m. | 185 | 20 | 8.90 | 1.10 | 0.055 | 3.30 |
| 06:02:00 p.m. | 189 | 4 | 8.90 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 06:23:00 p.m. | 210 | 21 | 10.00 | 1.10 | 0.052 | 3.14 |
| 06:53:00 p.m. | 240 | 30 | 10.70 | 0.70 | 0.023 | 1.40 |
| 07:05:00 p.m. | 252 | 12 | 10.90 | 0.20 | 0.017 | 1.00 |
| 08:05:00 p.m. | 312 | 60 | 10.90 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 09:05:00 p.m. | 372 | 60 | 10.90 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 019: Análisis de Tormenta – Tabulación 2007

Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 019: Hietograma Tormenta 2007



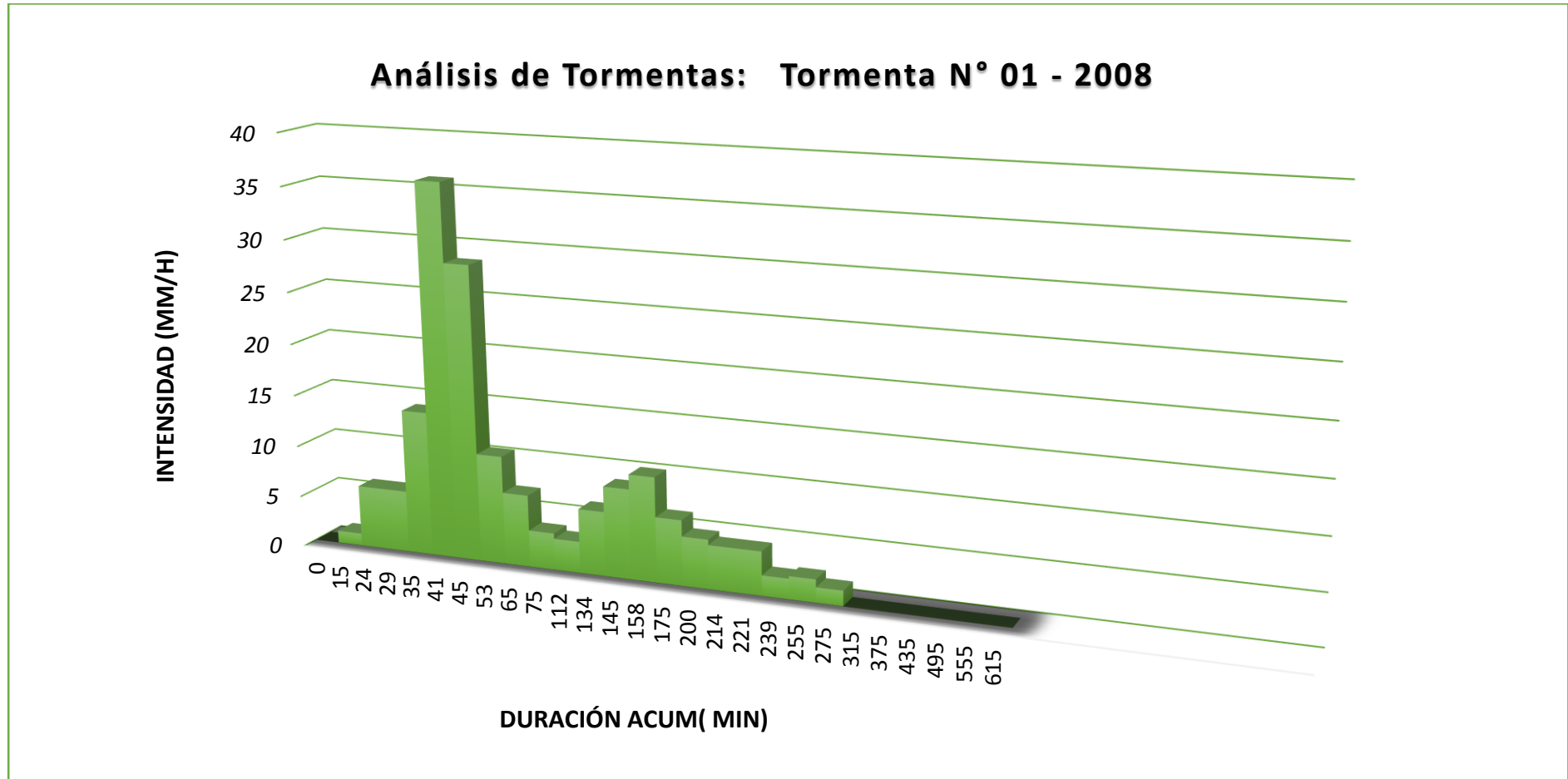
Fuente: Elaboración Propia – 2014

| Análisis de Tormentas: Tabulación | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 06:45:00 p.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 07:00:00 p.m. | 15 | 15 | 0.30 | 0.30 | 0.020 | 1.20 |
| 07:09:00 p.m. | 24 | 9 | 1.20 | 0.90 | 0.100 | 6.00 |
| 07:14:00 p.m. | 29 | 5 | 1.70 | 0.50 | 0.100 | 6.00 |
| 07:20:00 p.m. | 35 | 6 | 3.10 | 1.40 | 0.233 | 14.00 |
| 07:26:00 p.m. | 41 | 6 | 6.70 | 3.60 | 0.600 | 36.00 |
| 07:30:00 p.m. | 45 | 4 | 8.60 | 1.90 | 0.475 | 28.50 |
| 07:38:00 p.m. | 53 | 8 | 10.00 | 1.40 | 0.175 | 10.50 |
| 07:50:00 p.m. | 65 | 12 | 11.40 | 1.40 | 0.117 | 7.00 |
| 08:00:00 p.m. | 75 | 10 | 12.00 | 0.60 | 0.060 | 3.60 |
| 08:37:00 p.m. | 112 | 37 | 13.90 | 1.90 | 0.051 | 3.08 |
| 08:59:00 p.m. | 134 | 22 | 16.20 | 2.30 | 0.105 | 6.27 |
| 09:10:00 p.m. | 145 | 11 | 17.80 | 1.60 | 0.146 | 8.73 |
| 09:23:00 p.m. | 158 | 13 | 20.00 | 2.20 | 0.169 | 10.15 |
| 09:40:00 p.m. | 175 | 17 | 21.80 | 1.80 | 0.106 | 6.35 |
| 10:05:00 p.m. | 200 | 25 | 23.80 | 2.00 | 0.080 | 4.80 |
| 10:19:00 p.m. | 214 | 14 | 24.80 | 1.00 | 0.071 | 4.28 |
| 10:26:00 p.m. | 221 | 7 | 25.30 | 0.50 | 0.071 | 4.28 |
| 10:44:00 p.m. | 239 | 18 | 25.90 | 0.60 | 0.033 | 2.00 |
| 11:00:00 p.m. | 255 | 16 | 26.50 | 0.60 | 0.038 | 2.25 |
| 11:20:00 p.m. | 275 | 20 | 27.00 | 0.50 | 0.025 | 1.50 |
| 12:00:00 a.m. | 315 | 40 | 27.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 01:00:00 a.m. | 375 | 60 | 27.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 02:00:00 a.m. | 435 | 60 | 27.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 03:00:00 a.m. | 495 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 04:00:00 a.m. | 555 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:00:00 a.m. | 615 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 020: Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2008

Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 020: Hietograma Tormenta 2008



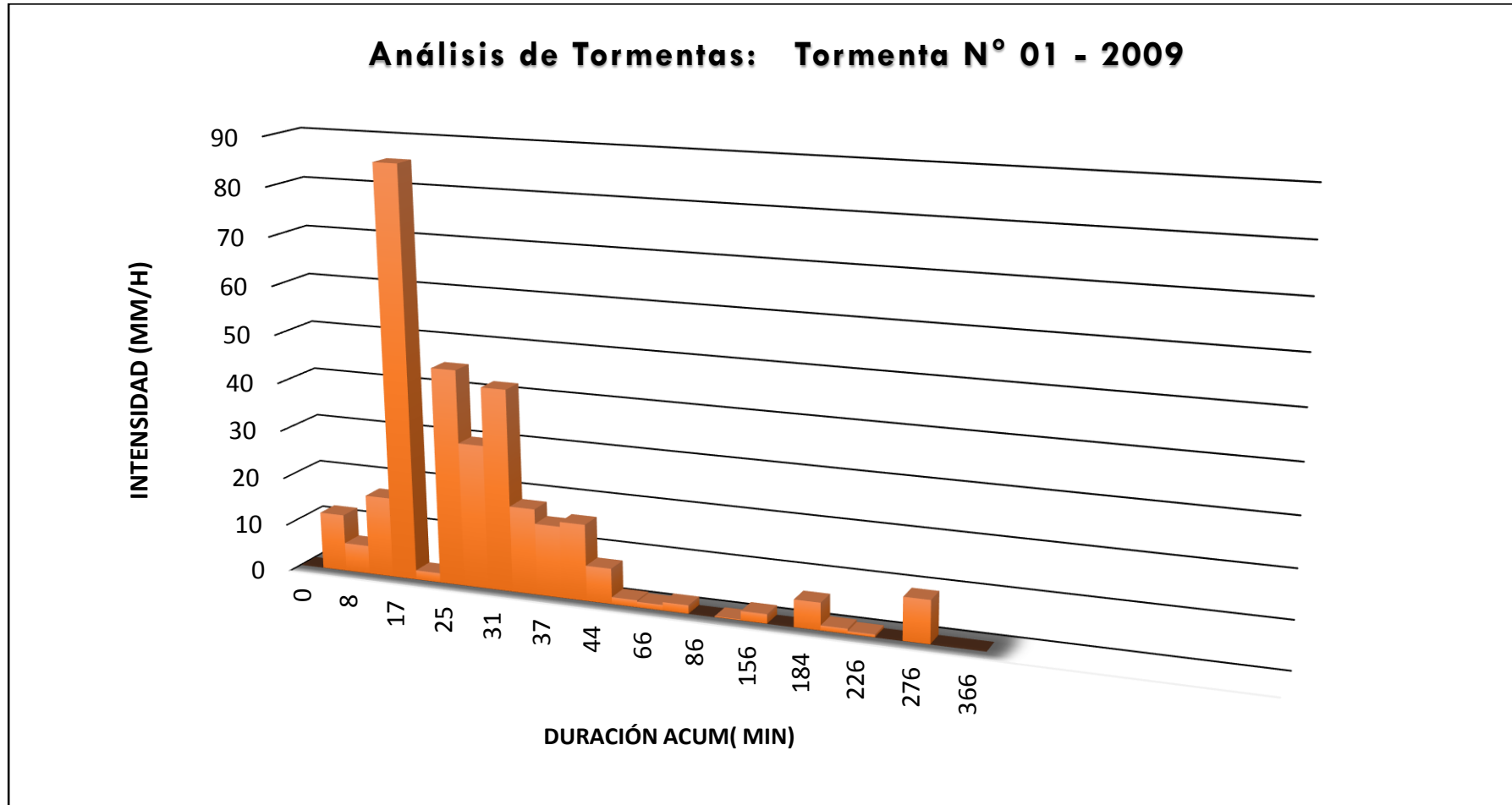
Fuente: Elaboración Propia – 2014

| Análisis de Tormentas: Tabulación | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 02:54:00 p.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 02:58:00 p.m. | 4 | 4 | 0.80 | 0.80 | 0.200 | 12.00 |
| 03:02:00 p.m. | 8 | 4 | 1.20 | 0.40 | 0.100 | 6.00 |
| 03:07:00 p.m. | 13 | 5 | 2.60 | 1.40 | 0.280 | 16.80 |
| 03:11:00 p.m. | 17 | 4 | 8.30 | 5.70 | 1.425 | 85.50 |
| 03:17:00 p.m. | 23 | 6 | 8.50 | 0.20 | 0.033 | 2.00 |
| 03:19:00 p.m. | 25 | 2 | 10.00 | 1.50 | 0.750 | 45.00 |
| 03:23:00 p.m. | 29 | 4 | 12.00 | 2.00 | 0.500 | 30.00 |
| 03:25:00 p.m. | 31 | 2 | 13.40 | 1.40 | 0.700 | 42.00 |
| 03:27:00 p.m. | 33 | 2 | 14.00 | 0.60 | 0.300 | 18.00 |
| 03:31:00 p.m. | 37 | 4 | 15.00 | 1.00 | 0.250 | 15.00 |
| 03:34:00 p.m. | 40 | 3 | 15.80 | 0.80 | 0.267 | 16.00 |
| 03:38:00 p.m. | 44 | 4 | 16.30 | 0.50 | 0.125 | 7.50 |
| 03:50:00 p.m. | 56 | 12 | 16.60 | 0.30 | 0.025 | 1.50 |
| 04:00:00 p.m. | 66 | 10 | 16.80 | 0.20 | 0.020 | 1.20 |
| 04:10:00 p.m. | 76 | 10 | 17.10 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 04:20:00 p.m. | 86 | 10 | 17.10 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:15:00 p.m. | 141 | 55 | 17.30 | 0.20 | 0.004 | 0.22 |
| 05:30:00 p.m. | 156 | 15 | 17.80 | 0.50 | 0.033 | 2.00 |
| 05:35:00 p.m. | 161 | 5 | 17.80 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:58:00 p.m. | 184 | 23 | 20.00 | 2.20 | 0.096 | 5.74 |
| 06:20:00 p.m. | 206 | 22 | 20.40 | 0.40 | 0.018 | 1.09 |
| 06:40:00 p.m. | 226 | 20 | 20.60 | 0.20 | 0.010 | 0.60 |
| 07:26:00 p.m. | 272 | 46 | 20.60 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 07:30:00 p.m. | 276 | 4 | 21.20 | 0.60 | 0.150 | 9.00 |
| 08:00:00 p.m. | 306 | 30 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 09:00:00 p.m. | 366 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 021: Análisis de Tormenta – Tabulación 2009

Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 021: Hietograma Tormenta 2009

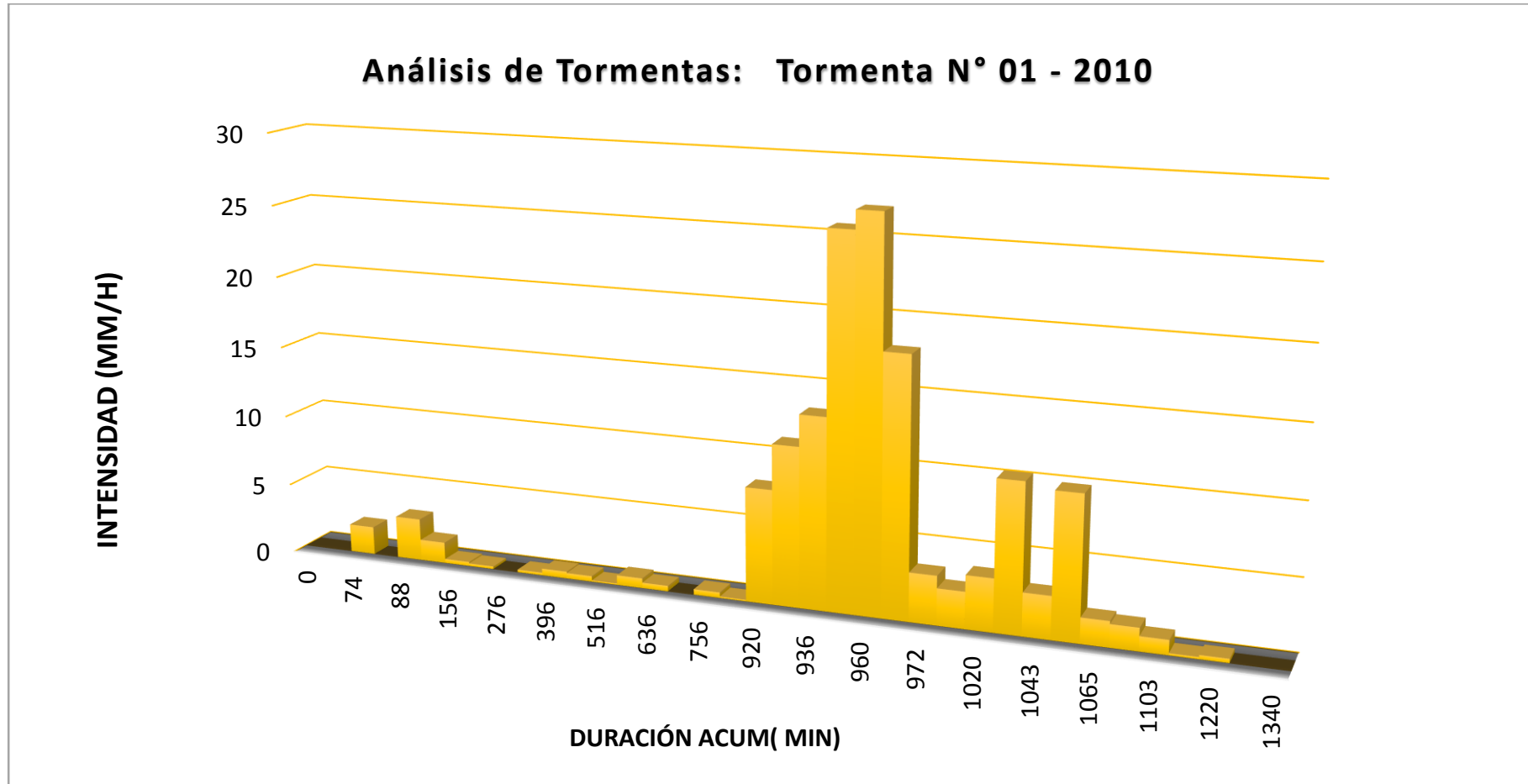


Fuente: Elaboración Propia – 2014

| Análisis de Tormentas: Tabulación 2010 | | | | | | |
|--|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 10:00:00 a.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 11:02:00 a.m. | 62 | 62 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 11:14:00 a.m. | 74 | 12 | 0.40 | 0.40 | 0.033 | 2.00 |
| 11:20:00 a.m. | 80 | 6 | 0.40 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 11:28:00 a.m. | 88 | 8 | 0.80 | 0.40 | 0.050 | 3.00 |
| 11:36:00 a.m. | 96 | 8 | 1.00 | 0.20 | 0.025 | 1.50 |
| 11:33:00 a.m. | 156 | 60 | 1.30 | 0.30 | 0.005 | 0.30 |
| 11:43:00 a.m. | 216 | 60 | 1.50 | 0.20 | 0.003 | 0.20 |
| 11:51:00 a.m. | 276 | 60 | 1.50 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 11:57:00 a.m. | 336 | 60 | 1.70 | 0.20 | 0.003 | 0.20 |
| 12:03:00 p.m. | 396 | 60 | 2.20 | 0.50 | 0.008 | 0.50 |
| 12:20:00 p.m. | 456 | 60 | 2.60 | 0.40 | 0.007 | 0.40 |
| 03:25:00 p.m. | 516 | 60 | 2.70 | 0.10 | 0.002 | 0.10 |
| 03:27:00 p.m. | 576 | 60 | 3.40 | 0.70 | 0.012 | 0.70 |
| 03:50:00 p.m. | 636 | 60 | 3.80 | 0.40 | 0.007 | 0.40 |
| 05:12:00 p.m. | 696 | 60 | 3.80 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:20:00 p.m. | 756 | 60 | 4.20 | 0.40 | 0.007 | 0.40 |
| 01:11:00 a.m. | 911 | 155 | 4.50 | 0.30 | 0.002 | 0.11 |
| 01:20:00 a.m. | 920 | 9 | 5.70 | 1.20 | 0.133 | 8.00 |
| 01:27:00 a.m. | 927 | 7 | 7.00 | 1.30 | 0.186 | 11.14 |
| 01:36:00 a.m. | 936 | 9 | 9.00 | 2.00 | 0.222 | 13.33 |
| 01:50:00 a.m. | 950 | 14 | 15.00 | 6.00 | 0.429 | 25.72 |
| 02:00:00 a.m. | 960 | 10 | 19.50 | 4.50 | 0.450 | 27.00 |
| 02:05:00 a.m. | 965 | 5 | 21.00 | 1.50 | 0.300 | 18.00 |
| 02:12:00 a.m. | 972 | 7 | 21.40 | 0.40 | 0.057 | 3.43 |
| 02:26:00 a.m. | 986 | 14 | 22.00 | 0.60 | 0.043 | 2.57 |
| 03:00:00 a.m. | 1020 | 34 | 24.10 | 2.10 | 0.062 | 3.71 |
| 03:15:00 a.m. | 1035 | 15 | 26.70 | 2.60 | 0.173 | 10.40 |
| 03:23:00 a.m. | 1043 | 8 | 27.10 | 0.40 | 0.050 | 3.00 |
| 03:35:00 a.m. | 1055 | 12 | 29.10 | 2.00 | 0.167 | 10.00 |
| 03:45:00 a.m. | 1065 | 10 | 29.40 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 04:00:00 a.m. | 1080 | 15 | 29.80 | 0.40 | 0.027 | 1.60 |
| 04:23:00 a.m. | 1103 | 23 | 30.20 | 0.40 | 0.017 | 1.04 |
| 05:00:00 a.m. | 1140 | 37 | 30.30 | 0.10 | 0.003 | 0.16 |
| 06:20:00 a.m. | 1220 | 80 | 30.70 | 0.40 | 0.005 | 0.30 |
| 07:20:00 a.m. | 1280 | 60 | 30.70 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 08:20:00 a.m. | 1340 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 022: Análisis de Tormenta – Tabulación 2010
Fuente: Elaboración Propia – 2014

Gráfico N° 022: Hietograma Tormenta 2010



Fuente: Elaboración Propia – 2010

| Análisis de Tormentas: Tabulación | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (A) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 10:00:00 a.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 10:35:00 a.m. | 35 | 35 | 0.60 | 0.60 | 0.017 | 1.03 |
| 10:41:00 a.m. | 41 | 6 | 1.90 | 1.30 | 0.217 | 13.00 |
| 10:45:00 a.m. | 45 | 4 | 3.00 | 1.10 | 0.275 | 16.50 |
| 10:49:00 a.m. | 49 | 4 | 3.40 | 0.40 | 0.100 | 6.00 |
| 11:05:00 a.m. | 65 | 16 | 3.70 | 0.30 | 0.019 | 1.13 |
| 11:12:00 a.m. | 72 | 7 | 4.10 | 0.40 | 0.057 | 3.43 |
| 11:30:00 a.m. | 90 | 18 | 4.50 | 0.40 | 0.022 | 1.33 |
| 11:40:00 a.m. | 100 | 10 | 4.70 | 0.20 | 0.020 | 1.20 |
| 12:50:00 p.m. | 170 | 70 | 4.70 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 01:06:00 p.m. | 186 | 16 | 5.20 | 0.50 | 0.031 | 1.88 |
| 01:17:00 p.m. | 197 | 11 | 5.20 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 01:27:00 p.m. | 207 | 10 | 5.50 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 01:50:00 p.m. | 230 | 23 | 5.50 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 02:00:00 p.m. | 240 | 10 | 5.70 | 0.20 | 0.020 | 1.20 |
| 03:33:00 p.m. | 333 | 93 | 5.70 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 03:40:00 p.m. | 340 | 7 | 6.00 | 0.30 | 0.043 | 2.57 |
| 03:50:00 p.m. | 350 | 10 | 6.10 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |
| 04:00:00 p.m. | 360 | 10 | 6.20 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |
| 04:13:00 p.m. | 373 | 13 | 6.90 | 0.70 | 0.054 | 3.23 |
| 04:30:00 p.m. | 390 | 17 | 7.10 | 0.20 | 0.012 | 0.71 |
| 05:30:00 p.m. | 450 | 60 | 7.10 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:45:00 p.m. | 465 | 15 | 7.70 | 0.60 | 0.040 | 2.40 |
| 07:10:00 p.m. | 550 | 85 | 7.70 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 07:20:00 p.m. | 560 | 10 | 7.90 | 0.20 | 0.020 | 1.20 |
| 07:30:00 p.m. | 570 | 10 | 8.20 | 0.30 | 0.030 | 1.80 |
| 07:40:00 p.m. | 580 | 10 | 10.00 | 1.80 | 0.180 | 10.80 |
| 07:50:00 p.m. | 590 | 10 | 12.50 | 2.50 | 0.250 | 15.00 |
| 08:00:00 p.m. | 600 | 10 | 12.60 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |
| 09:13:00 p.m. | 673 | 73 | 12.70 | 0.10 | 0.001 | 0.08 |
| 09:46:00 p.m. | 706 | 33 | 15.30 | 2.60 | 0.079 | 4.73 |
| 10:00:00 p.m. | 720 | 14 | 17.00 | 1.70 | 0.121 | 7.28 |
| 10:11:00 p.m. | 731 | 11 | 18.20 | 1.20 | 0.109 | 6.55 |
| 10:20:00 p.m. | 740 | 9 | 20.00 | 1.80 | 0.200 | 12.00 |
| 10:30:00 p.m. | 750 | 10 | 20.90 | 0.90 | 0.090 | 5.40 |
| 10:36:00 p.m. | 756 | 6 | 21.50 | 0.60 | 0.100 | 6.00 |
| 10:48:00 p.m. | 768 | 12 | 22.30 | 0.80 | 0.067 | 4.00 |
| 10:56:00 p.m. | 776 | 8 | 22.90 | 0.60 | 0.075 | 4.50 |
| 11:10:00 p.m. | 790 | 14 | 23.00 | 0.10 | 0.007 | 0.43 |
| 12:00:00 a.m. | 840 | 50 | 23.70 | 0.70 | 0.014 | 0.84 |
| 12:10:00 a.m. | 850 | 10 | 23.70 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 12:22:00 a.m. | 862 | 12 | 24.00 | 0.30 | 0.025 | 1.50 |
| 01:02:00 a.m. | 902 | 40 | 25.00 | 1.00 | 0.025 | 1.50 |
| 01:20:00 a.m. | 920 | 18 | 25.50 | 0.50 | 0.028 | 1.67 |
| 02:20:00 a.m. | 980 | 60 | 25.50 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 023: Análisis de Tormenta – Tabulación 2011

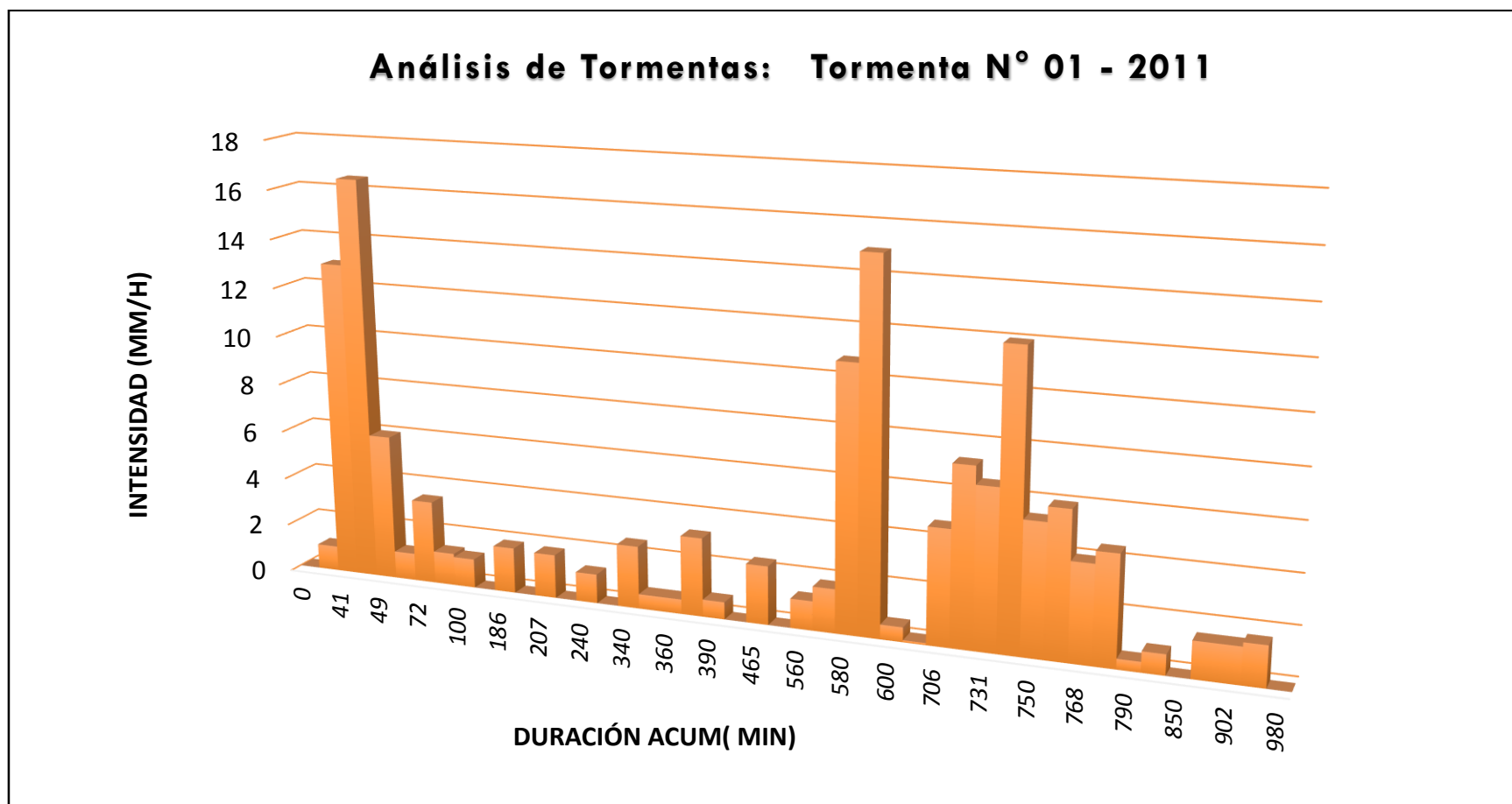


Gráfico N° 02: Hietograma Tormenta 2011

Fuente: Elaboración Propia – 2014

| Análisis de Tormentas: Tabulación | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (6) | |
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 10:00:00 a.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 10:05:00 a.m. | 5 | 5 | 0.20 | 0.20 | 0.040 | 2.40 |
| 11:03:00 a.m. | 63 | 58 | 0.20 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 11:12:00 a.m. | 72 | 9 | 0.40 | 0.20 | 0.022 | 1.33 |
| 11:15:00 a.m. | 75 | 3 | 0.70 | 0.30 | 0.100 | 6.00 |
| 11:21:00 a.m. | 81 | 6 | 0.70 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 11:24:00 a.m. | 84 | 3 | 1.00 | 0.30 | 0.100 | 6.00 |
| 11:30:00 a.m. | 90 | 6 | 1.10 | 0.10 | 0.017 | 1.00 |
| 12:17:00 p.m. | 137 | 47 | 1.10 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 12:30:00 p.m. | 150 | 13 | 2.20 | 1.10 | 0.085 | 5.08 |
| 12:36:00 p.m. | 156 | 6 | 3.20 | 1.00 | 0.167 | 10.00 |
| 12:40:00 p.m. | 160 | 4 | 3.40 | 0.20 | 0.050 | 3.00 |
| 01:00:00 p.m. | 180 | 20 | 3.40 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 01:10:00 p.m. | 190 | 10 | 8.80 | 5.40 | 0.540 | 32.40 |
| 03:00:00 p.m. | 300 | 110 | 9.30 | 0.50 | 0.005 | 0.27 |
| 03:07:00 p.m. | 307 | 7 | 9.80 | 0.50 | 0.071 | 4.28 |
| 03:45:00 p.m. | 345 | 38 | 10.00 | 0.20 | 0.005 | 0.32 |
| 04:20:00 p.m. | 380 | 35 | 10.20 | 0.20 | 0.006 | 0.34 |
| 04:27:00 p.m. | 387 | 7 | 10.30 | 0.10 | 0.014 | 0.86 |
| 04:30:00 p.m. | 390 | 3 | 10.80 | 0.50 | 0.167 | 10.00 |
| 04:50:00 p.m. | 410 | 20 | 11.30 | 0.50 | 0.025 | 1.50 |
| 04:54:00 p.m. | 414 | 4 | 11.60 | 0.30 | 0.075 | 4.50 |
| 05:00:00 p.m. | 420 | 6 | 11.80 | 0.20 | 0.033 | 2.00 |
| 05:20:00 p.m. | 440 | 20 | 11.80 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 05:30:00 p.m. | 450 | 10 | 12.20 | 0.40 | 0.040 | 2.40 |
| 05:48:00 p.m. | 468 | 18 | 12.70 | 0.50 | 0.028 | 1.67 |
| 06:10:00 p.m. | 490 | 22 | 13.00 | 0.30 | 0.014 | 0.82 |
| 06:20:00 p.m. | 500 | 10 | 13.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 06:42:00 p.m. | 522 | 22 | 14.20 | 1.20 | 0.055 | 3.27 |
| 07:10:00 p.m. | 550 | 28 | 14.30 | 0.10 | 0.004 | 0.22 |
| 07:26:00 p.m. | 566 | 16 | 15.00 | 0.70 | 0.044 | 2.63 |
| 07:40:00 p.m. | 580 | 14 | 16.30 | 1.30 | 0.093 | 5.57 |
| 07:53:00 p.m. | 593 | 13 | 17.00 | 0.70 | 0.054 | 3.23 |
| 08:00:00 p.m. | 600 | 7 | 17.10 | 0.10 | 0.014 | 0.86 |
| 08:10:00 p.m. | 610 | 10 | 17.10 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 08:30:00 p.m. | 630 | 20 | 17.30 | 0.20 | 0.010 | 0.60 |
| 08:40:00 p.m. | 640 | 10 | 17.50 | 0.20 | 0.020 | 1.20 |
| 08:50:00 p.m. | 650 | 10 | 17.90 | 0.40 | 0.040 | 2.40 |
| 09:00:00 p.m. | 660 | 10 | 18.00 | 0.10 | 0.010 | 0.60 |
| 03:00:00 a.m. | 1020 | 360 | 19.00 | 1.00 | 0.003 | 0.17 |
| 03:32:00 a.m. | 1052 | 32 | 19.40 | 0.40 | 0.013 | 0.75 |
| 05:35:00 a.m. | 1175 | 123 | 19.40 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 06:35:00 a.m. | 1235 | 60 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Tabla N° 024: Análisis de Tormenta – Tabulación Año 2012

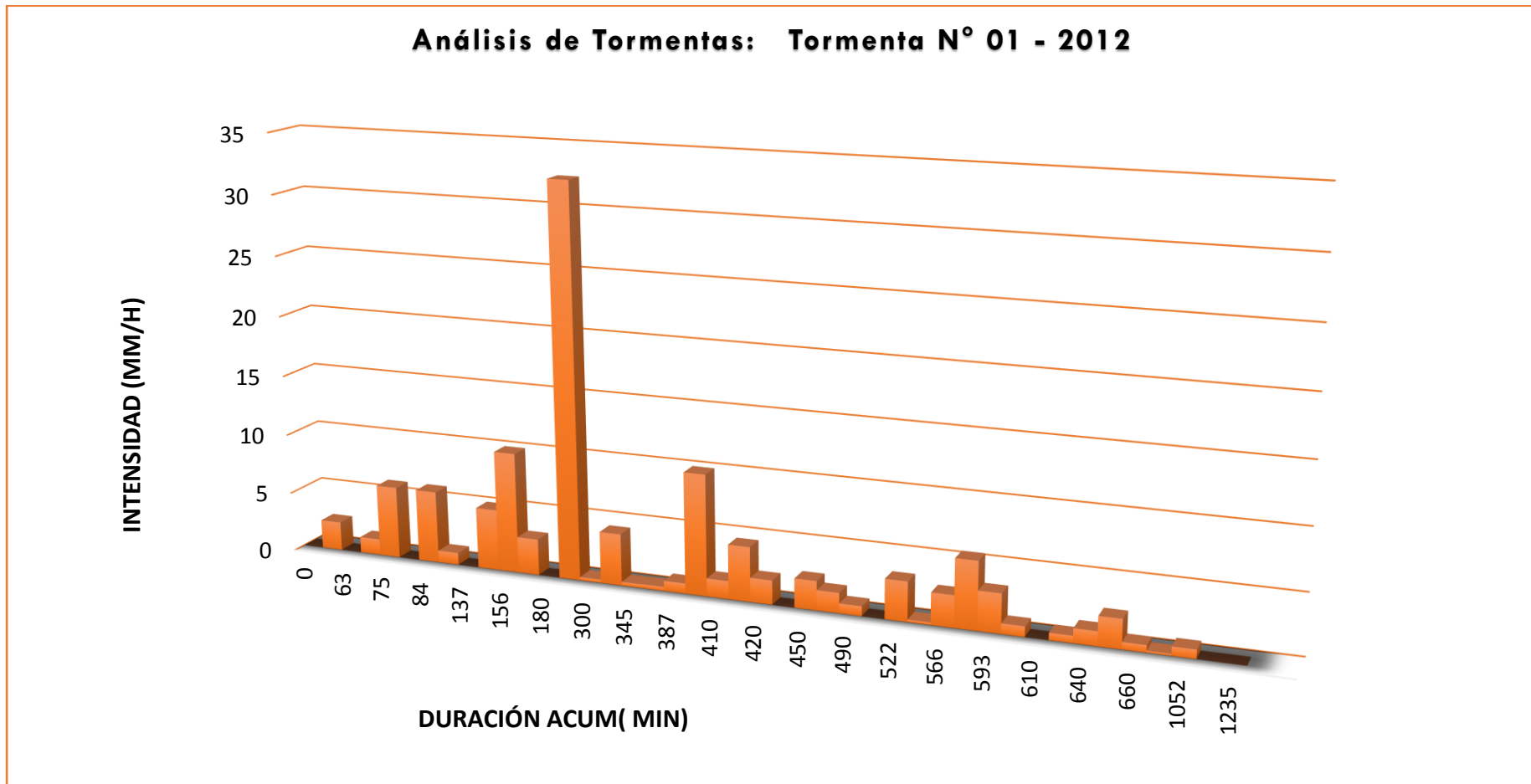


Gráfico N° 024: Hietograma Tormenta 2012

Fuente: Elaboración Propia – 2014

- *Cálculo de las Intensidades Máximas para 5 minutos; 10 minutos; 15 minutos; 30 minutos; 60 minutos; 120 minutos; 180 minutos; 360 minutos; 720 minutos; 1440 minutos.*

Luego de obtener los datos mostrados en las tablas “Análisis de Tormenta Tabulación”, el siguiente paso consiste en determinar las intensidades máximas por diferentes intervalos de tiempo para esto se procede de la siguiente manera:

Determinar la Intensidad Máxima para 30 minutos:

- Agrupamos los tramos consecutivos de la columna “Hora (1)” en intervalos de 30 minutos, tomando como ejemplo la Tabla N° 024 tendríamos:

Para los 30 primeros minutos (10:00 am – 10:30 am)

| Hora (1) | Tiempo Acumulado (min) (3) | Intervalo de tiempo (min)(2) | Lluvia acumulada (5) | Lluvia Parcial (4) | Intensidad (6) | |
|---------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|--------------|
| | | | | | (mm/min) (6-A) | (mm/h) (6-B) |
| 10:00:00 a.m. | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |
| 10:05:00 a.m. | 5 | 5 | 0.20 | 0.20 | 0.040 | 2.40 |
| 11:03:00 a.m. | 63 | 58 | 0.20 | 0.00 | 0.000 | 0.00 |

Como se observa en el cuadro anterior de las 10:00 am – a las 10:05 am tenemos un intervalo de 5 min y una intensidad de 2.4 mm/h.

Para las 10:05 am – a las 10:30 am tenemos un intervalo de tiempo de 25 minutos y una intensidad de 0.0 mm/h, con estos datos procedemos analizar las intensidades:

$$Intensidad = \frac{(5 \times 2.4) + (25 \times 0)}{(5 + 25)} = 0.006 \frac{mm}{min} = 0.4 \frac{mm}{h}$$

- ✚ El valor de 0.4 mm/h es la máxima intensidad en los primeros 30 minutos de nuestra tormenta.

Para los 30 minutos siguientes (10:05 am – 10:35 am)

Para este caso tendríamos que de las 10:05 am a las 10:35 tendríamos una intensidad de 0.0 mm/h por lo tanto para este intervalo tendríamos una intensidad de 0.0 mm/h.

- ❖ Así se procede con el resto de intervalos, hasta completar toda la duración de la tormenta.
- ❖ Luego de obtener las máximas intensidades se las promedia para hallar la intensidad máximas en 30 minutos.

❖ Este procedimiento se repetirá para las intensidades 5 minutos, 10 minutos, etc.

➤ Intensidades Máximas para 2003

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 27.26 | 17.83 | 13.89 | 8.17 | 5.35 | 4.04 | 3.36 | 1.41 | 1.62 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2004

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 110.00 | 92.50 | 64.17 | 33.95 | 24.73 | 12.36 | 8.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2005

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 6.67 | 6.33 | 5.75 | 5.16 | 3.86 | 3.16 | 2.71 | 2.05 | 1.67 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2006

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 39.00 | 25.50 | 17.63 | 10.35 | 6.42 | 4.59 | 3.67 | 1.97 | 0.00 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2007

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 15.43 | 15.43 | 10.95 | 5.48 | 2.76 | 2.26 | 1.81 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2008

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 36.00 | 25.00 | 21.33 | 14.64 | 10.09 | 7.58 | 7.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2009

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 85.50 | 51.15 | 36.10 | 29.38 | 17.00 | 8.76 | 6.67 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2010

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 27.00 | 27.00 | 26.57 | 24.86 | 17.20 | 10.97 | 8.74 | 4.50 | 2.38 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2011

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 16.50 | 15.00 | 13.60 | 9.20 | 7.10 | 5.30 | 4.36 | 2.98 | 1.73 | 0.00 |

➤ Intensidades Máximas para 2012

| Intensidad (5 min.) | Intensidad (10 min.) | Intensidad (15 min.) | Intensidad (30 min.) | Intensidad (60 min.) | Intensidad (120 min.) | Intensidad (180 min.) | Intensidad (360 min.) | Intensidad (720 min.) | Intensidad (1440 min.) |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 32.40 | 32.40 | 21.69 | 10.98 | 7.78 | 4.21 | 2.96 | 1.42 | 1.50 | 0.00 |

Tabla N° 25: Intensidades Máximas para 5; 10; 15; 30; 60; 120; 280; 360; 720 y 1440 min.

3.3. Modelación Hidráulica

Con los datos obtenidos y que se muestran en la Tabla N° 025 del análisis de tormenta completamos la tabla de intensidades máximas obtenidas del Estudio hidrológico aplicado al drenaje de carreteras F. Huamán, F. Alva. UNC, Perú 1999), obteniendo:

| Nº Años | Año | 5 min. | 10 min. | 30 min. | 60 min. | 120 min. | |
|---------|------|--------|---------|---------|---------|----------|---|
| 1 | 1973 | 101.0 | 71.0 | 24.0 | 14.0 | 11.0 | <i>Intensidades Máximas Obtenidas del Estudio hidrológico aplicado al drenaje de carreteras F. Huamán, F. Alva. UNC, Perú 1999)</i> |
| 2 | 1974 | 73.0 | 58.0 | 34.0 | 18.0 | 19.0 | |
| 3 | 1975 | 90.0 | 50.0 | 24.0 | 16.0 | 10.0 | |
| 4 | 1976 | 68.0 | 63.0 | 37.0 | 19.0 | 9.0 | |
| 5 | 1977 | 65.0 | 53.0 | 37.0 | 21.0 | 11.0 | |
| 6 | 1978 | 26.0 | 24.0 | 21.0 | 12.0 | 6.0 | |
| 7 | 1979 | 60.0 | 60.0 | 38.0 | 23.0 | 14.0 | |
| 8 | 1980 | 73.0 | 60.1 | 33.8 | 21.1 | 9.3 | |
| 9 | 1981 | 67.2 | 54.8 | 29.1 | 15.5 | 13.0 | |
| 10 | 1982 | 88.29 | 75.2 | 37.2 | 23.1 | 13.3 | |
| 11 | 1983 | 75.30 | 50.4 | 31.4 | 23.7 | 14.0 | |
| 12 | 1984 | 112.80 | 71.8 | 27.6 | 15.6 | 9.8 | |
| 13 | 1985 | 59.31 | 54.4 | 25.6 | 14.7 | 8.1 | |
| 14 | 1986 | 84.60 | 65.4 | 30.1 | 15.6 | 8.2 | |
| 15 | 1987 | 76.00 | 49.2 | 21.6 | 13.2 | 8.0 | |
| 16 | 1988 | 70.40 | 52.8 | 23.0 | 13.8 | 7.9 | |
| 17 | 1989 | 73.60 | 47.8 | 28.0 | 16.0 | 9.6 | |
| 18 | 1990 | 111.60 | 75.0 | 37.9 | 23.0 | 12.0 | |
| 19 | 1991 | 83.00 | 73.0 | 41.0 | 26.0 | 14.0 | |
| 20 | 1992 | 56.00 | 39.0 | 19.0 | 10.0 | 5.0 | |
| 21 | 1993 | 58.00 | 51.0 | 28.0 | 18.0 | 10.0 | |
| 22 | 1994 | 91.49 | 64.2 | 36.2 | 24.7 | 12.4 | |
| 23 | 1995 | 71.11 | 56.3 | 28.7 | 16.7 | 9.3 | |
| 24 | 1996 | 81.30 | 60.2 | 32.4 | 17.9 | 11.1 | |
| 25 | 1997 | 82.20 | 68.1 | 35.0 | 17.9 | 8.9 | |
| 26 | 1998 | 92.00 | 66.3 | 40.6 | 27.1 | 13.5 | |
| 27 | 1999 | 70.80 | 42.9 | 20.1 | 11.0 | 4.4 | |
| 28 | 2003 | 27.26 | 17.8 | 8.2 | 5.4 | 4.0 | <i>Intensidad obtenidas de Análisis de Tormenta Elaboración Propia</i> |
| 29 | 2004 | 110.00 | 92.5 | 34.0 | 34.0 | 17.0 | |
| 30 | 2005 | 6.67 | 6.3 | 5.2 | 3.9 | 3.2 | |
| 31 | 2006 | 39.00 | 25.5 | 10.3 | 6.4 | 4.6 | |
| 32 | 2007 | 15.43 | 15.4 | 5.5 | 2.8 | 2.3 | |
| 33 | 2008 | 36.00 | 25.0 | 14.6 | 10.1 | 7.6 | |
| 34 | 2009 | 85.50 | 51.2 | 29.4 | 17.0 | 8.8 | |
| 35 | 2010 | 27.00 | 27.0 | 24.9 | 17.2 | 11.0 | |
| 36 | 2011 | 16.50 | 15.0 | 9.2 | 7.1 | 5.3 | |
| 37 | 2012 | 32.40 | 32.4 | 11.0 | 7.8 | 4.2 | |

Tabla N° 026. Intensidades Máximas (mm/h) de la Estación WEBERBAWER

Para los datos de la tabla N° 026 de intensidades máximas escogeremos un modelo probabilístico a usar, que represente satisfactoriamente el comportamiento de la variable. Para utilizar estos modelos probabilísticos, se deben calcular sus parámetros y realizar la prueba de bondad de ajuste.

Si el ajuste es bueno, se puede utilizar la distribución elegida, una vez encontrada la ley de distribución que rige a las variables aleatorias, además, se podrá determinar con determinada probabilidad, la ocurrencia de una determinada magnitud de un fenómeno hidrometeorológico. También se podrá determinar la magnitud de un fenómeno para un determinado periodo de retorno.

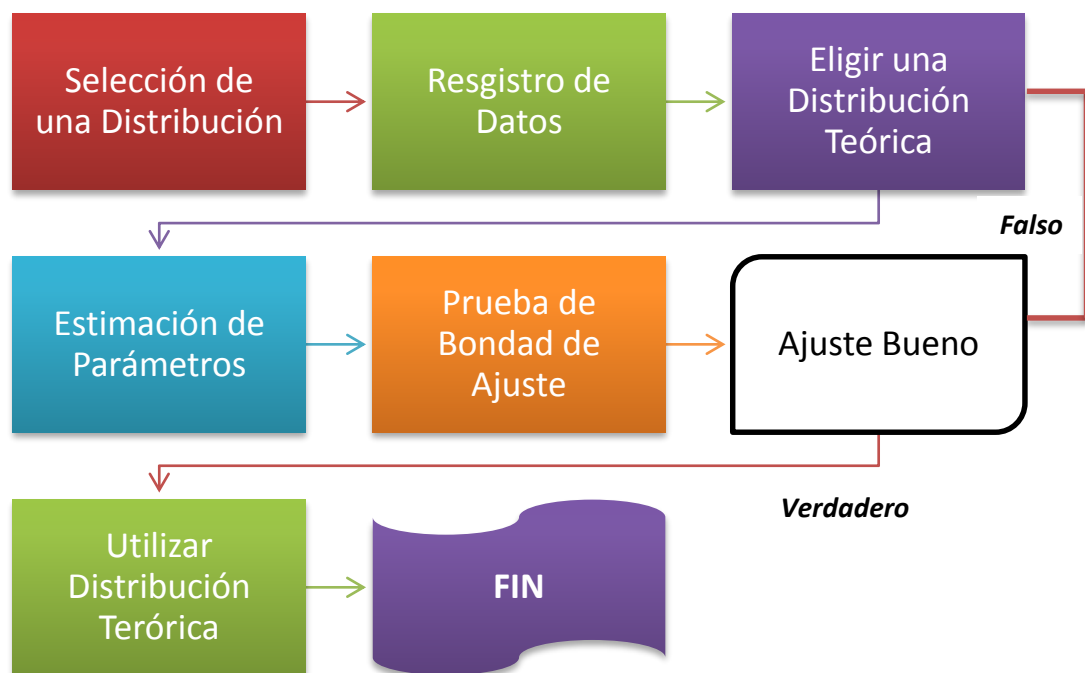


Gráfico N°25: Proceso de Selección de una distribución Teórica

Para realizar el proceso de selección de una distribución teórica nos apoyamos del programa HIDROESTA, obteniendo:

Por Ejemplo para 5 minutos:



Gráfico N° 047: Ajuste de la serie de 5 minutos a la Distribución Gumbel

| Modelo de distribución | Log Normal Dos Parámetros | Gamma Dos Parámetros | Gumbel | Log Gumbel |
|------------------------|---------------------------|----------------------|--------|--------------|
| 5 Minutos | 0.2171 | 0.1843 | 0.1874 | 0.2866 |
| 10 Minutos | No se Ajusta | 0.2043 | 0.2031 | 0.3004 |
| 30 Minutos | 0.174 | 0.1549 | 0.1726 | No se Ajusta |
| 60 Minutos | 0.1575 | 0.1309 | 0.1313 | No se Ajusta |
| 120 Minutos | 0.1432 | 0.1112 | 0.1031 | 0.2082 |

Tabla N° 027: Obtención de delta teórico mediante momentos ordinarios (Hidroesta)

Según el análisis de bondad de ajuste se terminó que la distribución que más se ajusta es la **"Gamma Dos Parámetros"**

| Caudales Generados para distintos periodos de retorno | | | | | | | | | |
|---|------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| Tr | Int. | 2 Años | 5 Años | 10 Años | 20 Años | 25 Años | 50 Años | 100 Años | 200 |
| 5 Minutos | | 60.59 | 92.25 | 112.38 | 130.97 | 136.72 | 154.05 | 170.73 | 186.87 |
| 10 Minutos | | 46.63 | 68.77 | 82.66 | 95.38 | 99.31 | 111.1 | 122.4 | 133.3 |
| 30 Minutos | | 24.41 | 35.76 | 42.86 | 49.36 | 51.36 | 57.38 | 63.14 | 68.69 |
| 60 Minutos | | 15.02 | 22.11 | 26.55 | 30.62 | 31.87 | 35.64 | 39.26 | 42.74 |
| 120 Minutos | | 8.86 | 12.64 | 14.97 | 17.1 | 17.75 | 19.7 | 21.57 | 23.36 |

Tabla N° 028: Caudales Generados para Distintos Periodos de Retorno

Luego para los periodos de retorno de 2 años y 10 años se obtuvo ecuaciones de las curvas representativas y se verifico el coeficiente de regresión lineal.

Para Dos Años

$$y = 177.44x^{-0.609}$$

$$R^2 = 0.9888$$

Para Diez Años

$$y = 337.56x^{-0.632}$$

$$R^2 = 0.9901$$

Como los R^2 son bastante cercanos a 1 se toma como una buena aproximación de las ecuaciones, luego para estos datos se procedió a definir el evento de diseño para ambos T y duración de 6h y 24 h (intensidad cte. y mediante el método de bloque alterno).

3.4. Hidrograma de Diseño

Primeramente se define la tormenta de diseño como un patrón de precipitación para la utilización en el diseño de un sistema hidrológico, la que conforma la entrada al sistema, y a través de este los caudales se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales.

Las tormentas de diseño se basan en información histórica de precipitación en un sitio o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. Su aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el Método Racional para determinar los caudales, hasta el uso de hietogramas de tormentas como las entradas para el análisis de lluvia-escorrentía.

HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO UTILIZANDO LAS CURVAS INTENSIDAD FRECUENCIA DURACIÓN (IFD)

En la aplicación del *método racional* hace muchos años, solo se utilizaba el caudal pico sin existir consideración alguna sobre el tiempo de distribución de caudales (el

hidrograma de caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (el hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, los que utilizan los análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables del hietograma de diseño para obtener los hidrogramas de diseño.

Método del bloque alterno

Es el método utilizado tradicionalmente en Cuba. Es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva IFD. El hietograma elaborado especifica la lámina de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración D_t sobre una duración total T_d .

De forma general, los pasos a seguir para el cálculo del hietograma de una lluvia a partir de las curvas IFD son:

- Selección del periodo de retorno: $T = 2$ y 10 años
- Selección de la Duración de la Lluvia: $T_d = 6$ h y 24 h.
- Intervalo de Tiempo: $t = 60$ minutos (Columna 1, Tabla N° 029, 030, 032 y 0.33)
- Se calculan las intensidades medias totales, evaluando cada uno de estos intervalos en la curva correspondiente. (Columna 2, , Tabla N° 029, 030, 032 y 0.33)

Ejemplo: Para $t = 60$ minutos

$$y = 177.44x^{-0.609}$$

$$y = 177.44(60)^{-0.609}$$

$$y = 14.7 \text{ mm/h}$$

- Se calculan las láminas totales multiplicando la intensidad por t . (Columna 3, , Tabla N° 029, 030, 032 y 0.33)

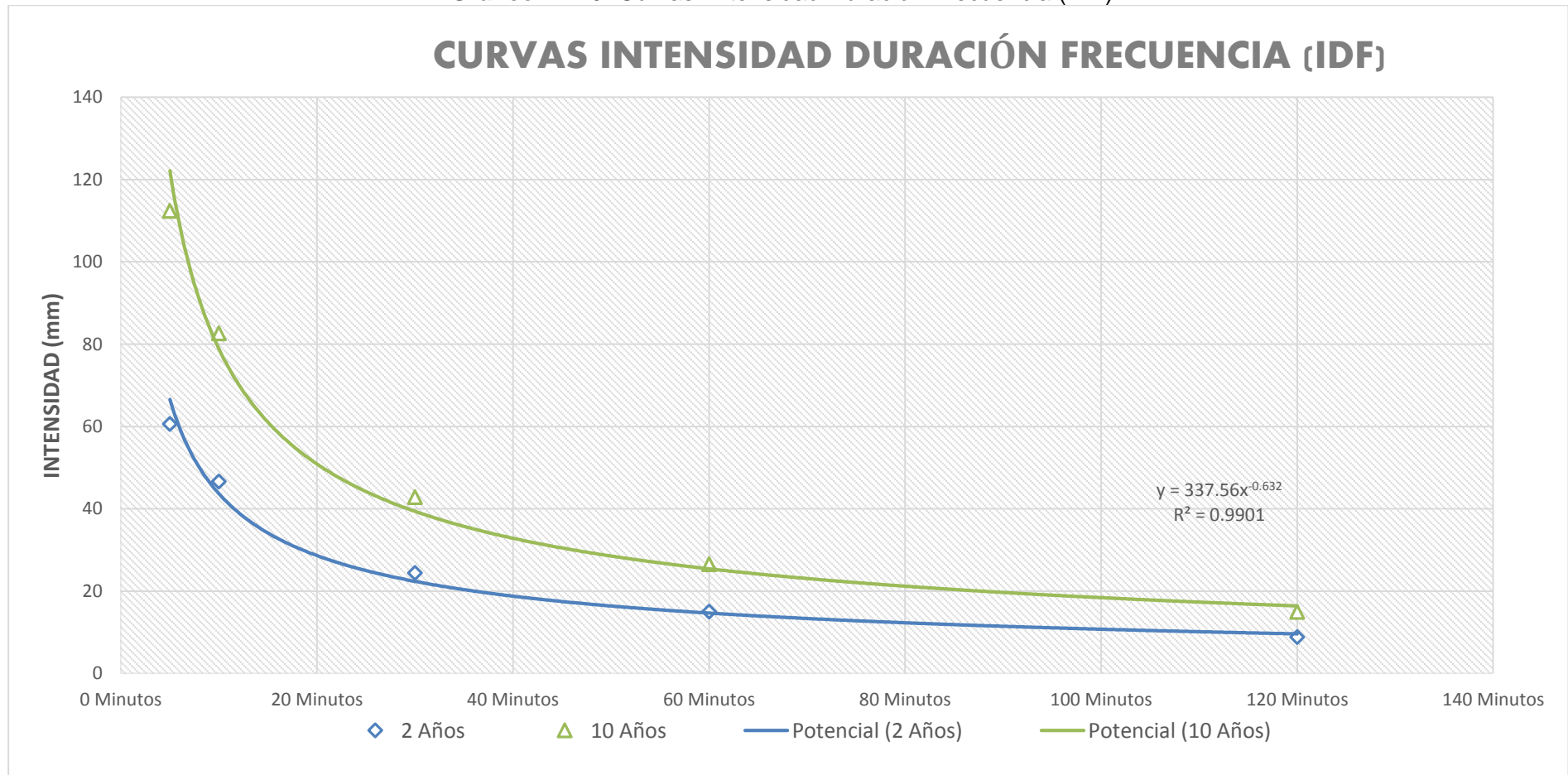
$$P(\text{mm}) = \frac{t \times l}{60} = \frac{60 \text{ min} \times 14.7 \text{ mm/h}}{60 \text{ min.}} = 14.7 \text{ mm}$$

$$P(\text{mm}) = \frac{t \times l}{60} = \frac{120 \text{ min} \times 9.6 \text{ mm/h}}{60 \text{ min.}} = 19.2 \text{ mm}$$

- Se calculan las láminas por intervalos como la diferencia entre los valores sucesivos de lámina de precipitación total. (Columna 4, Tabla N° 029, 030, 032 y 0.33).

De la misma manera se procede para $T = 2$ y 10 años, de 6 y 24 horas.

Gráfico N° 26: Curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF)



Fuente: Elaboración Propia

- ① Deseamos confeccionar un hidrograma de un aguacero de 6 horas con incrementos de 1 hora. Se trata por tanto de 360 minutos repartidos en 6 intervalos de 60 minutos

Para el periodo de retorno de 2 años $y = 177.44x^{-0.609}$

| <i>t(min)</i> <i>(1)</i> | <i>l(mm/h)</i> <i>(2)</i> | <i>P(mm)</i> <i>(3)</i> | ΔP <i>(4)</i> |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 60 | 14.7 | 14.7 | 14.7 |
| 120 | 9.6 | 19.2 | 4.6 |
| 180 | 7.5 | 22.5 | 3.3 |
| 240 | 6.3 | 25.2 | 2.7 |
| 300 | 5.5 | 27.5 | 2.3 |
| 360 | 4.9 | 29.5 | 2.0 |

Tabla N° 029: Datos Hidrograma de Aguacero de 2 años periodo de retorno de 6 horas con incrementos de 1 hora.

Para el periodo de retorno de 10 años $y = 377.56x^{-0.632}$

| <i>t(min)</i> | <i>l(mm/h)</i> | <i>P(mm)</i> | ΔP |
|---------------|----------------|--------------|-------------|
| 60 | 25.4 | 25.4 | 25.4 |
| 120 | 16.4 | 32.8 | 7.4 |
| 180 | 12.7 | 38.0 | 5.3 |
| 240 | 10.6 | 42.3 | 4.2 |
| 300 | 9.2 | 45.9 | 3.6 |
| 360 | 8.2 | 49.1 | 3.2 |

Tabla N° 030: Datos Hidrograma de Aguacero de 10 años periodo de retorno de 6 horas con incrementos de 1 hora.

✚ Distribución a través del método de bloque alterno centrado.

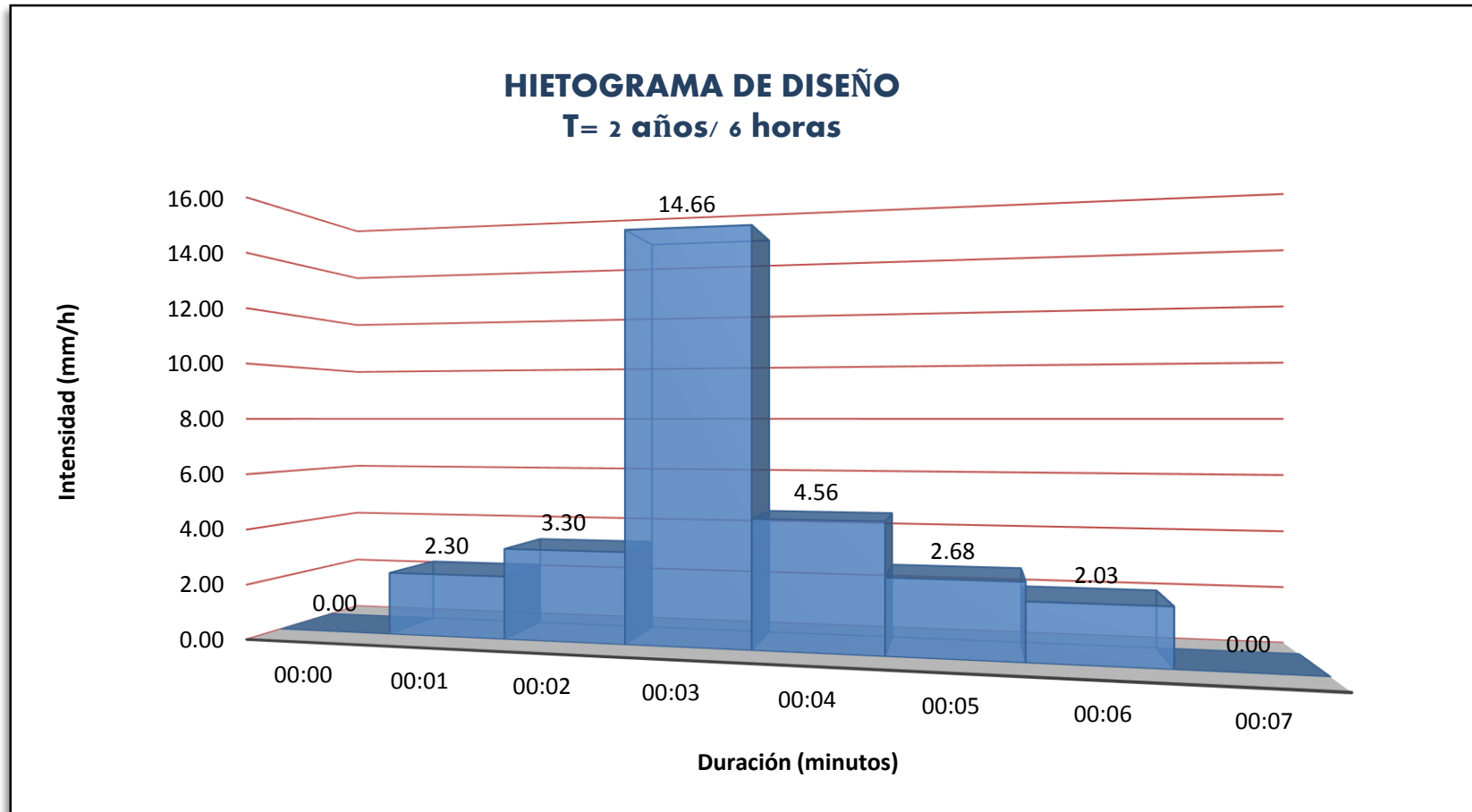
| T= 2 años/ 6 horas | |
|--------------------|---------|
| Tiempo | I(mm/h) |
| 00:00 | 0.00 |
| 00:01 | 2.30 |
| 00:02 | 3.30 |
| 00:03 | 14.66 |
| 00:04 | 4.56 |
| 00:05 | 2.68 |
| 00:06 | 2.03 |
| 00:07 | 0.00 |

| T= 10 años/ 6 horas | |
|---------------------|---------|
| Tiempo | I(mm/h) |
| 00:00 | 0.00 |
| 00:01 | 3.62 |
| 00:02 | 5.27 |
| 00:03 | 25.38 |
| 00:04 | 7.38 |
| 00:05 | 4.25 |
| 00:06 | 3.19 |
| 00:07 | 0.00 |

Tabla N° 031: Distribución a través del método de bloque alterno centrado para T = 2; 10 años/6 horas.

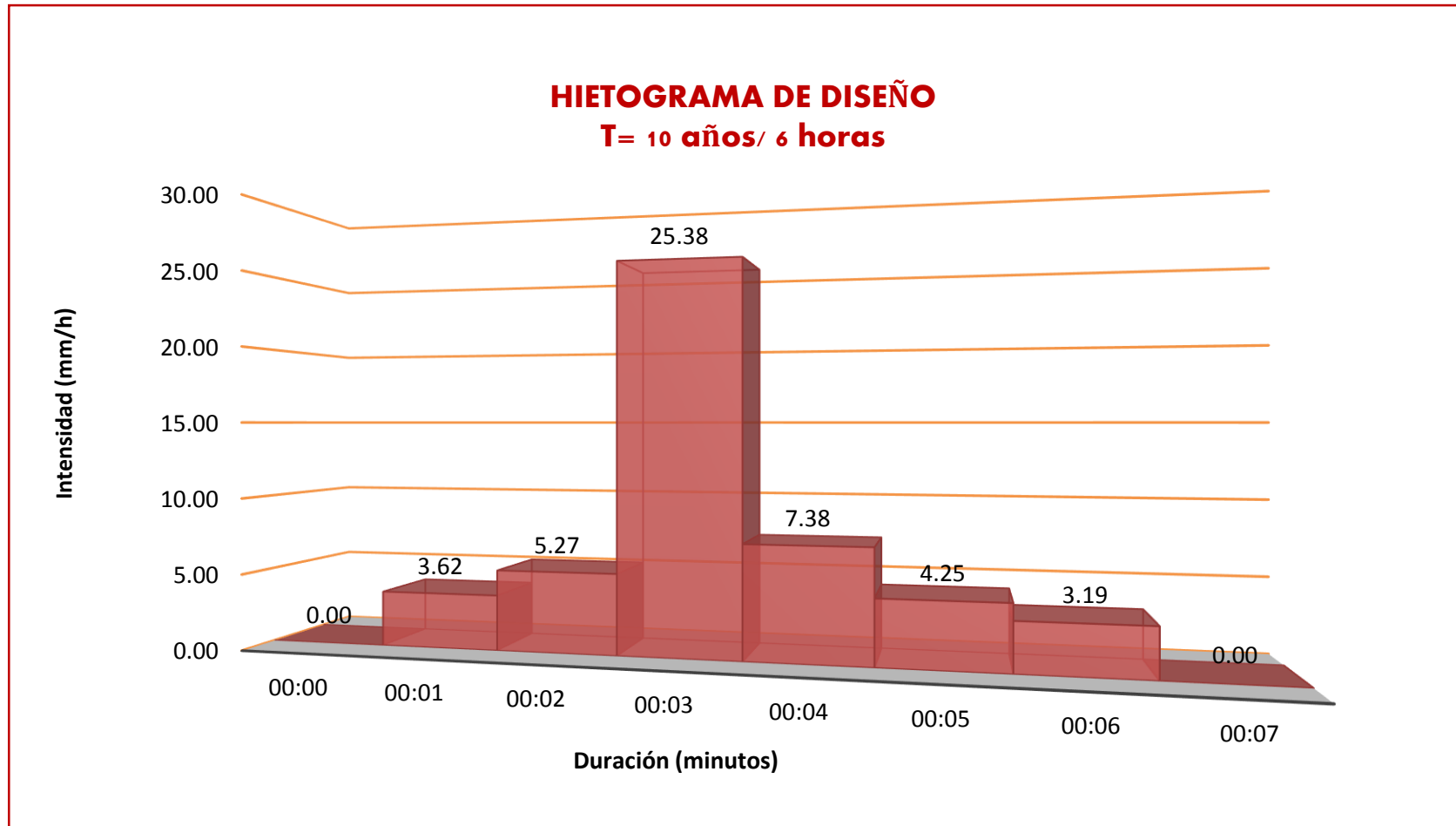
Como en realidad, los aguaceros no se comportan de mayor a menor, ya que se caracterizan por comenzar con poca intensidad, aumentar en el tiempo medio y disminuir en el final; los hietogramas obtenidos a partir de las curvas se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

Gráfico N° 27: Hietograma de Diseño para T = 2 años /6 horas



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 28: Hietograma de Diseño para T = 10 años /6 horas



Fuente: Elaboración Propia

② Deseamos confeccionar un hietograma de un aguacero de 24 horas con incrementos de 1 hora. Se trata por tanto de 1440 minutos repartidos en 24 intervalos

Para el periodo de retorno de 2 años $y = 177.44x^{-0.609}$

| t(min) | l(mm/h) | P(mm) | ΔP | t(min) | l(mm/h) | P(mm) | ΔP |
|--------|---------|-------|-------------|--------|---------|-------|-------------|
| 60 | 14.7 | 14.7 | 14.7 | 780 | 3.1 | 40.0 | 1.23 |
| 120 | 9.6 | 19.2 | 4.6 | 840 | 2.9 | 41.1 | 1.18 |
| 180 | 7.5 | 22.5 | 3.3 | 900 | 2.8 | 42.3 | 1.12 |
| 240 | 6.3 | 25.2 | 2.7 | 960 | 2.7 | 43.3 | 1.08 |
| 300 | 5.5 | 27.5 | 2.3 | 1020 | 2.6 | 44.4 | 1.04 |
| 360 | 4.9 | 29.5 | 2.0 | 1080 | 2.5 | 45.4 | 1.00 |
| 420 | 4.5 | 31.4 | 1.8 | 1140 | 2.4 | 46.4 | 0.97 |
| 480 | 4.1 | 33.1 | 1.7 | 1200 | 2.4 | 47.3 | 0.94 |
| 540 | 3.8 | 34.6 | 1.6 | 1260 | 2.3 | 48.2 | 0.91 |
| 600 | 3.6 | 36.1 | 1.5 | 1320 | 2.2 | 49.1 | 0.88 |
| 660 | 3.4 | 37.4 | 1.4 | 1380 | 2.2 | 50.0 | 0.86 |
| 720 | 3.2 | 38.7 | 1.3 | 1440 | 2.1 | 50.8 | 0.84 |

Tabla N° 032: Datos Hietograma de Aguacero de 2 años periodo de retorno de 24 horas con incrementos de 1 hora.

Para el periodo de retorno de 10 años $y = 377.56x^{-0.632}$

| t(min) | l(mm/h) | P(mm) | ΔP | t(min) | l(mm/h) | P(mm) | ΔP |
|--------|---------|-------|-------------|--------|---------|-------|-------------|
| 60 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 780 | 5.0 | 65.2 | 1.89 |
| 120 | 16.4 | 32.8 | 7.4 | 840 | 4.8 | 67.0 | 1.80 |
| 180 | 12.7 | 38.0 | 5.3 | 900 | 4.6 | 68.8 | 1.72 |
| 240 | 10.6 | 42.3 | 4.2 | 960 | 4.4 | 70.4 | 1.65 |
| 300 | 9.2 | 45.9 | 3.6 | 1020 | 4.2 | 72.0 | 1.59 |
| 360 | 8.2 | 49.1 | 3.2 | 1080 | 4.1 | 73.5 | 1.53 |
| 420 | 7.4 | 51.9 | 2.9 | 1140 | 3.9 | 75.0 | 1.48 |

| | | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|
| 480 | 6.8 | 54.6 | 2.6 | 1200 | 3.8 | 76.4 | 1.43 |
| 540 | 6.3 | 57.0 | 2.4 | 1260 | 3.7 | 77.8 | 1.38 |
| 600 | 5.9 | 59.2 | 2.3 | 1320 | 3.6 | 79.2 | 1.34 |
| 660 | 5.6 | 61.3 | 2.1 | 1380 | 3.5 | 80.5 | 1.31 |
| 720 | 5.3 | 63.3 | 2.0 | 1440 | 3.4 | 81.7 | 1.27 |

Tabla N° 033: Datos Hidrograma de Aguacero de 10 años periodo de retorno de 24 horas con incrementos de 1 hora.

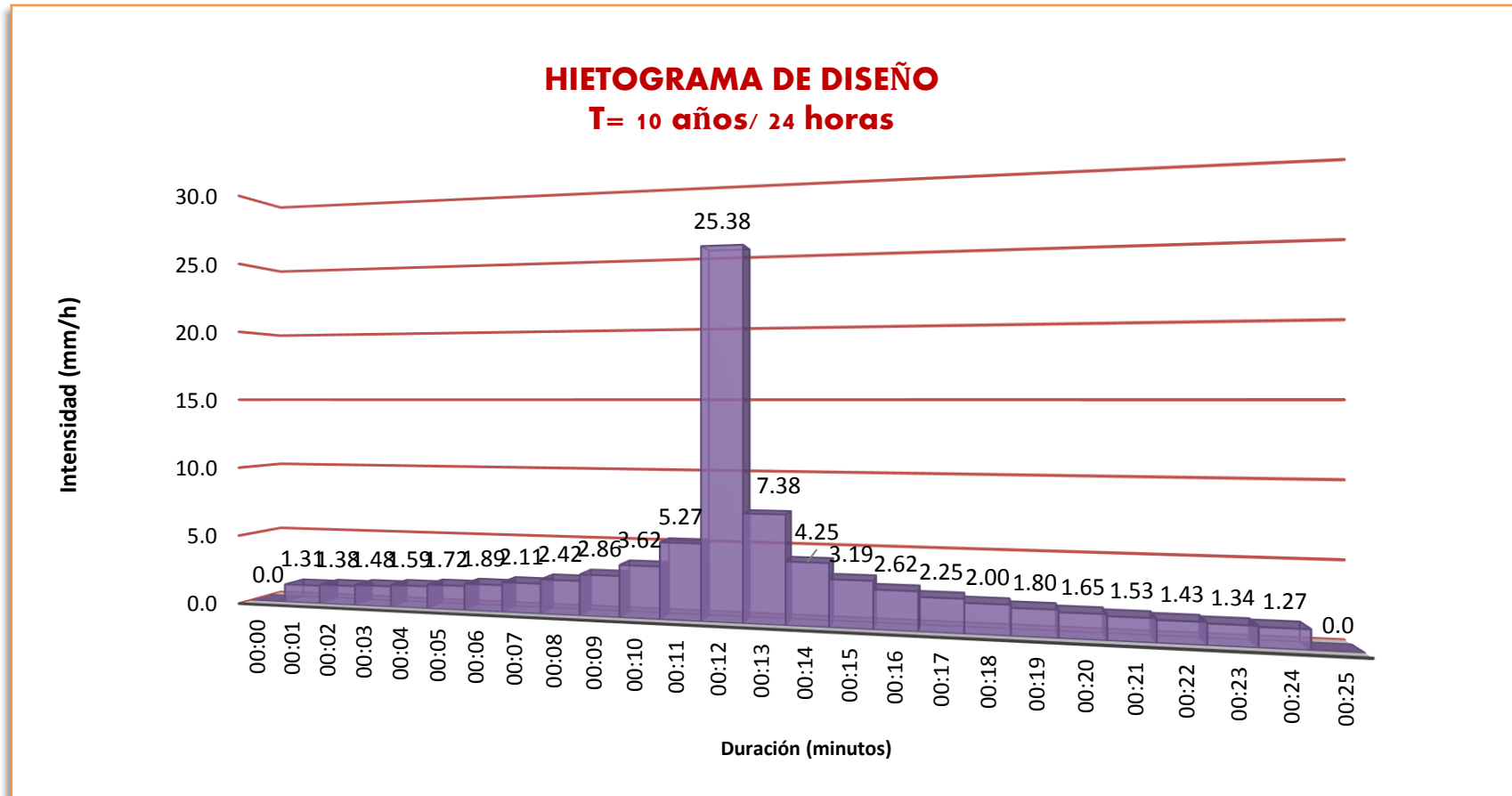
✚ Distribución a través del método de bloque alterno centrado.

| T= 2 años/ 24 horas | |
|---------------------|---------|
| Tiempo | I(mm/h) |
| 00:00 | 0.0 |
| 00:01 | 0.86 |
| 00:02 | 0.91 |
| 00:03 | 0.97 |
| 00:04 | 1.04 |
| 00:05 | 1.12 |
| 00:06 | 1.23 |
| 00:07 | 1.37 |
| 00:08 | 1.56 |
| 00:09 | 1.84 |
| 00:10 | 2.30 |
| 00:11 | 3.30 |
| 00:12 | 14.66 |
| 00:13 | 4.56 |
| 00:14 | 2.68 |
| 00:15 | 2.03 |
| 00:16 | 1.68 |
| 00:17 | 1.46 |
| 00:18 | 1.30 |
| 00:19 | 1.18 |
| 00:20 | 1.08 |
| 00:21 | 1.00 |
| 00:22 | 0.94 |
| 00:23 | 0.88 |
| 00:24 | 0.84 |
| 00:25 | 0.0 |

| T= 10 años/ 24 horas | |
|----------------------|---------|
| Tiempo | I(mm/h) |
| 00:00 | 0.0 |
| 00:01 | 1.31 |
| 00:02 | 1.38 |
| 00:03 | 1.48 |
| 00:04 | 1.59 |
| 00:05 | 1.72 |
| 00:06 | 1.89 |
| 00:07 | 2.11 |
| 00:08 | 2.42 |
| 00:09 | 2.86 |
| 00:10 | 3.62 |
| 00:11 | 5.27 |
| 00:12 | 25.38 |
| 00:13 | 7.38 |
| 00:14 | 4.25 |
| 00:15 | 3.19 |
| 00:16 | 2.62 |
| 00:17 | 2.25 |
| 00:18 | 2.00 |
| 00:19 | 1.80 |
| 00:20 | 1.65 |
| 00:21 | 1.53 |
| 00:22 | 1.43 |
| 00:23 | 1.34 |
| 00:24 | 1.27 |
| 00:25 | 0.0 |

Tabla N° 034: Distribución a través del método de bloque alterno centrado para T = 2; 10 años/6 horas.

Gráfico N° 29: Hietograma de Diseño para T = 10 años /24 horas



Fuente: Elaboración Propia

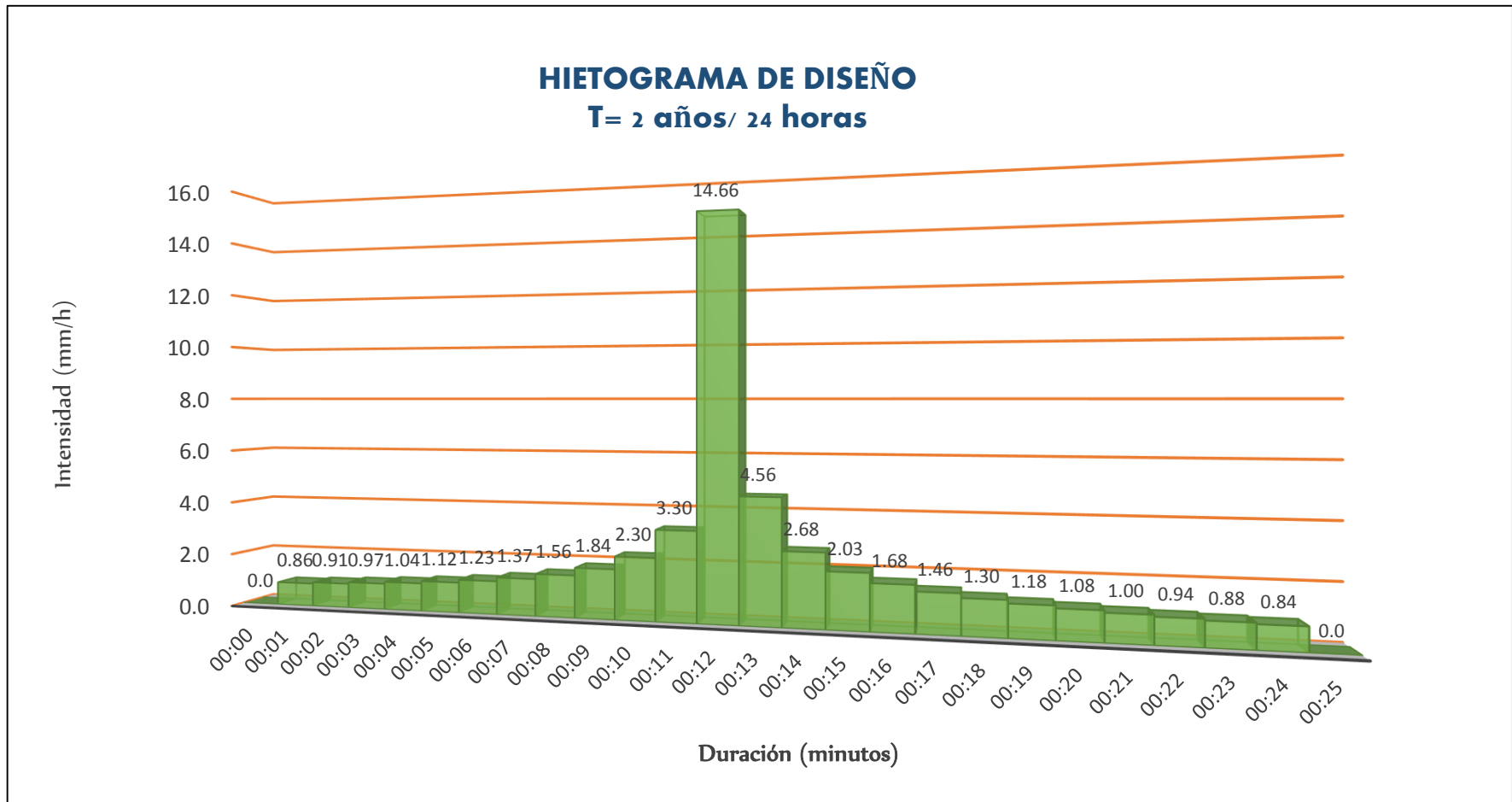


Gráfico N° 30: Hietograma de Diseño para T = 2 años / 24 horas

Fuente: Elaboración Propia

B. Ingreso del Modelo a SWMM

Este primer paso crearemos un modelo hidrológico de nuestra cuenca urbana y lo utilizaremos para determinar la escorrentía de las aguas pluviales post-condiciones de desarrollo. Tendremos que dividir el espacio de una cuenca en unidades de cómputo más pequeños, llamados sub-cuencas, y se analizan las características de estas sub-cuencas que SWMM utiliza para transformar la precipitación en escorrentía, se considera la transformación lluvia-escorrentía y procesos de flujo superficial.

En el Gráfico N° 31 se muestra la zona de estudio, para nuestro sistema las calles son de concreto, se ha establecido el sentido de escurrimiento superficial en las diferentes calles, los lotes residenciales serán calificados hacia la calle con una pendiente del 2%. El objetivo es estimar las descargas de aguas pluviales en nuestra calle. El enfoque típicamente empleado en los manuales de drenaje de aguas pluviales será utilizado, que consiste en calcular la respuesta hidrológica de la cuenca a una serie de tormentas de diseño sintéticos asociados a los diferentes periodos de retorno. Las tormentas de diseño utilizados aquí será para un evento de 6 horas con períodos de retorno de 2 y 10 años.

El aumento de la superficie impermeable y la reducción de la longitud del flujo superficial son los principales factores que influyen en la respuesta hidrológica de una cuenca cuando está urbanizada. La reducción de la superficie infiltrante crea escorrentía superficial adicional, así como los caudales máximos más altos y más rápidos.

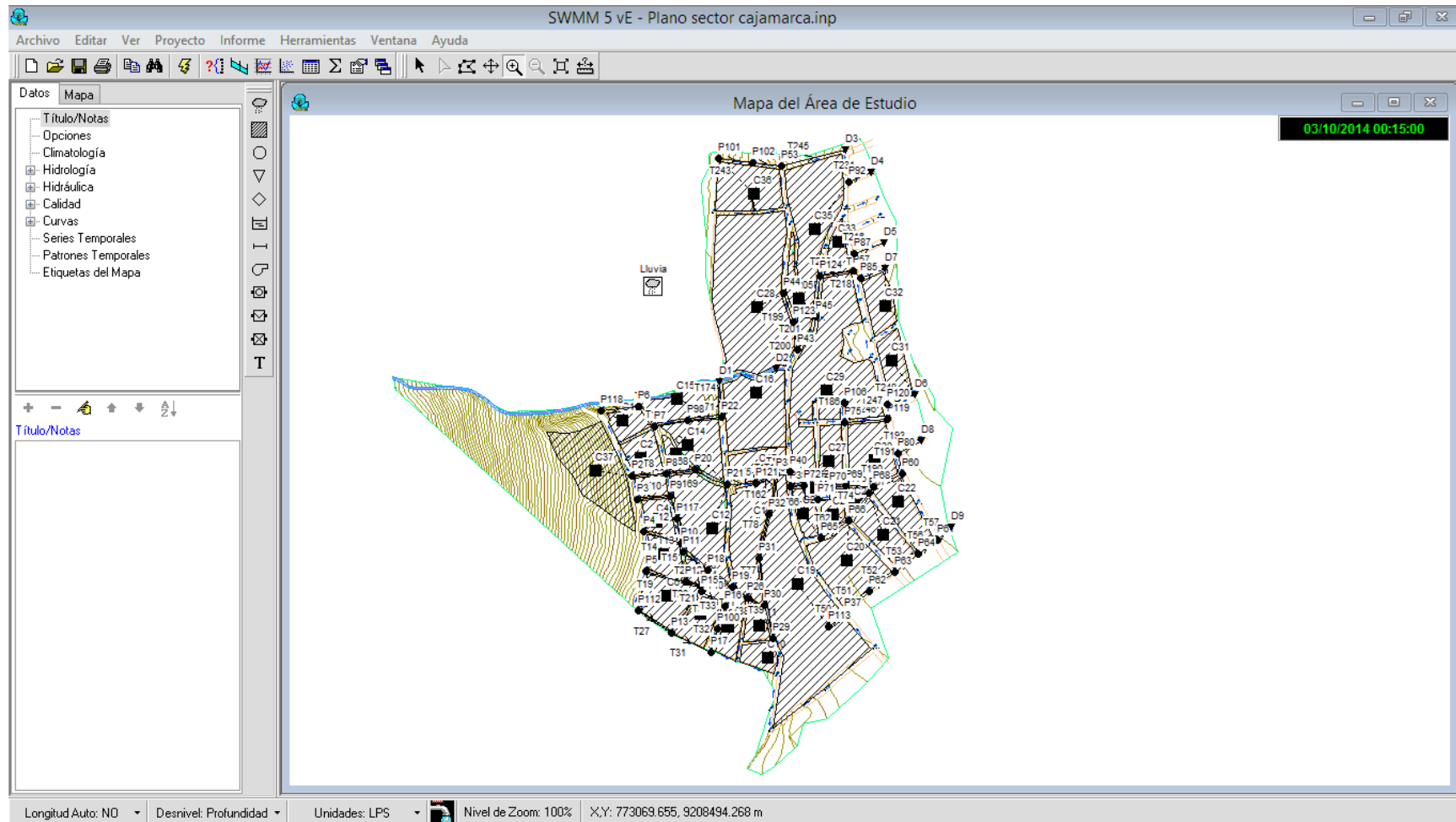


Gráfico N° 032: Zona de estudio delimitada y con sentido de flujo.

➤ Parámetros geométricos de las Sub - Cuencas

La Tabla N° 031, lista el área, longitud de la trayectoria de flujo, anchura, pendiente y la impermeabilidad de cada subcuenca. Las áreas se calcularon utilizando Auto-longitud de la herramienta de SWMM como el contorno de cada subcuenca se trazó en la imagen de fondo a escala.

| Sub - Cuenca | Área (ha) | Longitud de Flujo (m) | Ancho (m) | Pendiente (%) | Porcentaje Impermeable |
|--------------|-----------|-----------------------|-----------|---------------|------------------------|
| 1 | 0.25 | 152.4 | 16.40 | 2 | 41.60% |
| 2 | 0.35 | 11.97 | 292.40 | 2 | 54.29% |
| 3 | 0.16 | 12.50 | 128.00 | 2 | 72.50% |
| 4 | 0.28 | 9.830 | 284.84 | 2 | 56.21% |
| 5 | 0.33 | 152.4 | 21.65 | 2 | 32.73% |
| 6 | 0.60 | 152.4 | 39.37 | 2 | 44.00% |
| 7 | 0.38 | 21.68 | 175.28 | 2 | 31.05% |
| 8 | 0.33 | 9.200 | 358.70 | 2 | 50.91% |
| 9 | 0.24 | 6.510 | 368.66 | 2 | 40.00% |
| 10 | 0.24 | 18.62 | 128.89 | 2 | 22.50% |
| 11 | 0.22 | 18.24 | 120.61 | 2 | 68.11% |
| 12 | 1.14 | 14.12 | 807.37 | 2 | 42.63% |
| 13 | 0.13 | 11.31 | 114.94 | 2 | 35.20% |
| 14 | 0.63 | 14.89 | 423.10 | 2 | 43.81% |
| 15 | 0.55 | 17.58 | 312.86 | 2 | 47.11% |
| 16 | 1.21 | 19.77 | 612.04 | 2 | 56.69% |
| 17 | 0.43 | 12.04 | 357.14 | 2 | 33.95% |
| 18 | 1.01 | 10.53 | 959.16 | 2 | 35.25% |
| 19 | 3.20 | 13.80 | 2318.84 | 2 | 26.88% |
| 20 | 1.02 | 15.66 | 651.34 | 2 | 38.43% |
| 21 | 0.47 | 17.55 | 267.81 | 2 | 18.80% |
| 22 | 0.52 | 15.25 | 340.98 | 2 | 20.80% |
| 23 | 0.06 | 7.48 | 80.21 | 2 | 25.00% |
| 24 | 0.22 | 13.66 | 161.05 | 2 | 70.00% |
| 25 | 0.08 | 14.46 | 55.33 | 2 | 70.00% |
| 26 | 0.22 | 14.28 | 154.06 | 2 | 8.80% |
| 27 | 0.35 | 14.30 | 244.76 | 2 | 77.14% |
| 28 | 3.07 | 11.24 | 2731.32 | 2 | 72.20% |
| 29 | 2.55 | 18.16 | 1404.19 | 2 | 58.18% |
| 30 | 0.72 | 15.72 | 458.02 | 2 | 66.25% |
| 31 | 0.40 | 24.14 | 165.70 | 2 | 70.00% |
| 32 | 0.39 | 14.30 | 272.73 | 2 | 70.00% |
| 33 | 0.24 | 14.95 | 160.54 | 2 | 70.00% |
| 34 | 0.27 | 11.94 | 226.13 | 2 | 70.00% |
| 35 | 1.43 | 16.13 | 886.55 | 2 | 36.96% |
| 36 | 0.81 | 20.49 | 395.31 | 2 | 54.38% |
| 37 | 1.21 | 152.4 | 84.65 | 2 | 0.00% |

Tabla N° 035: Propiedades geométricas de las sub-cuencas en el sitio.

Cálculo del Ancho

El Gráfico N° 033 ilustra cómo se calcula el flujo de la longitud del trayecto por tierra para la subcuenca "C₂₂" la cual consiste en su totalidad de los lotes residenciales. Esta subcuenca se puede representar como un área rectangular con una longitud flujo superficial igual a la distancia desde la parte posterior de un lote típico a la mitad de la calle (15.5 m en este caso). Parámetro de anchura de SWMM puede entonces ser calculado como:

$$\text{Ancho}(C_{22}) = \frac{\text{Área } m^2}{\text{Longitud de Flujo por Tierra}} = \frac{5200 \text{ } m^2}{15.5 \text{ } m} = 335.48 \text{ } m$$

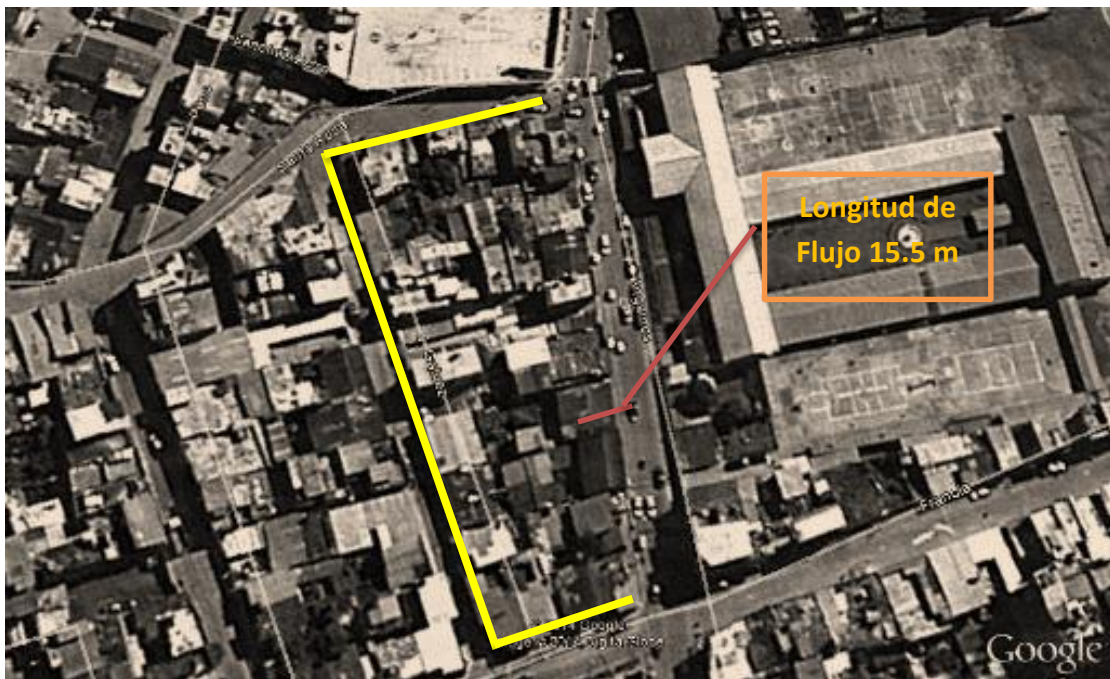


Gráfico N° 033: Definición de la longitud del flujo superficial y la pendiente para subcuenca C₂₂"



Gráfico N° 034: Definición de la longitud del flujo superficial y la pendiente para el resto de las Sub-cuencas.

Las pendientes que caracterizan el flujo superficial en sub-cuencas mayormente urbanizadas será la mayor pendiente, que es por lo general alrededor del 2%.

➤ Cálculo de la 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.

Cuando se aplica este método para el ejemplo actual se obtienen los resultados que figuran en las Tablas N° 035 y N° 036. Tabla N° 035 muestra las diferentes categorías de uso del suelo que aparecen en el sitio desarrollado junto con sus coeficientes de escorrentía.

| TIPO DE ÁREA | VALOR DE "C" | ID |
|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| a) <i>Comercial</i> | | C |
| <i>Centro de Ciudad</i> | <i>0.70 a 0.95</i> | <i>C – C</i> |
| <i>Alrededores</i> | <i>0.50 a 0.70</i> | <i>C - A</i> |
| b) <i>Residencial</i> | | R |
| <i>Unifamiliar</i> | | |
| <i>Multifamiliar</i> | <i>0.30 a 0.50</i> | <i>R – U</i> |
| <i>Separado</i> | <i>0.40 a 0.60</i> | <i>R – MS</i> |
| <i>Multifamiliar</i> | <i>0.60 a 0.75</i> | <i>R – MA</i> |
| <i>agrupados</i> | <i>0.25 a 0.40</i> | <i>R - SU</i> |
| <i>Sub urbana</i> | | |
| c) <i>Industrial</i> | | I |
| <i>Liviana</i> | <i>0.50 a 0.80</i> | <i>I – L</i> |
| <i>Pesada</i> | <i>0.60 a 0.90</i> | <i>I - P</i> |
| d) <i>Otros</i> | | O |
| <i>Parques y Cementerios</i> | <i>0.10 a 0.25</i> | <i>O – PC</i> |
| <i>Parques para juegos</i> | <i>0.20 a 0.35</i> | <i>O - PJ</i> |
| | | |
| TIPO DE SUPERFICIE | VALOR DE "C" | ID |
| a) <i>Pavimentos</i> | | P |
| <i>Asfalto o Concreto</i> | <i>0.70 a 0.95</i> | <i>P – AC</i> |
| <i>Ladrillos</i> | <i>0.70 a 0.95</i> | <i>P – L</i> |
| b) <i>Techos y Azoteas</i> | <i>0.70 a 0.95</i> | TA |
| c) <i>Caminos y Grava</i> | <i>0.30</i> | CG |
| d) <i>Áreas de Suelo Arenoso</i> | | ASA |
| <i>Llanas (2%)</i> | <i>0.05 a 0.10</i> | <i>ASA – LI</i> |
| <i>Medianas (2 a 7%)</i> | <i>0.10 a 0.15</i> | <i>ASA – M</i> |
| <i>Inclinadas (7% o más)</i> | <i>0.15 a 0.20</i> | <i>ASA - I</i> |
| e) <i>Áreas de Suelo Pesado</i> | | ASP |
| <i>Llanas (2%)</i> | <i>0.13 a 0.17</i> | <i>ASP – LI</i> |
| <i>Medianas (2 a 7%)</i> | <i>0.18 a 0.22</i> | <i>ASP – M</i> |
| <i>Inclinadas (7% o más)</i> | <i>0.25 a 0.35</i> | <i>ASP - I</i> |

Tabla N° 035: Coeficiente de Escorrentía según uso del suelo

| Sub - Cuenca | Áreas (ha) | Áreas | | | | | | | | | | | | | | Impermeabilidad (%) |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|------|---------|------|------------------------|
| | | C - C | C - A | R - U | R - MS | R - MA | R - SU | O - PC | O - PJ | P - AC | P - L | TA | CG | ASA - M | P | |
| C - 001 | 0.25 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.16 | ---- | ---- | ---- | 0.09 | ---- | ---- | ---- | 41.60% |
| C - 002 | 0.35 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.15 | ---- | ---- | ---- | 0.20 | ---- | ---- | ---- | 54.29% |
| C - 003 | 0.16 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.02 | ---- | ---- | ---- | 0.14 | ---- | ---- | ---- | 72.50% |
| C - 004 | 0.28 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.11 | ---- | ---- | ---- | 0.17 | ---- | ---- | ---- | 56.21% |
| C - 005 | 0.33 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.26 | ---- | ---- | ---- | 0.07 | ---- | ---- | ---- | 32.73% |
| C - 006 | 0.60 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.36 | ---- | ---- | ---- | 0.24 | ---- | ---- | ---- | 44.00% |
| C - 007 | 0.38 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.31 | ---- | ---- | ---- | 0.07 | ---- | ---- | ---- | 31.05% |
| C - 008 | 0.33 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.16 | ---- | ---- | ---- | 0.17 | ---- | ---- | ---- | 50.91% |
| C - 009 | 0.24 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.16 | ---- | ---- | ---- | 0.08 | ---- | ---- | ---- | 40.00% |
| C - 010 | 0.24 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.23 | ---- | ---- | ---- | 0.01 | ---- | ---- | ---- | 22.50% |
| C - 011 | 0.22 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.04 | ---- | ---- | ---- | 0.18 | ---- | ---- | ---- | 68.11% |
| C - 012 | 1.14 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.71 | ---- | ---- | ---- | 0.43 | ---- | ---- | ---- | 42.63% |
| C - 013 | 0.13 | ---- | ---- | 0.10 | ---- | ---- | ---- | 0.03 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 35.20% |
| C - 014 | 0.63 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.38 | ---- | ---- | ---- | 0.25 | ---- | ---- | ---- | 43.81% |
| C - 015 | 0.55 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.30 | ---- | ---- | ---- | 0.25 | ---- | ---- | ---- | 47.11% |
| C - 016 | 1.21 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.47 | ---- | ---- | ---- | 0.74 | ---- | ---- | ---- | 56.69% |
| C - 017 | 0.43 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.33 | ---- | ---- | ---- | 0.10 | ---- | ---- | ---- | 33.95% |
| C - 018 | 1.01 | ---- | ---- | 0.77 | ---- | ---- | ---- | 0.24 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 35.25% |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| C - 019 | 3.20 | ---- | ---- | 1.10 | ---- | ---- | ---- | 2.1 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 26.88% |
| C - 020 | 1.02 | ---- | ---- | 0.94 | ---- | ---- | ---- | 0.08 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 38.43% |
| C - 021 | 0.47 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.47 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 40.00% |
| C - 022 | 0.52 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.52 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 40.00% |
| C - 023 | 0.06 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.06 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 25.00% |
| C - 024 | 0.22 | ---- | 0.22 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 70.00% |
| C - 025 | 0.08 | ---- | 0.08 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 70.00% |
| C - 026 | 0.22 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.22 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 40.00% |
| C - 027 | 0.35 | ---- | 0.25 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.1 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 77.14% |
| C - 028 | 3.07 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.00 | ---- | ---- | 2.07 | ---- | ---- | ---- | ---- | 72.20% |
| C - 029 | 2.55 | ---- | 1.88 | ---- | ---- | ---- | 0.67 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 58.18% |
| C - 030 | 0.72 | ---- | 0.36 | 0.26 | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.1 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 66.25% |
| C - 031 | 0.40 | ---- | 0.40 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 70.00% |
| C - 032 | 0.39 | ---- | 0.39 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 70.00% |
| C - 033 | 0.24 | ---- | 0.24 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 70.00% |
| C - 034 | 0.27 | ---- | 0.27 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 70.00% |
| C - 035 | 1.43 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.14 | 0.29 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 36.96% |
| C - 036 | 0.81 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0.47 | ---- | ---- | 0.34 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 54.38% |
| C - 037 | 1.29 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 1.29 | ---- | ---- | 0.00% |

Tabla N° 037: Uso de la tierra (ha) y la impermeabilidad de sub-cuencas en el sitio desarrollado.

➤ Propiedades de las Sub-Cuencas

Las propiedades restantes de las sub-cuencas para el sitio (coeficientes de rugosidad, conservación de la depresión, y los parámetros de infiltración) se muestran en la tabla N° 038 y tabla N° 039:

| 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 <i>Bermuda</i> | 0.41 |
| Bosque | |
| Con cubierta ligera de arbustos | 0.40 |
| Con cubierta dense de arbustos | 0.80 |

Tabla N° 038 : Coeficiente de Manning para escorrentía superficial
Fuente : McCuen, R. et al. (1996), Hydrology, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC.

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

Tabla N° 039 : Valores Típicos de Almacenamiento en Depresión
Fuente : Fuente: ASCE, (1992), Design & Construction of Urban Stormwater Management Systems, New York

| Sub - Cuenca | Áreas (ha) | Coeficiente de Rugosidad (n) | | Almacenamiento Depresión (mm) | | % De área impermeable sin almacenamiento depresión |
|-----------------|------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|---|
| | | Impermeable | Permeable | Impermeable | Permeable | |
| C - 001 | 0.25 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 002 | 0.35 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 003 | 0.16 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 004 | 0.28 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 005 | 0.33 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 006 | 0.60 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 007 | 0.38 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 008 | 0.33 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 009 | 0.24 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 010 | 0.24 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 011 | 0.22 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 012 | 1.14 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 013 | 0.13 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 014 | 0.63 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 015 | 0.55 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 016 | 1.21 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 017 | 0.43 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 018 | 1.01 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 019 | 3.20 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 020 | 1.02 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 021 | 0.47 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 022 | 0.52 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 023 | 0.06 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 024 | 0.22 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 025 | 0.08 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 026 | 0.22 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 027 | 0.35 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 028 | 3.07 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 029 | 2.55 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 030 | 0.72 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 031 | 0.40 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 032 | 0.39 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 033 | 0.24 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 034 | 0.27 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 035 | 1.43 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 036 | 0.81 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |
| C - 037 | 1.29 | 0.014 | 0.15 | 1.25 | 2.5 | 25 |

Tabla N° 040: Propiedades de las sub-cuencas

Fuente: Elaboración Propia

C. Cálculo de la Capacidad Hidráulica Actual de la Calle (Av. Angamos y jr. Santa Rosa)

Durante una tormenta de fuerte intensidad, las calles con suaves pendiente se inundan. Debe permitirse la inundación de dichas calles, cada T años (T: periodo de retorno para la función complementaria); debido a esto, sabiendo qué caudal hidrológico se prevé en el extremo de aguas debajo de un tramo de calle o cuadra, es necesario determinar el caudal capaz de transportar la sección de la calle asumiendo que el flujo es normal. Generalmente en calles que aún están sin pavimentar, es fácil concebir la geometría concerniente al drenaje, considerando como secciones típicas las presentadas en los Gráficos N° 037 y N° 038 u otra asumida por el proyectista. En cualquier caso, la altura de la vereda es una variable asociada con la facilidad de abrir las puertas de los vehículos cerca de las veredas, la facilidad de salvar el desnivel por parte de ancianos y niños al cruzar la calle, etc. Una vez definida la altura de la vereda y el tipo de pavimento, se tiene la suficiente información para calcular la capacidad hidráulica de la calle.

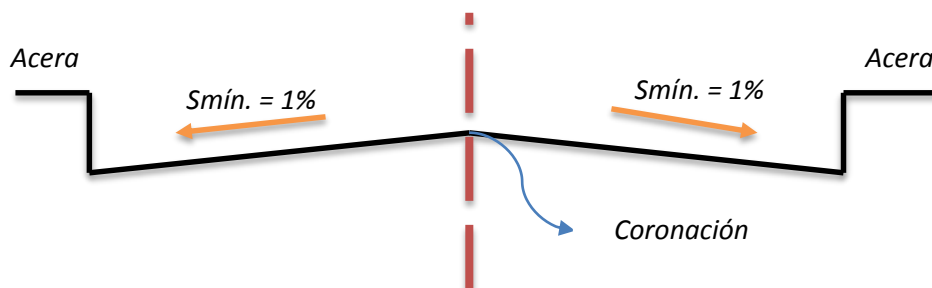


Gráfico N° 037: Sección Recomendable para calle con ancho menor a 8 m.

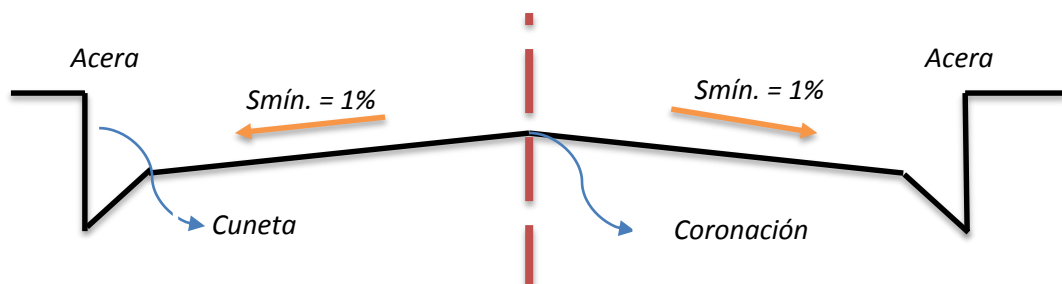


Gráfico N° 038: Sección Recomendable para calle mayor a 8 m.

En la Av. Angamos C - 9 tenemos las siguientes secciones:

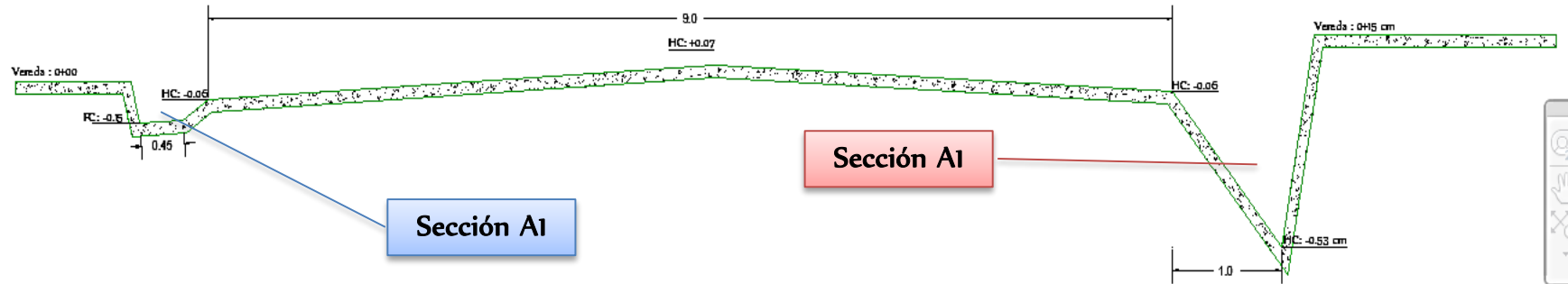


Gráfico N° 039: Sección Transversal Existente de la Av. Angamos C – 9

➤ **Sección A1:**

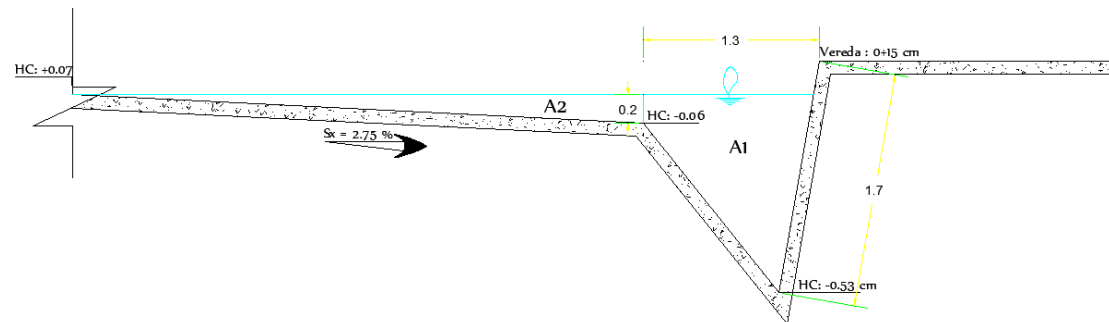


Gráfico N° 040: Lado derecho de la Av Angamos C - 9

➤ **Sección A2:**

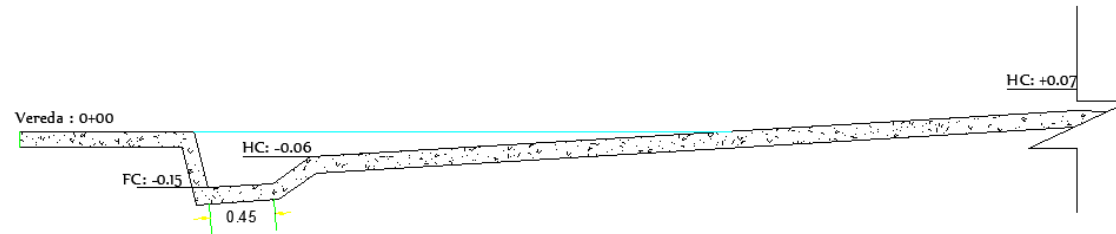


Gráfico N° 041: Lado Izquierdo de la Av. Angamos C - 9.

✚ **Capacidad Hidráulica Sección A1**

_ Fórmula de Manning para Flujo en canales abiertos.

$$Q = \frac{A}{n} (R)^{2/3} (S_0)^{1/2}$$

Donde

| | | | | |
|----------------|---|-------------------------------------|---|---------------------|
| Q | = | Caudal (L/s) | | |
| n | = | Coeficiente de Rugosidad de Manning | = | 0.017 |
| S ₀ | = | Pendiente Energética de la Calle | = | 0.002 |
| R | = | Radio Hidráulico | = | 0.20 m |
| A | = | Área | = | 1.50 m ² |

$$Q = \frac{1.5m^2}{0.017} (0.20m)^{2/3} (0.002)^{1/2} \quad \mathbf{Q = 1.35 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Capacidad Hidráulica Sección A2

_ Fórmula de Manning para Flujo en canales abiertos.

$$Q = \frac{A}{n} (R)^{2/3} (S_0)^{1/2}$$

| | | | | |
|----------------|---|-------------------------------------|---|--------------------|
| n | = | Coeficiente de Rugosidad de Manning | = | 0.017 |
| S _o | = | Pendiente Energética de la Calle | = | 0.002 |
| R | = | Radio Hidráulico | = | 0.11 m |
| A | = | Área | = | 0.4 m ² |

$$Q = \frac{0.4 \text{ m}^2}{0.017} (0.11\text{m})^{2/3} (0.002)^{1/2} \quad Q = 0.246 \text{ m}^3/\text{s}$$

En la Av. Angamos C - 8 tenemos las siguientes secciones:

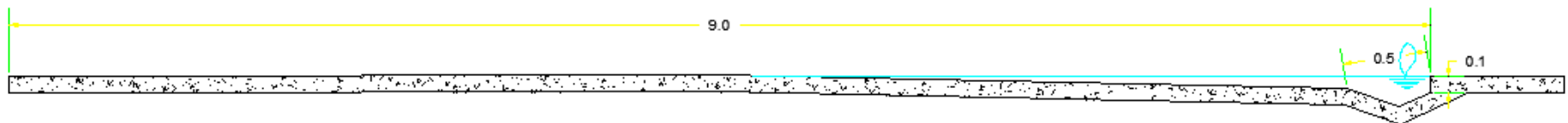


Gráfico N° 042: Sección Transversal Existente en la Av. Angamos C – 8.

✚ Capacidad Hidráulica Sección A3

_ Fórmula de Manning para Flujo en canales abiertos.

$$Q = \frac{A}{n} (R)^{2/3} (S_0)^{1/2}$$

| | | | | |
|----------------|---|-------------------------------------|---|----------------------|
| n | = | Coeficiente de Rugosidad de Manning | = | 0.017 |
| S _o | = | Pendiente Energética de la Calle | = | 0.016 |
| R | = | Radio Hidráulico | = | 0.051 m |
| A | = | Área | = | 0.226 m ² |

$$Q = \frac{0.226 \text{ m}^2}{0.017} (0.051 \text{ m})^{2/3} (0.016)^{1/2}$$

$$Q = 0.231 \text{ m}^3/\text{s}$$

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados

- **Hidrogramas de Salida**

En el Gráfico N° 036 se muestra los hidrogramas de salida (la afluencia total al nodo P180) obtenidos para cada una de las tormentas de diseño en el área de estudio. El flujo máximo de escurrimiento se produce cuando se da la precipitación pico y hay un aumento significativo en el gasto pico como el período de retorno aumenta. Los hidrogramas muestran un descenso más rápido una vez que la lluvia cesa. Este comportamiento se puede atribuir a la cantidad más grande de estanqueidad bajo condiciones de desarrollo).

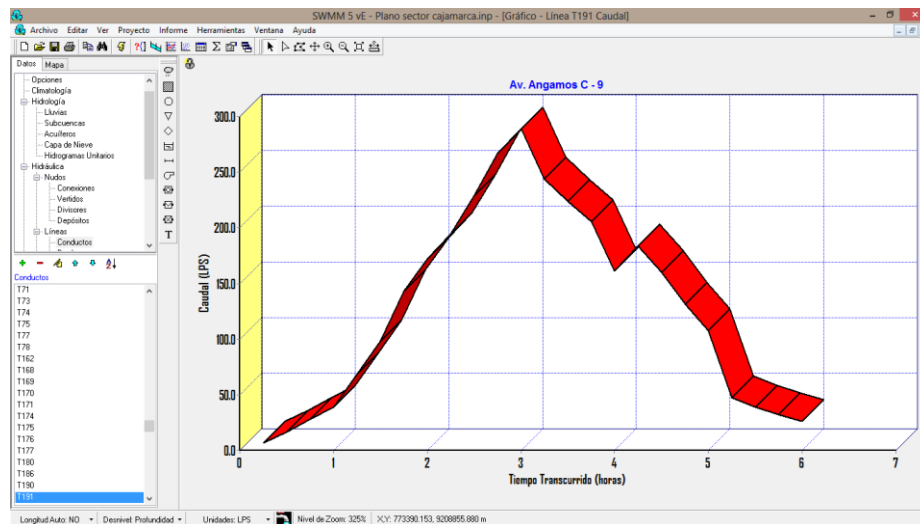


Gráfico N° 043: Caudales en la Av. Angamos para 2 años Perido de Retorno.

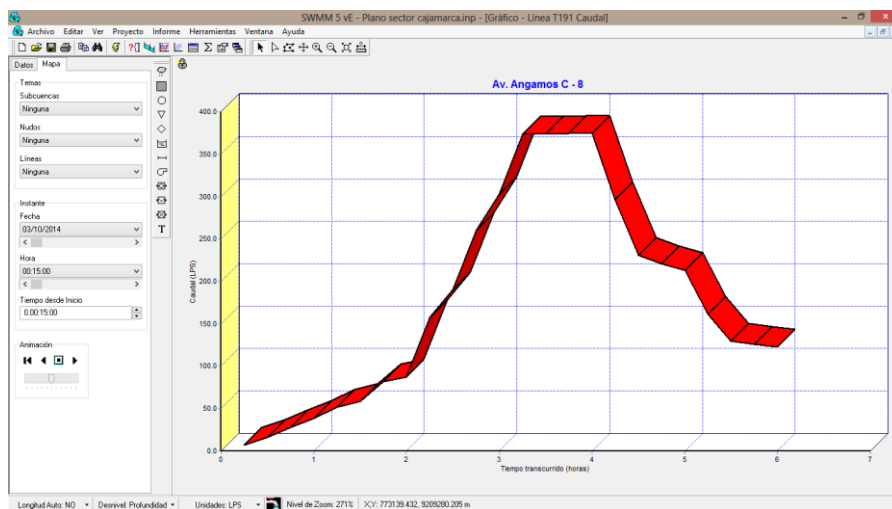


Gráfico N° 044: Caudales en la Av. Angamos para 10 años Perido de Retorno.

| Tormenta de Diseño | Caudal Máximo (m ³ /s) | Velocidad máxima (m/s) |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 2-yr | 0.289 | 0.62 |
| 10-yr | 0.374 | 0.60 |

Tabla N° 041: Resumen de Resultados para el sitio en estudio.

| Calle | Capacidad Hidráulica (m ³ /s) |
|--------------------------|--|
| Av. Angamos C – 9 | |
| Sección A1 | 1.35 |
| Sección A2 | 0.246 |
| Av. Angamos C – 8 | |
| Sección A3 | 0.231 |

Tabla N° 042: Resumen de Resultados de la capacidad hidráulica actual de Av. Angamos.

- **Determinación de la Eficiencia**
 1. La eficiencia de un drenaje se mide bajo dos parámetros a saber: el caudal, que permite definir la cantidad de agua que debe retirar el sistema; y la velocidad de respuesta.

➤ Sección A2

Caudal que debe retirar:

| Tormenta de Diseño | Caudal Máximo (m ³ /s) | Velocidad máxima (m/s) |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 2-yr | 0.289 | 0.62 |
| 10-yr | 0.374 | 0.60 |

Tabla N° 041: Resumen de Resultados para el sitio en estudio.

Caudal actual de trabajo (Capacidad Hidráulica de la Sección A2)

$$Q = 0.246 \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Sección A3

Caudal que debe retirar:

| Tormenta de Diseño | Caudal Máximo (m ³ /s) | Velocidad máxima (m/s) |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 2-yr | 0.289 | 0.62 |
| 10-yr | 0.374 | 0.60 |

Tabla N° 041: Resumen de Resultados para el sitio en estudio.

Caudal actual de trabajo: (Capacidad Hidráulica de la Sección A3)

$$Q = 0.231 \text{ m}^3/\text{s}$$

Considerando que el caudal de 0.289 m³/s para 2 años de periodo de retorno y el de 0.374 m³/s para un periodo de retorno de 10 años que debería retirar las secciones representa al 100 % de eficiencia.

➤ Sección A2

| T = 2 años | T = 10 años |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $E \% = \frac{0.246}{0.289};$ | $E \% = \frac{0.246}{0.374};$ |
| E % = 85 % | E % = 65.7% |

➤ Sección A3

| T = 2 años | T = 10 años |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $E \% = \frac{0.231}{0.289};$ | $E \% = \frac{0.231}{0.374};$ |
| E % = 79% | E % = 61.7% |

2. Eficiencia de Conducción (ec)

La eficiencia de conducción permite evaluar el estado de operación y mantenimiento del canal principal o de derivación.

Es mayor cuanto mejor sea el estado del canal o cauce que conduce el agua.

Esto quiere decir lo siguiente:

- Que, de preferencia sea revestido, para evitar que haya pérdidas de infiltración.
- Que no tenga roturas, ni en la base, ni en los taludes ni en los bordes.
- Que se deriven los caudales mínimos recomendables técnicamente, para tener velocidad aceptable y no producir sedimentación que reduce la capacidad del canal o erosión que deforma la sección, exponiendo una mayor superficie a la infiltración.

La eficiencia de conducción (Ec) está dada por la relación entre la cantidad de agua que entra al canal o tramo de canal de derivación (VE) y la cantidad de agua que sale del canal o tramo del canal (VS) mediante la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{VS}{VE}$$

➤ Sección A2

| T = 2 años | T = 10 años |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $E \% = \frac{0.246}{0.289};$ | $E \% = \frac{0.246}{0.374};$ |
| E % = 85% | E % = 65.7% |

➤ Sección A3

| T = 2 años | T = 10 años |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $E \% = \frac{0.231}{0.289};$ | $E \% = \frac{0.231}{0.374};$ |
| E % = 79.93% | E % = 61.7% |

1. Eficiencia de Operación (Eo)

La eficiencia de operación (Eo), evalúa la calidad de la operación del sistema de drenaje, y está definida por la relación entre los caudales o volúmenes distribuidos y los volúmenes de la fuente de agua determinada. La expresión de cálculo, es la siguiente:

$$Eo = \frac{Qn}{Qe}$$

Qn = Caudal que deriva o distribuye de la fuente.

Qe = Caudal o volumen que deriva o distribuye

➤ Sección A2

| T = 2 años | T = 10 años |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $E \% = \frac{0.289}{0.246};$ | $E \% = \frac{0.374}{0.246};$ |
| E % = 117% | E % = 152% |

➤ Sección A3

| T = 2 años | T = 10 años |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $E \% = \frac{0.289}{0.231};$ | $E \% = \frac{0.374}{0.231};$ |
| E % = 125% | E % = 162% |

6.2. Discusión

Luego de realizar el estudio hidrológico y posteriormente determinar la capacidad hidráulica de las estructuras existentes (cunetas) en la Av. Angamos C – 9 de 1.35 m³/s y 0.246 m³/s; Av. Angamos C – 8 de 0.231 y Jr. Santa Rosa, se comprobó que dichas calles no cumplen con la capacidad hidráulica suficiente para el caudal de diseño de 0.289 m³/s para un periodo de retorno de 2 años y de 0.374 m³/s para un periodo de retorno 10 años que especifica el reglamento nacional de edificaciones, por consiguiente se dice que el agua desbordará sobre la vereda; por lo cual se necesitará aumentar la capacidad ya sea incluyendo cunetas o un colector en caso de que las primeras no sean suficientes.

Además los valores obtenidos de Eficiencia de operación nos muestra que las secciones estan a más del 100% de su capacidad, es decir, que para todos lo casa las secciones no tienen la capacidad para operar con todo el caudal y tiene un exceso del 17% y 52% para la sección A2 para t = 2 años y T = 10 años respectivamente, ocasionando esto una inundación o colpaso del sistema. De igual manera para la sección A3 que tiene un exceso del 52% y 62% para t = 2 años y T = 10 años respectivamente.

También se comprobó que en la zona de estudio no se lleva acabo las actividades de operación y mantenimiento, ocasionando esto que las cunetas disminuyan su capacidad hidráulica.

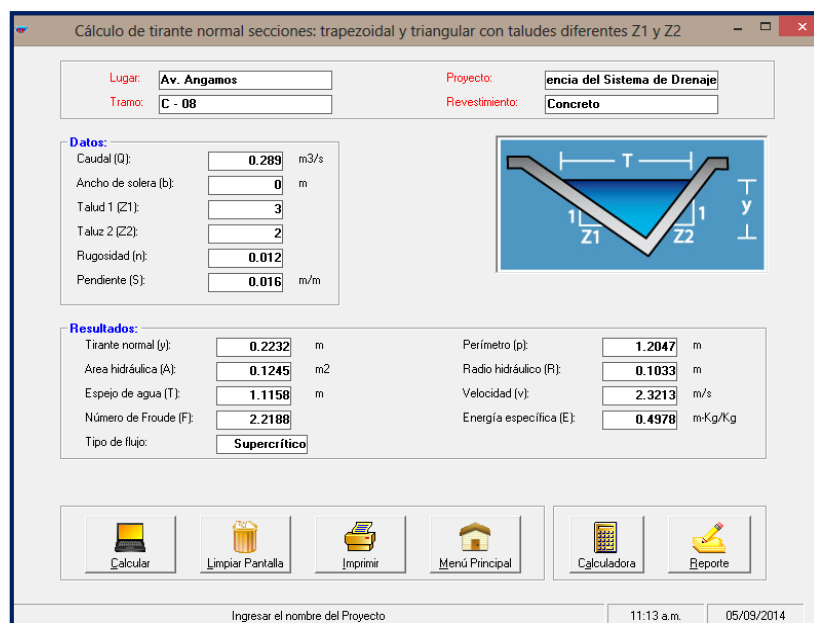
VI. PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL

Algunos sectores de Cajamarca sufren inundaciones constantemente ya que se tiene un ineficiente sistema de drenaje pluvial, esto debido a escasos estudios hidrológicos por ende deficientes diseños hidráulico y falta de actividades de operación y mantenimiento de los elementos de drenaje, ante esta problemática se plantea utilizar un software especializado en diseño de drenaje pluvial como el aplicando en este proyecto, además de realizar un estudio hidrólogo con data actualizada que nos permita determinar una mayor aproximación a los caudales de diseño.

➤ Diseño de Cunetas

El diseño de realizará con el programa HCANALES, ya que cuentan con todos los datos para iniciar el diseño, estos son para la sección a determinar en la Cuadra 08 correspondiente a la Av. Agamos tenemos:

Gráfico N° 43: Cálculo de la Sección de la cuneta para $Tr = 2$ años – Cuadra 08
– Av. Agamos



Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal y triangular con taludes diferentes Z1 y Z2

Lugar: **Av. Angamos** Proyecto: **encia del Sistema de Drenaje**
Tramo: **C - 08** Revestimiento: **Concreto**

Datos:

| | | |
|----------------------|--------------|-------------------|
| Caudal (Q): | 0.289 | m ³ /s |
| Ancho de solera (b): | 0 | m |
| Talud 1 (Z1): | 3 | |
| Talud 2 (Z2): | 2 | |
| Rugosidad (n): | 0.012 | |
| Pendiente (S): | 0.016 | m/m |

Resultados:

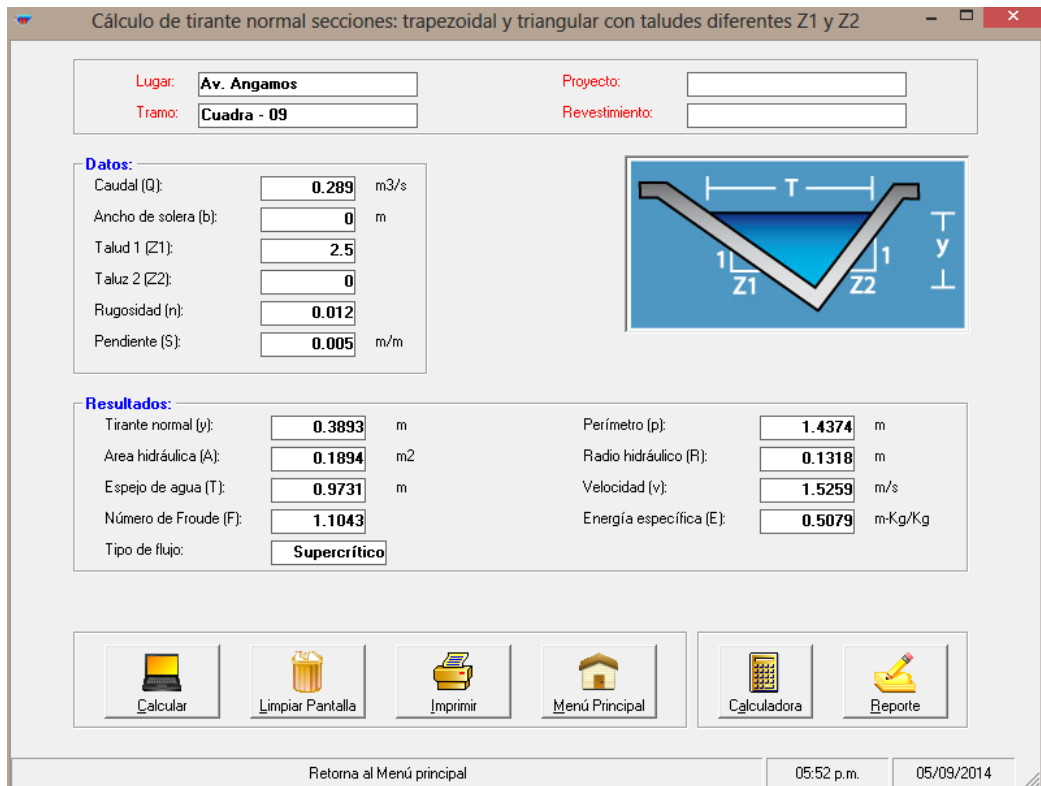
| | | | | | |
|-----------------------|---------------------|----------------|-------------------------|---------------|---------|
| Tirante normal (y): | 0.2232 | m | Perímetro (p): | 1.2047 | m |
| Área hidráulica (A): | 0.1245 | m ² | Radio hidráulico (R): | 0.1033 | m |
| Espejo de agua (T): | 1.1158 | m | Velocidad (v): | 2.3213 | m/s |
| Número de Froude (F): | 2.2188 | | Energía específica (E): | 0.4978 | m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo: | Supercrítico | | | | |

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora, Reporte

Ingresar el nombre del Proyecto | 11:13 a.m. | 05/09/2014

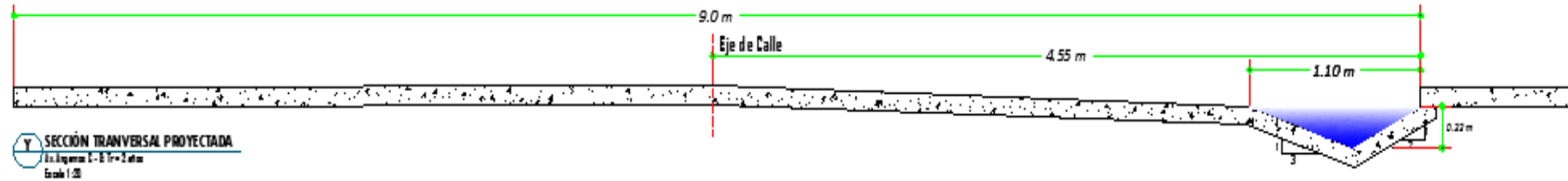
Fuente: Cálculo con Hcanales

Gráfico N° 45: Cálculo de la Sección de la cuneta para $T_r = 2$ años – Cuadra 09– Av. Agamos



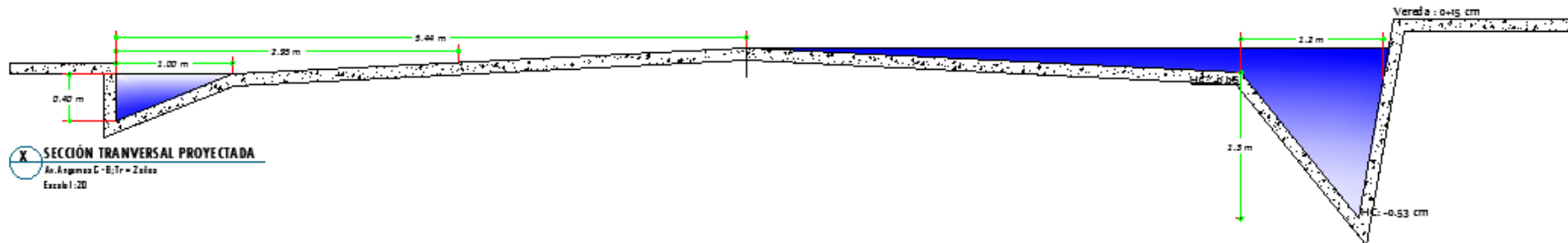
Fuente: Cálculo con Hcanales – Elaboración Propia

Gráfico N°44: Sección Transversal Proyectada – Cuadra 08, Av. Angamos



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N°46: Sección Transversal Proyectada – Cuadra 09, Av. Angamos



Fuente: Elaboración Propia

VII. CONCLUSIONES

- Se concluyó al analizar el diseño Hidráulico de la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, que este no es el correcto para un buen funcionamiento del sistema de drenaje, siendo esta una de las causas que alteran la eficiencia del drenaje pluvial.
- Al analizar la zona en estudio se verificó que el sistema de drenaje es ineficiente.
- Se concluyó al analizar la eficiencia de conducción que los caudales mínimos recomendables técnicamente a derivar, para tener velocidad aceptable y no producir sedimentación que reduce la capacidad del canal o erosión que deforma la sección, no es el indicado para las secciones existentes.
- También se determinó que las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa no se lleva a cabo ocasionado que la capacidad hidráulica de las cuentas disminuyan.
- Al desarrollar un buen estudio hidrológico para determinar los caudales de diseño y ejecutar un software especializado para sistemas de drenaje pluvial se puede disminuir los sistemas de drenaje ineficientes en Cajamarca aplicando las tecnologías que están disponibles en el mercado.
- Se demostró que la eficiencia de operación (E_o), que evalúa la calidad de la operación del sistema de drenaje es más del 100%, es decir, que las secciones existentes están sometidas a caudales mayores a su capacidad provocando inundaciones en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa.

VIII. RECOMENDACIONES

- Para futuros proyectos de drenaje se debe realizar estudios hidrológicos e hidráulicos con datos meteorológicos actualizados, con el fin de obtener resultados con mayor severidad.
- Se debe aplicar las tecnologías existentes como: software, nuevos estudios, etc. Que están disponibles con el fin de disminuir los deficientes diseños en obras hidráulicas en Cajamarca.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Manuel de Drenaje Urbano, 2013. Ministerio de Obras Públicas. Chile
2. *Acueductos, Cloacas y Drenajes – Alvaro Palacios Ruiz - 2008*
3. Elementos para el proyecto de drenajes. 1979. Roma. IT, Vía delle terme di caracalla. 40 p.
4. Marvin Villalobos Araya. 2005. Diseño de drenaje superficial. 1 ed. Cartago. CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 96 p.
5. Máximo Villón Béjar. 2006. Drenaje. 1 ed. Cartago. CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 544 p.
6. Drenaje Pluvial. Estudios y técnicas especializadas en ingeniería, S.A (en línea). Tamaulipas. Disponible en:
<http://encontrarpdf.net/preview/aHR0cDovL3ZpcnR1YWwuY29jZWYub3JnL1Byb3lly3Rvc19jZXJ0aWZpY2Fkb3MvUHJveWVjdG80NzUvRG9jdW1lbnRvX2ZpbmF5sL1Byb3lly3RvX0VqZWV1dGI2by9JbmZvcml1L0NBUDA2X0RyZW5hamVfUGx1dmlhbC5wZGY=>
7. Enrique Montero. 2004. redes de alcantarillado sanitario, ANESAPA (Asociación Nacional de empresas de servicio de agua potable y alcantarillado).La Paz. B. Consultado el 09 de enero del 2012.
8. Diagnóstico de saneamiento integral de la región Cajamarca. 2008. (en línea). Cajamarca. consultado el 7 de enero del 2012.
9. Operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario en el medio rural. 2005. Lima. Pe.
10. Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales. 2000. Dirección de agua potable y saneamiento básico. Bogotá. C.
11. Joan Miró. 1994. La investigación descriptiva. Consultado el 09 de enero del 2012. Disponible en: <http://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigacion-descriptiva.php>
12. [Luz Marina Gómez calle. 1985. Consultado el 14 de febrero del 2012.](#)
Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/areafuidos/tesis/dc.html>
13. Luis Bañón Blázquez. 2000. Consultado el 14 de febrero del 2012. Disponible en: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01030404.pdf
14. Luis Jaramillo y Diego Fernando Ruíz Larrea. 2011. Tesis B. sc. Facultad de ingeniería civil y ambiental Quito. EC. Escuela Politécnica Nacional. 176 p.

X. ANEXOS.

- ✓ **Anexo N° 001:** Solicitud dirigida al Ing. Julio Urbiola del Carpio (Dir. SENAMHI)



Cajamarca, 12 de marzo del 2014.

Señor:
Director Regional de SENAMHI Cajamarca.
Ing. Julio Urbiola del Carpio

Presente.-


De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted en nombre de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, Dirección de la Carrera de Ingeniería Civil.

El objeto de la misiva es presentarle al estudiante Eric Yáñez Portal, ex alumno de la carrera de Ingeniería Civil, quien requiere el apoyo de su representada para acopiar información de las precipitaciones máximas en 24 horas con quince años de antigüedad de las estaciones Augusto Werberbauer, información que le permitirá elaborar su tesis denominada **ESTADO ACTUAL Y FACTORES QUE GENERAN LA INEFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA - CAJAMARCA**, tema que ha sido aprobado por las instancias pertinentes.

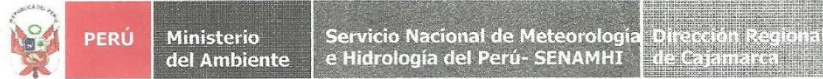
Sin otro particular y anticipándole mi agradecimiento por la atención que dé al presente, me suscribo.

Atentamente,


Ing. Orlando Aguilar Atiaga
Director de Carrera Ing. Civil
UPN Cajamarca



✓ Anexo N° 002: Acta de Compromiso N° 003 - 2014



ACTA DE COMPROMISO No. 003-2014

Conste por el presente documento denominado ACTA DE COMPROMISO, a favor del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, en donde la (el) Tesista **ERIC YAÑEZ PORTAL** se compromete a cumplir a cabalidad con el siguiente compromiso:

PRIMERO.- El SENAMHI se compromete a entregar la información de Precipitación máxima en 24 horas desde el año 1999 al 2013 de la estación MAP. A. Weberbauer; solicitado por el tesista para el Proyecto Profesional “ESTADO ACTUAL Y FACTORES QUE GENEREN LA INEFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA- CAJAMARCA.

SEGUNDO.- El tesista se compromete, luego de culminar el trabajo de investigación dejar UN EJEMPLAR DE TESIS a favor del SENAMHI.

Luego de ser leída y estando de acuerdo con la presente acta se procede a firmarlo, siendo las 09:25 horas del día 13 de marzo del año 2014.



Ing. JULIO URBIOLO DEL CARPIO
Director Regional SENAMHI Cajamarca

ERIC YAÑEZ PORTAL
TESISTA

Ing. ORLANDO AGUILAR ALVARADO
Director de Carrera Ing. Civil
UNP CAJAMARCA

Ciencia y Tecnología Hidrometeorológica al Servicio del País

Lima: Jirón Cahuide N° 785-Lima 11, Casilla Postal 1308 Telf: (51-1) 614-1414 Fax: 471-7287
Pasaje Jaén N° 121 Urb. Ramón Castilla, Telf. (076)-365701 dr03-cajamarca@senamhi.gob.pe
Celular: 076-976789869 RPM: # 536908

Pág. Web www.senamhi.gob.pe



✓ **Anexo N° 003:** Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú- SENAMHI

Dirección Regional de
Cajamarca

Estación: MAP. AUGUSTO WEBERBAUER

Ubicación Política:

Región: CAJAMARCA

Provincia: CAJAMARCA

Distrito: CAJAMARCA

Ubicación Geográfica:

Latitud: 07° 10' 03" Sur

Longitud: 78° 29' 35" Oeste

Altitud: 2 536 m.s.n.m

PARAMETRO: PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)

| AÑO/MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGOST | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|------|------|------|
| 1999 | 15.9 | 38.8 | 13.5 | 10.4 | 13.9 | 6.4 | 11.6 | 0.5 | 21.8 | 14.3 | 18.6 | 13.1 |
| 2000 | 17.3 | 36.1 | 18.6 | 19.7 | 14.4 | 5.3 | 1.8 | 5.0 | 10.9 | 3.3 | 17.9 | 20.4 |
| 2001 | 27.6 | 17.7 | 28.2 | 14.3 | 14.7 | 1.0 | 6.9 | 0.0 | 5.7 | 14.7 | 20.3 | 15.9 |
| 2002 | 8.2 | 10.8 | 15.7 | 18.2 | 12.9 | 5.4 | 4.7 | 3.4 | 7.7 | 22.3 | 16.8 | 10.6 |
| 2003 | 18.7 | 18.4 | 20.1 | 8.8 | 6.7 | 7.0 | 1.6 | 6.1 | 8.9 | 19.2 | 17.1 | 20.8 |
| 2004 | 11.9 | 21.5 | 10.5 | 12.4 | 6.5 | 0.9 | 6.0 | 10.2 | 4.0 | 9.5 | 28.1 | 22.7 |
| 2005 | 20.2 | 10.0 | 19.7 | 10.8 | 3.6 | 3.5 | 0.3 | 3.5 | 14.3 | 9.3 | 11.6 | 15.3 |
| 2006 | 15.2 | 13.5 | 18.8 | 17.0 | 2.2 | 6.2 | 1.6 | 5.4 | 10.2 | 4.0 | 20.6 | 12.3 |
| 2007 | 15.6 | 6.8 | 25.4 | 21.0 | 5.2 | 1.4 | 3.0 | 4.0 | 10.2 | 19.0 | 15.7 | 16.7 |
| 2008 | 20.2 | 17.1 | 23.6 | 27.0 | 4.3 | 6.0 | 1.3 | 4.8 | 11.6 | 10.8 | 19.7 | 9.9 |
| 2009 | 21.9 | 16.4 | 20.5 | 14.1 | 18.5 | 9.1 | 5.3 | 0.9 | 5.2 | 18.1 | 12.6 | 12.6 |
| 2010 | 14.6 | 36.4 | 34.0 | 21.6 | 12.6 | 2.8 | 2.2 | 1.3 | 10.5 | 16.8 | 11.1 | 21.9 |
| 2011 | 14.9 | 16.4 | 25.5 | 22.4 | 9.7 | 0.4 | 5.1 | T | 12.7 | 9.3 | 5.2 | 27.7 |
| 2012 | 18.0 | 27.9 | 26.7 | 11.3 | 10.8 | 0.3 | 0.0 | 1.9 | 12.8 | 24.2 | 27.3 | 17.6 |
| 2013 | 11.7 | 13.1 | 35.3 | 15.9 | 10.2 | 4.5 | 2.5 | 5.7 | 1.9 | 19.4 | 6.1 | 9.6 |

Nota: T= menor a 0.1 mm.

Cajamarca 18 de Marzo 2014



Ciencia y Tecnología Hidrometeorológica al Servicio del País

Lima: Jirón Cahuide N° 785-Lima 11, Casilla Postal 1308 Telf.: (51-1) 614-1414 Fax: 471-7287


Pasaje Jaén N° 121 Urb. Ramón Castilla, Telf. (076)-365701 dr03-cajamarca@senamhi.gob.pe

Celular: 076-976789869 RPM: # 536908


Pág. Web www.senamhi.gob.pe



✓ Anexo N° 004: Segunda Solicitud para adquirir bandas pluviométricas



UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE



Senamhi DIRECCION REGIONAL
CAJAMARCA
RECIBIDO
Fecha: 19.03.2014
Hora: 8:15 Puntos: 01
Por: Nelly [Signature]

Cajamarca, 12 de Marzo del 2014

Señor:
Director Regional de SENAMHI Cajamarca
Ing. Julio Urbiola del Carpio

Presente:

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted en nombre de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, Dirección de la Carrera de Ingeniería Civil.

El objeto de la misiva es presentarle al estudiante Eric Paul Yañez Portal, ex alumno de la carrera de Ingeniería Civil, quién requiere el apoyo de su representada para acopiar la información de las **BANDAS PUVLIOGRÁFICAS** de la precipitación máxima en 24 horas (mm), según se muestra en el presente cuadro:

| | | | |
|---------|-----------|-----------|--|
| Año/Mes | Febrero | | |
| 1999 | 38.8 mm | | |
| Año/Mes | Febrero | | |
| 2000 | 36.1 mm | | |
| Año/Mes | Enero | Marzo | |
| 2001 | 27.6 | 28.2 mm | |
| Año/Mes | Octubre | | |
| 2002 | 22.3 mm | | |
| Año/Mes | Marzo | Diciembre | |
| 2003 | 20.1 mm | 20.8 mm | |
| Año/Mes | Noviembre | Diciembre | |
| 2004 | 28.1 mm | 22.7 | |
| Año/Mes | Enero | Marzo | |
| 2005 | 20.2 mm | 19.7 | |

Vía de Evitamiento Norte cuadra15 s/n.
T. +51 (076) 602500
www.upnorte.edu.pe



| Año/Mes | Noviembre |
|---------|-----------|
| 2006 | 20.6 mm |

| Año/Mes | Marzo | Abril |
|---------|---------|-------|
| 2007 | 25.4 mm | 21 mm |

| Año/Mes | Marzo | Abril |
|---------|---------|-------|
| 2008 | 23.6 mm | 27 mm |

| Año/Mes | Enero | Marzo |
|---------|---------|-------|
| 2009 | 21.9 mm | 20.5 |

| Año/Mes | Febrero | Abril |
|---------|---------|-------|
| 2010 | 36.4 mm | 34 mm |

| Año/Mes | Marzo | Diciembre |
|---------|---------|-----------|
| 2011 | 25.5 mm | 27.7 |

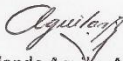
| Año/Mes | Febrero | Marzo | Noviembre |
|---------|---------|---------|-----------|
| 2012 | 27.9 mm | 26.7 mm | 27.3 mm |

| Año/Mes | Marzo |
|---------|---------|
| 2013 | 35.3 mm |

La presente información permitirá elaborar su tesis denominada **ESTADO ACTUAL Y CAUSAS DE LA INEFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA – CAJAMARCA**, tema que ha sido aprobado por las instancias pertinentes.

Sin otro particular y anticipando mi agradecimiento por la atención que dé al presente, me suscribo.

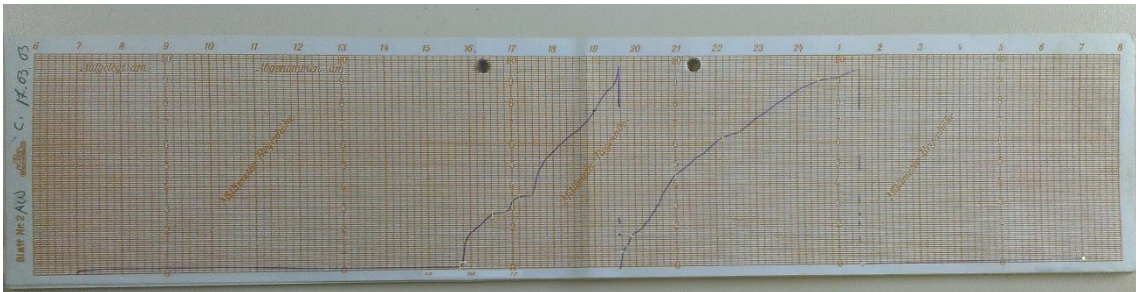
Atentamente,


Ing. Oriando Aguilar Aliaga
Director de Carrera Ing. Civil
UPN Cajamarca

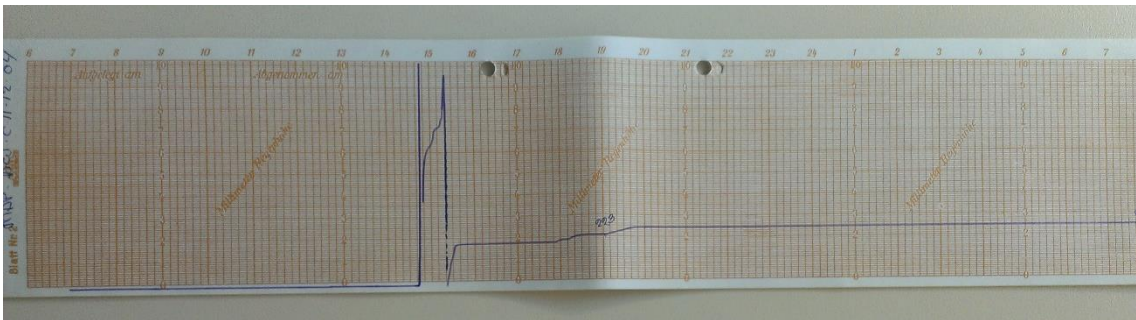


✓ Anexo N° 005: Bandas Pluviométricas del 2003 al 2012

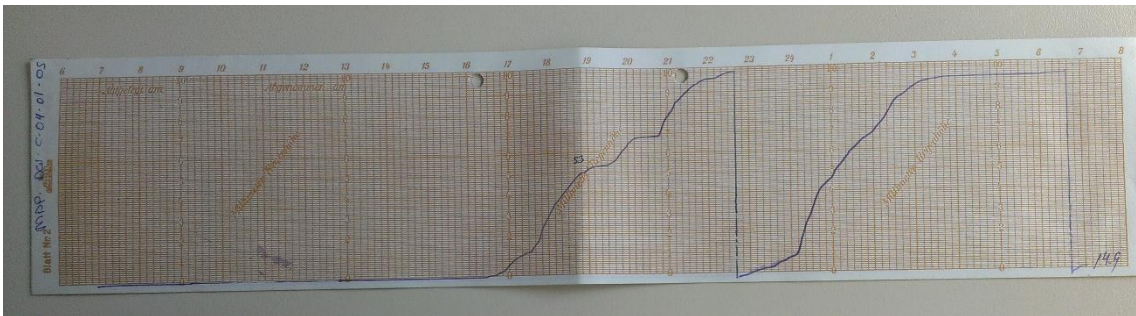
Banda Pluviométrica Año 2003



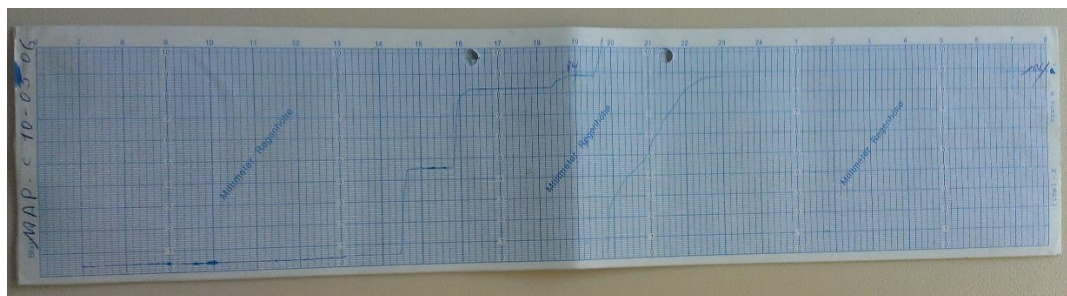
Banda Pluviométrica Año 2004



Banda Pluviométrica Año 2005



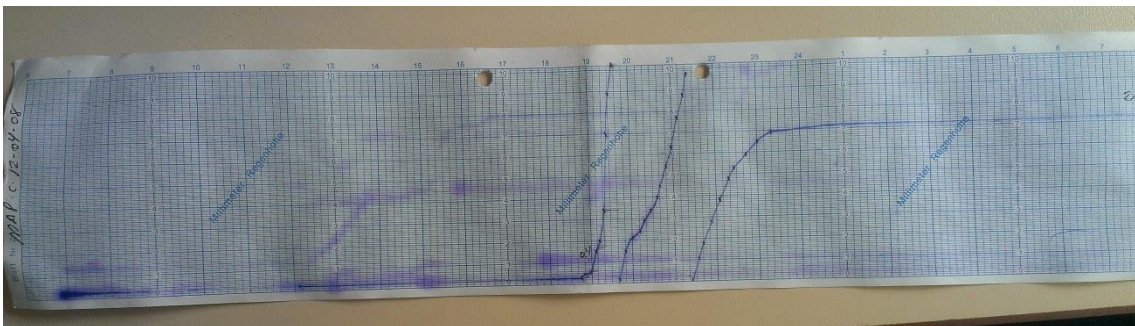
Banda Pluviométrica Año 2006



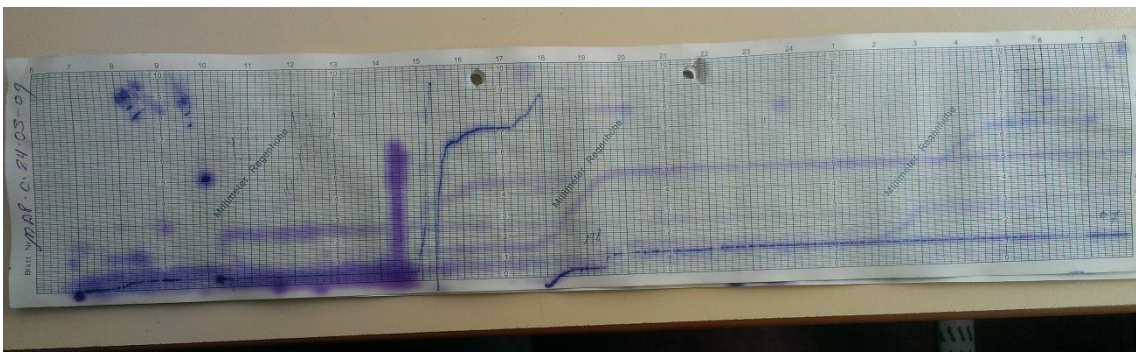
Banda Pluviométrica Año 2007



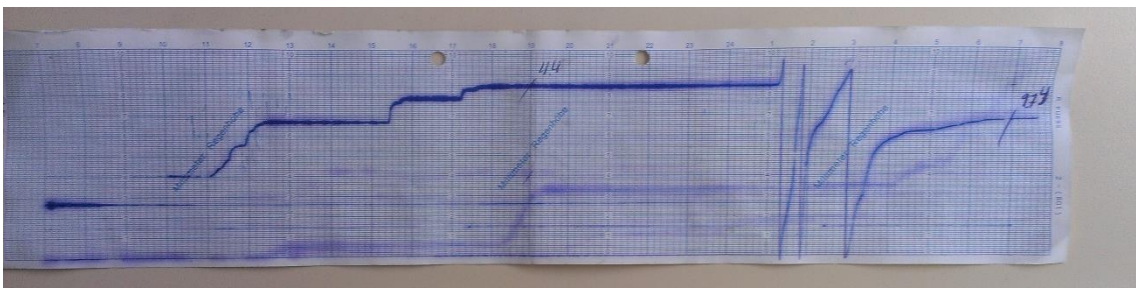
Banda Pluviométrica Año 2008



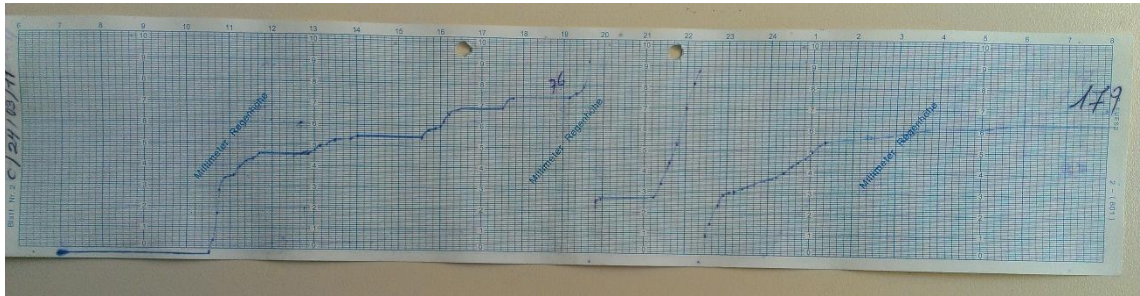
Banda Pluviométrica Año 2009



Banda Pluviométrica Año 2010



Banda Pluviométrica Año 2011



Banda Pluviométrica Año 2012



- ✓ **Anexo N° 006:** Encuesta a residentes de viviendas del barrio Chontapacha sobre el funcionamiento del sistema de drenaje de la av. Angamos y jr. Santa rosa, Cajamarca, 2014

**ENCUESTA A RESIDENTES DE VIVIENDAS DEL BARRIO CHONTAPACHA SOBRE EL
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA,
CAJAMARCA, 2014**

1. ¿Desde que tiempo reside usted en este barrio?

Mes: _____ Año: ()

2. ¿Recuerda usted el año que ha sido construido el sistema de drenaje en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa?

Año: ()

3. ¿Cómo calificaría usted el funcionamiento del sistema de drenaje ?

- | | | |
|-------------|-------|---------------------|
| 1. Muy bien | () | Especifique por qué |
| 2. Bien | () | _____ |
| 3. Regular | () | _____ |
| 4. Mal | () | _____ |
| 5. Muy mal | () | _____ |

4. ¿Usted recuerda algún desborde del sistema de drenaje?

1. SI () ()

1. NO () ()

¿Cuáles han sido las causas del desborde?

5. ¿En qué meses del año se presentan con mayor frecuencia los desbordes del sistema de drenaje?

Meses: _____

6. ¿Qué perjuicios ocasionan los desbordes del sistema de drenaje a las viviendas y a la seguridad de los vecinos?

7. ¿Qué recomendaría a las autoridades locales para el mejor funcionamiento del sistema de drenaje (En caso de la que respuesta sea que el sistema está funcionando de regular a muy

8. ¿A Observado si en el sistema de drenaje actual se a lleva acabo las competencias de operación y mantenimiento?

Si () Si su respuesta es Si: ¿Cuántas veces? _____

No () _____

Cajamarca, febrero del 2014