FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

"NIVEL DE EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL CAMPUS UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA, 2017"

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor(es):
Bach. Carlos Iván Rojas Calderón

Bach. Bamber Hever Terrones Marchena

Asesor:
M. Cs. Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios, por habernos dado la fuerza de culminar nuestro objetivo.

A nuestros padres, Humberto y Zoila, Lilly y Luis, por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, y por su incondicional esfuerzo para darnos una buena educación. A mi mamita Consuelo que desde el cielo me cuida y me guía por el camino del bien. Muchas gracias.

A nuestros hermanos, por estar siempre con nosotros y por brindarnos su apoyo incondicional.

A nuestros amigos, por estar siempre en el momento que los hemos necesitado.

A mi esposa e hijo, por estar siempre a mi lado no importando las circunstancias.

Con todo cariño esta tesis se la dedicamos a ustedes.

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a todas aquellas personas que participaron directa e indirectamente para hacer posible este proyecto.

A nuestros maestros, por brindarnos el conocimiento necesario para defendernos en nuestra vida profesional.

A nuestro asesor Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán **y director de carrera**, Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por guiarnos y apoyarnos para elaborar nuestro proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA 02
AGRADECIMIENTO 03
ÍNDICE DE TABLAS 05
ÍNDICE DE FIGURAS 06
ÍNDICE DE GRÁFICOS 07
RESUMEN 08
ABSTRACT 09
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 11
1.1. Realidad problemática 11
1.2. Formulación del problema 27
1.3. objetivos 27
1.3.1. Objetivo general 27
1.3.2. Objetivos específicos 27
1.4. hipótesis 28
CAPITULO II. METODOLOGÍA 29
2.1. Tipo de investigación 29
2.2.Población y muestra 29
2.3. materiales instrumentos y métodos 31
2.4. procedimiento 31
2.4.1. Inspecciones previas 31
2.4.2. Levantamiento de la infraestructura 31
2.4.3. Precipitaciones 31
2.4.4. Conseguir el registro de un pluviograma 34
2.4.5. Cálculo de intensidades 38
CAPITULO III. RESULTADOS 86
CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 107
4.1. DISCUSIÓN 107
PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL 108
4.2. CONCLUSIONES 120
REFERENCIAS 121
ANEXO Nº 1: FOTOGRAFIAS 123
ANEXO Nº 2: INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN 129
ANEXO Nº 1: PLANOS 130

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Tiempo de concentración……21
TABLA 2 Coeficientes de rugosidad……26
TABLA 3 Coeficientes de escorrentía ……27
TABLA 4 Operacionalización de variables ……29
TABLA 5 Variables ……31
TABLA 6 Indicadores del sistema de drenaje pluvial ……33
TABLA 7 Operación y mantenimiento ……34
TABLA 8 Análisis del pluviograma del 2013……36
TABLA 9 Análisis del pluviograma del 2014……37
TABLA 10 Análisis del pluviograma del 2015……38
TABLA 11 Análisis del pluviograma del 2016……39
TABLA 12 Análisis de tormenta año 2013……40
TABLA 13 Análisis de tormenta año 2014……41
TABLA 14 Análisis de tormenta año 2015……43
TABLA 15 Análisis de tormenta año 2016……44
TABLA 16 Análisis de tormenta año 2016……46
TABLA 17 Intensidades máximas para año 2013……47
TABLA 18 Intensidades máximas para año 2014……47
TABLA 19 Intensidades máximas para año 2015……47
TABLA 20 Intensidades máximas para año 2016……47
TABLA 21 Intensidades máximas de la estación WeberBauer……48
TABLA 22 Distribución Gumbel……50
TABLA 23 Prueba de bondad de ajuste para periodo 5 minutos……50
TABLA 24 Prueba de bondad de ajuste para periodo 10 minutos……52
TABLA 25 Prueba de bondad de ajuste para periodo 30 minutos……54
TABLA 26 Prueba de bondad de ajuste para periodo 60 minutos……56
TABLA 27 Prueba de bondad de ajuste para periodo 120 minutos……58
TABLA 28 Resumen de pruebas de bondad de ajuste ……59
TABLA 29 Intensidades generadas para distintos periodos de retorno ……60
TABLA 30 Área de techos ……62
TABLA 31 Coeficiente de escorrentía ……63
TABLA 32 Caudales que aportan los techos ……63
TABLA 33 Áreas verdes ……64
TABLA 34 Coeficiente de escorrentía ……65
TABLA 35 Caudales que aportan las áreas verdes ……65
TABLA 36 Velocidad cuneta 1……66
TABLA 37 Velocidad cuneta 2……67
TABLA 38 Velocidad cuneta 3……68
TABLA 39 Velocidad cuneta 4……69
TABLA 40 Velocidad cuneta 5……70

TABLA 41 Velocidad cuneta 6……71
TABLA 42 Velocidad cuneta 7……72
TABLA 43 Velocidad cuneta 8……73
TABLA 44 Velocidad cuneta 9……74
TABLA 45 Velocidad cuneta 10……75
TABLA 46 Velocidad cuneta 11……76
TABLA 47 Velocidad cuneta 12……77
TABLA 48 Velocidad cuneta 13……78
TABLA 49 Velocidad cuneta 14……79
TABLA 50 Velocidad cuneta 15……80
TABLA 51 Velocidad cuneta 16……81
TABLA 52 Velocidad cuneta 17……82
TABLA 53 Velocidad cuneta 18……83
TABLA 54 Capacidad máxima que transporta cada cuneta ……84
TABLA 55 Indicadores del sistema de drenaje pluvial ……86
TABLA 56 Tipos de techos ……89
TABLA 57 Operación y mantenimiento de cunetas ……90
TABLA 58 Resumen de caudales que pueden retirar las cunetas……93
TABLA 59 Resumen de velocidades que pueden retirar las cunetas ……95
TABLA 60 Resumen de pendientes de las cunetas ……96
TABLA 61 Resumen de eficiencias de las cunetas ……104
TABLA 62 Verificación de la eficiencia de las tub. para transportar caudal 105
TABLA 63 Propuesta de tuberías que sean suficientes hidráulicamente……...110
TABLA 64 Propuesta de aplicación profesional…… ……...112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secciones transversales de conductos a cielo abierto, Comisión Nacional del agua, 2007 15
Figura 2: El ciclo hidrológico, Martínez-Alfaro y cols., (2006) 17
Figura 3: Pluviómetro, Ruiz 2008. 17
Figura 4: Pluviógrafo, Ruiz 2008. 18
Figura 5: luviograma, Comisión Nacional del agua, 2011 18
Figura 6: Curvas IDF, Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC) 21
Figura 7: cuneta sin mantenimiento 23
Figura 8: Campus UPN-Cajamarca inundado. 24
Figura 9: ubicación de la UPN. Google maps. 2017 30
Figura 10: Ubicación visual (Cuneta 1) 66
Figura 11: Ubicación visual (Cuneta 2) 67
Figura 12: Ubicación visual (Cuneta 3) 68
Figura 13: Ubicación visual (Cuneta 4) 69
Figura 14: Ubicación visual (Cuneta 5) 70
Figura 15: Ubicación visual (Cuneta 6) 71
Figura 16: Ubicación visual (Cuneta 7) 72
Figura 17: Ubicación visual (Cuneta 8) 73
Figura 18: Ubicación visual (Cuneta 9) 74
Figura 19: Ubicación visual (Cuneta 10) 75
Figura 20: Ubicación visual (Cuneta 11) 76
Figura 21: Ubicación visual (Cuneta 12) 77
Figura 22: Ubicación visual (Cuneta 13) 78
Figura 23: Ubicación visual (Cuneta 14) 79
Figura 24: Ubicación visual (Cuneta 15) 80
Figura 25: Ubicación visual (Cuneta 16) 81
Figura 26: Ubicación visual (Cuneta 17) 82
Figura 27: Ubicación visual (Cuneta 18) 83
Figura 28: Diseño de la cuneta N° 16 109
Figura 29: Diseño de la cuneta N° 16 en perfil. 109
Figura 30: Propuesta de aplicación profesional 117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Hietograma tormenta año 2013 41
Gráfico 2 Hietograma tormenta año 2014 42
Gráfico 3 Hietograma tormenta año 2015 44
Gráfico 4 Hietograma tormenta año 2016 45
Gráfico 5 Proceso de selección de una distribución teórica 49
Gráfico 6 Curva- Intensidad- Duracion 61

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Periodo de retorno 19
Ecuación 2: Doble exponencial 19
Ecuación 3: Parámetro de concentración 19
Ecuación 4: Parámetro de localización 19
Ecuación 5: Kolmogorov-Smirnov 20
Ecuación 6: Distribución de probabilidad 20
Ecuación 7: Manning 25
Ecuación 8: Radio Hidráulico 25
Ecuación 9: Caudal por el método racional 26
Ecuación 10: Cálculo pendientes 32
Ecuación 11: Intensidad 40
Ecuación 12: Conversión de unidades (mm/h) 40
Ecuación 13: Intensidades máximas 60
Ecuación 14:Formula de Mnning para velocidad 66

RESUMEN

La eficiencia del sistema de drenaje pluvial del campus Universidad Privada Del Norte Cajamarca, depende de dos factores importantes, básicamente del correcto diseño hidráulico y en complemento la operación y mantenimiento del mismo. El sistema de drenaje del campus Universidad Privada Del Norte Cajamarca en cuestión de eficiencia es bajo, ya que existen cinco puntos críticos que no cumplen con las dimensiones adecuadas ni las pendientes mínimas por lo que la inundación en épocas de lluvia es constante. Para contrastar la eficiencia del drenaje se procesó las precipitaciones obtenidas de SENAMHI, encontrando la intensidad máxima para un periodo de retorno de 10 años. Se realizó el diseño hidráulico encontrándose la capacidad máxima de caudal que cada cuneta puede transportar, Concluyendo que 17 cunetas cumplen con las medidas adecuadas y solo una no cumple (C-16), 15 cunetas cumplen con las pendientes adecuadas y no cumpliendo 3 cunetas (C-2, C-15 y C-16) las cuales no llegan a la pendiente mínima de 0.5%. Se encontró cuatro tuberías: Tub.1 de 6", Tub.4 de 6", Tub.5 de 6" y Tub.6 de 4", que no tienen la capacidad adecuada para transportar el caudal que se requiere, estas tuberías junto a la C-16 son los puntos críticos en las inundaciones. La infraestructura pluvial no cuenta con una operación y mantenimiento constante, esto afecta directamente a la eficiencia hidráulica de toda la red de drenaje pluvial. para la propuesta profesional se utilizó el programa H-canales versión 3.0.

Palabras clave.

Drenaje pluvial, eficiencia, pendiente, diseño hidráulico.

ABSTRACT

The efficiency of the storm drainage system of the Universidad Privada Del Norte Cajamarca campus depends on two important factors, basically the correct hydraulic design and in addition the operation and maintenance of the same. The drainage system of the Universidad Privada Del Norte Cajamarca campus is partially efficient, since there are five critical points that do not meet the appropriate dimensions nor does the minimum slope so that the flood in times of rain is constant. In order to check the drainage efficiency, the precipitation obtained from SENAMHI was processed, finding the maximum intensity for a return period of 10 years. Concluding that 17 ditches comply with the appropriate measures and only one does not comply (C-16), 15 ditches comply with the appropriate slopes and do not comply with 3 ditches (C-2, C-15 and C-16) which do not reach the minimum slope of 0.5%. Four pipes were found: 6 "Tub.1, 6" Tub.4, 6 "Tub.5 and 4" Tub.6, which do not have adequate capacity to transport the required flow rate, these pipes together To the C-16 are the critical points in the floods. The rain infrastructure does not have a constant operation and maintenance; this directly affects the hydraulic efficiency of the entire drainage network.

Keywords.

Pluvial drainage, efficiency, slope, hydraulic design.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La evacuación de las aguas urbanas, ya sean desechos o las de origen pluvial es un tema muy antiguo, ya que, a la hora de sucederse un fenómeno de lluvia, nadie quiere verse inmerso en un problema debido a un mal drenaje de las calles de una ciudad o una mala disposición de las rejillas de captación en la superficie. Este suceso puede acabar ocasionando grandes agravios personales como a nivel de infraestructuras, como puede ser una degeneración temprana de estas o destrozos en viviendas (Pérez, 2014).

El estudio de drenaje en zonas urbanizadas constituye uno de los aspectos más importantes dentro de la hidrología, pues la inundación es uno de los eventos más peligrosos y constituye uno de los riesgos para el que debemos proponer las medidas adecuadas para evitar consecuencias desfavorables. La hidrología urbana analiza el ciclo del agua a una escala mucho menor que los procesos hidrológicos en ambientes rurales o naturales. Cabe resaltar que las investigaciones en esta área se han incrementado a nivel mundial, tanto en mejoramiento de las técnicas de análisis, como con la creación de nuevas herramientas computacionales aplicadas para la evaluación y diseño (Silva, 2015).

Considero que el problema del manejo de aguas de lluvias surge con un crecimiento desproporcionado de la población en zonas urbanas, lo que obliga a construir más áreas impermeables y a renovar de manera constante los sistemas de drenaje, a fin de que hagan posible la vida moderna (Torres & Sandoval, 2015).

La gestión de inundaciones urbanas comprende el análisis del comportamiento del agua pluvial en la red de las calles y el análisis hidráulico de los elementos que interactúan con el flujo: aceras, las obras de captación (sumideros), los colectores enterrados, las propias calles y los cruces (Silva, 2015).

Para un estudio del drenaje urbano se requiere el análisis detallado de dos fenómenos de carácter hidrológico e hidráulico: la caracterización de la lluvia, la transformación de la lluvia en escorrentía superficial con el fin de obtener los hidrogramas de entrada en la red de

drenaje (colectores) y la propagación de estos hidrogramas por la red de colectores (Gómez, 1994).

Durante un evento de lluvia los caudales de escorrentía deben introducirse en la red de drenaje en los puntos previstos, para que el agua no circule descontrolada por la superficie de la ciudad y no implique condiciones de riesgo para la circulación vehicular y peatonal (DCG, 1969).

La ciudad de Cajamarca tiene una precipitación pluvial promedio anual de 620 mm, con tres periodos, uno lluvioso con el 55% de la precipitación anual (diciembre - 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).

El interés hacia los problemas asociados al drenaje urbano en nuestras ciudades ha crecido sin género de duda en los últimos años. Y, sin embargo, para la gran mayoría de personas que residen en cualquiera de nuestras poblaciones, constituyen todavía algo alejado de nuestras preocupaciones, algo que está ahí, pero sobre lo que no existe una urgencia ni un debate diario. Las redes de alcantarillado son uno de los entramados más complejos a la vez que desconocidos, entre todas las infraestructuras del tejido urbano. El drenaje de la ciudad solo nos muestra de vez en cuando sus “enfermedades “cuando un aguacero supera su capacidad de desagüe. Enfermedades o deficiencias que se hacen presentes en varios meses del año ya que Cajamarca cuenta con una precipitación promedio alta, siendo indispensable que el sistema de drenaje pluvial funcione correctamente.

La investigación propuesta busca, mediante la aplicación de la teoría y los conceptos de drenaje evaluar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en el campus de la Universidad Privada del Norte Cajamarca.

Con la presente investigación se busca evaluar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial del campus de la Universidad Privada del Norte Cajamarca. Y verificar su correcto funcionamiento y las posibles fallas que pueda tener cuando hay fuertes precipitaciones.

En el estudio "PROBLEMÁTICA DEL DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN ZONAS URBANAS Y DEL ESTUDIO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE COLECTORES", elaborado por el instituto nacional de defensa civil (INDECI, 2005), indica en el capítulo: evaluación de peligros vulnerabilidad y riesgos que:

En la ciudad de Cajamarca, el Fenómeno de Origen Climático más recurrente son las inundaciones, se presentan durante los periodos extraordinarios de lluvias. La actividad pluvial en la ciudad de Cajamarca en condiciones normales no causa mayor daño o trastorno. Sin embargo, en eventos extraordinarios se producen daños en la ciudad y zonas adyacentes.

La ciudad de Cajamarca está sometida a diversos impactos negativos por el desarrollo de actividades humanas que afectan directamente el hábitat degradando las condiciones naturales del medio ambiente e incrementando las situaciones de riesgo en la población. La identificación de procesos antrópicos en la ciudad de Cajamarca permite refrendar las deficiencias en la aplicación de los sistemas constructivos.

La ausencia de un sistema de drenaje pluvial integral para la evacuación de las aguas de lluvia de toda la ciudad, es un impacto negativo. el desarrollo urbano debe tener una configuración adecuada para no ser afectada por las inundaciones generadas por las lluvias.

El estudio "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA", elaborado por Yáñez (2014), de la Universidad Privada del Norte-Cajamarca, indica:

Se concluyó con el análisis del diseño Hidráulico de la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, en el cual se constata que no es el correcto para el buen funcionamiento del sistema de drenaje, siendo esta una de las causantes que alteran la eficiencia del drenaje pluvial.

También 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. Se demostró que la eficiencia de operación (Eo), 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.

En el estudio "PROBLEMÁTICA DEL DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES EN ZONAS URBANAS Y DEL ESTUDIO HIDRÁULICO DE LAS REDES DE COLECTORES", por Gómez (1994), de la universidad politécnica de Catalunya, indica:

El desarrollo urbano altera sustancialmente la hidrología de las cuencas donde se produce. En particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia-escorrentía. Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conformaban la red hidrográfica original suelen ser profundamente alterados, lo que afecta de forma directa a su capacidad de desagüe y por tanto se propicia la existencia de inundaciones. Podría decirse que frecuentemente el desarrollo urbano ha sido poco respetuoso con la red de drenaje natural, lo que ha provocado graves problemas (inundaciones) por incapacidad de la red de drenaje artificial resultante. Sería de gran interés potenciar la presencia de la Hidrología y en particular el estudio del drenaje de aguas pluviales en la Planificación del Territorio.

Se le denomina drenaje a la forma de desalojo del agua en una cuenca. Es toda estructura, natural o artificial, que facilitan el escurrimiento y evita el almacenamiento del agua en una zona particular. Además, existen dos tipos de drenaje: el natural, formado por las corrientes superficiales y subterráneas, y el artificial, el cual está integrado por aquellas conducciones construidas por el hombre.

Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona a la que sirven. De este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos. (Ruiz, 2011).

El agua de escorrentía es la que corre por la superficie del suelo. El escurrimiento de esta agua se produce cuando el agua de la lluvia es mayor a la capacidad de infiltración del suelo hasta llegar a una corriente definida que la lleva a los ríos, lagos o mares. El escurrimiento está sujeto a perdidas por evaporación y por infiltración a todo lo largo de su recorrido variando las pérdidas desde cero hasta cerca de un cien por ciento (Prieto, 2009).

Se les 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 que se consideran dos tipos de estructura para las descargas (CNA, 2007).

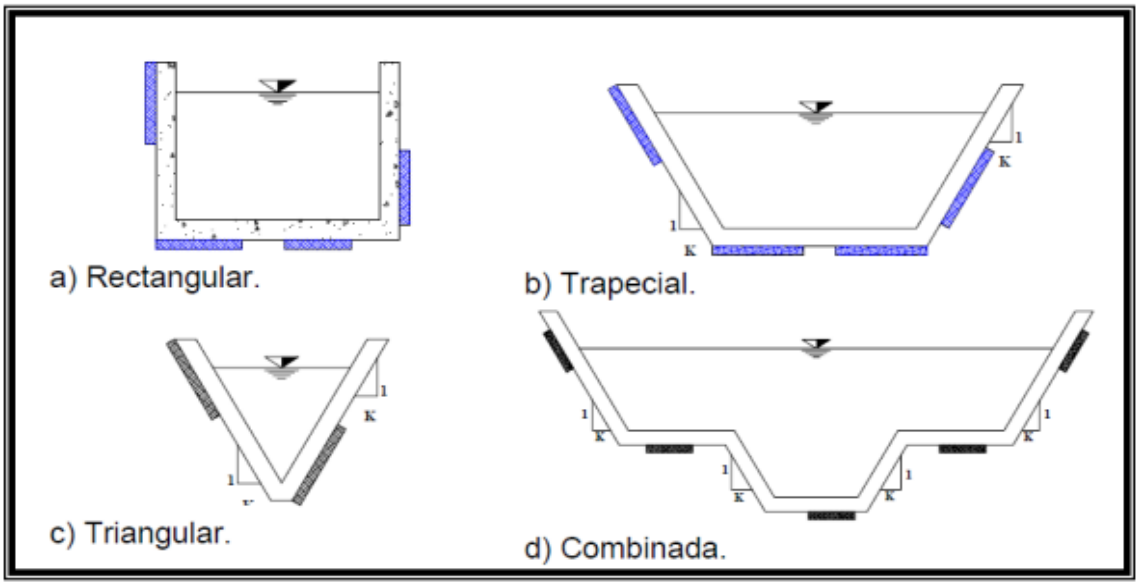


Figura 1: Secciones transversales de conductos a cielo abierto, Comisión Nacional del agua, 2007.

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 (CNA, 2007).

Un canal a cielo abierto consiste en una estructura de descarga 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 (CNA, 2007).

Todo proyecto de alcantarillado pluvial deberá contar con la información básica indicada a continuación, la misma que deberá obtenerse de las Instituciones Oficiales como el SENAMHI, Municipalidades, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento:

- Información Meteorológica.
- Planos Catastrales.
- Planos de Usos de Suelo.

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

a. Topografía.
b. Hidrología.
c. Suelos.
d. Hidráulica.
e. Impacto Ambiental.
f. Compatibilidad de uso.
g. Operación y mantenimiento.

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. Los estudios hidrológicos son fundamentales para: El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca en estudio (MTC, 2012).

Al ciclo natural o movimiento del agua en la tierra, científicamente se le llama ciclo hidrológico y se define como el orden de sucesión de los acontecimientos debidos al comportamiento del agua en la atmosfera, en la superficie del suelo en el subsuelo (Prieto, 2009).

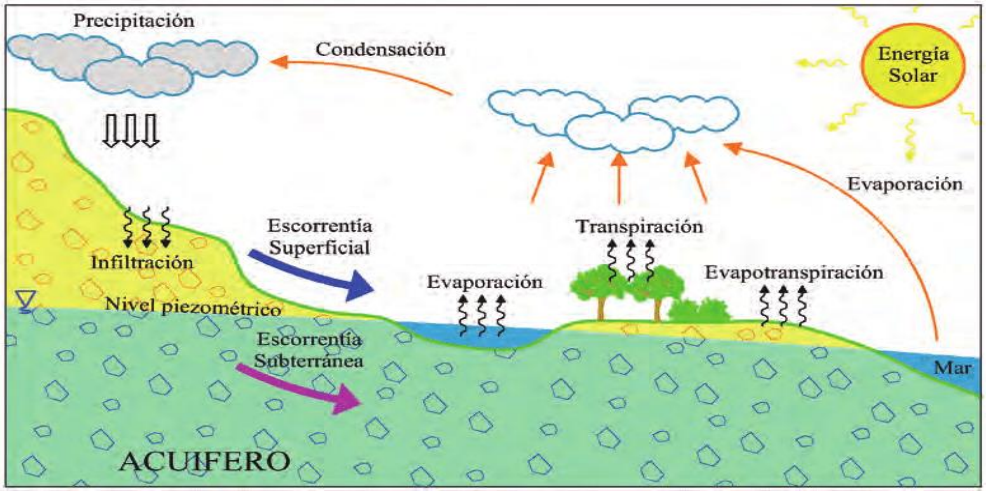


Figura 2: El ciclo hidrológico, Martínez-Alfaro y cols., (2006)

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).

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.

Figura 3: Pluviómetro, Ruiz 2008.

Figura 4: Pluviógrafo, Ruiz 2008.

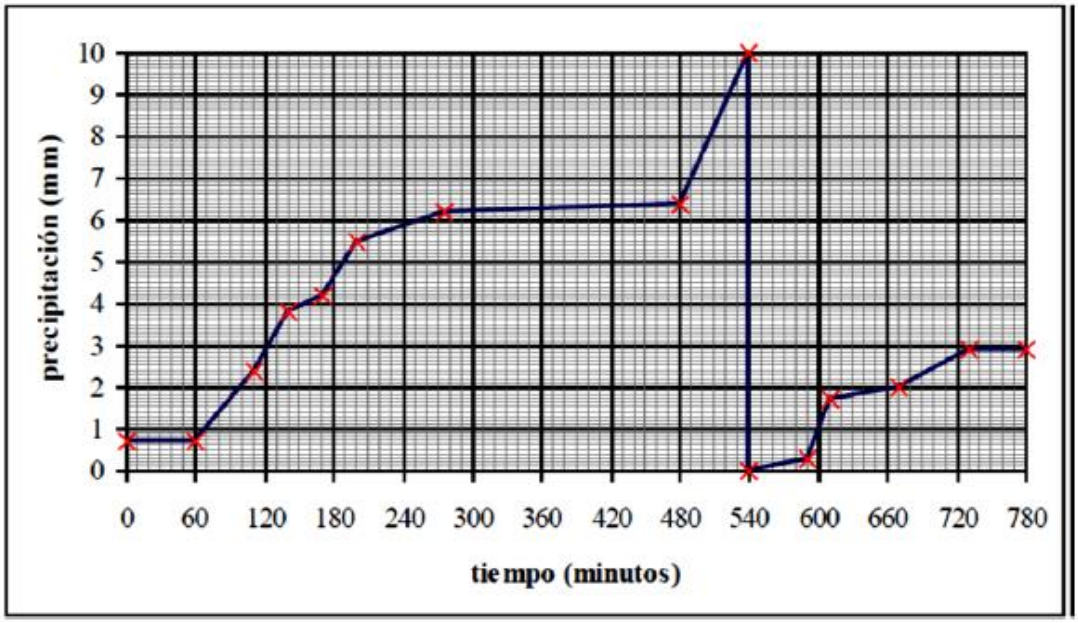


Figura 5: Pluviograma, Comisión Nacional del agua, 2011

La magnitud dividida por la duración corresponde a la intensidad media de la tormenta, medida en mm/hora. Es difícil definir lo que se entiende por intensidad representativa, ya que se puede hablar de intensidades máximas, medias, u otros valores que la representen.

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

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

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

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

Ecuación 1: Periodo de retorno

$$\mathrm{R} = 1 - (1 - 1/\mathrm{T})^{\mathrm{n}}$$

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

El "valor máximo" que se quiere determinar para un determinado período de retorno. La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

Ecuación 2: Doble exponencial

$$F(x) = e^{-e^{-\propto(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

Ecuación 3: Parámetro de concentración

$$\propto = \frac{1.2825}{\sigma}$$

Ecuación 4: Parámetro de localización

$$\beta = u - 0.45\,\sigma$$

α: Parámetro de concentración.

β: Parámetro de localización.

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba de Kolmogorov - Smirnov consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada Fo (xm) y la estimada F (xm):

Ecuación 5: Kolmogorov-Smirnov

$$D = \text{máx} / Fo(xm) - F(xm)$$

Con un valor crítico D que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado Si D<d, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

Ecuación 6: Distribución de probabilidad

$$Fo(xm) = 1 - m / (n + 1) \ (13)$$

Donde m es el número de orden de dato xm en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos. (Aparicio, 1996).

La relación Intensidad, Duración, Frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente.

Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor

valor observado correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

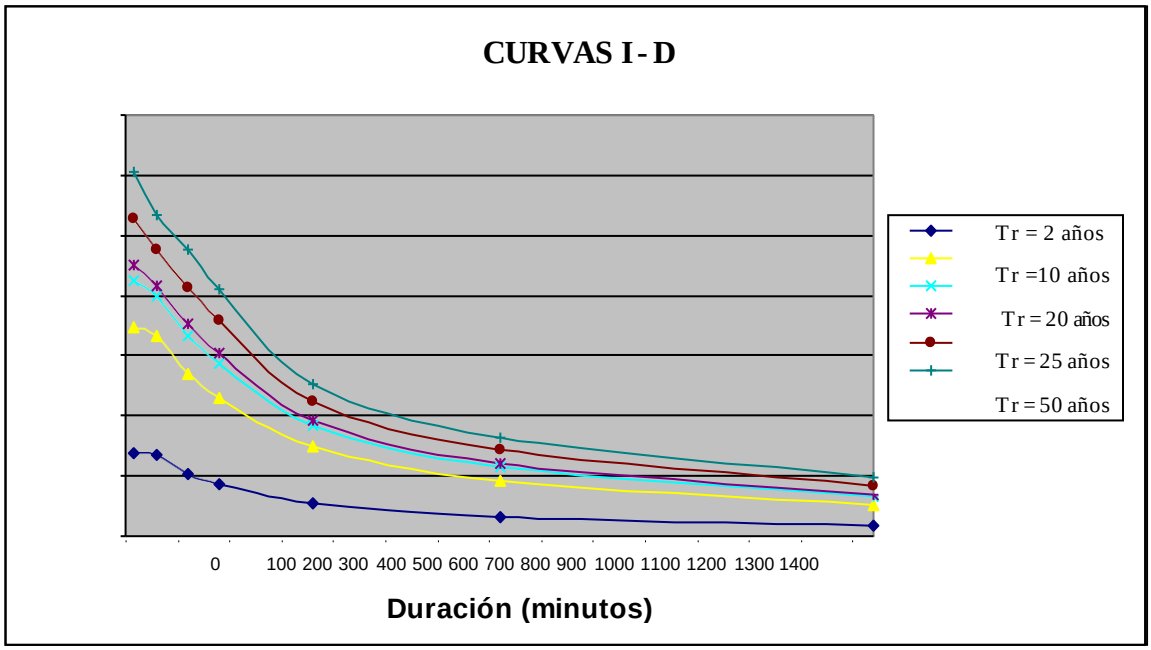


Figura 6: Curvas IDF, Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (MTC)

Se considera al Tiempo de Concentración, como el tiempo requerido para que el agua llegue desde el punto más distante del área drenada hasta el punto en consideración. Por ende y tomando en cuenta lo señalado por el manual de drenaje del Ministerio de Obras Publicas de la República de Venezuela (1967), los tiempos mínimos de concentración se pueden establecer como:

TABLA 1

Tiempo de Concentración.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	
cunetas menores a dos hectáreas	5 min
cunetas mayores a dos hectáreas	10 min

Nota. Tiempo de concentración dependiendo al área de estudio, Ministerio de Obras Publicas de la República de Venezuela (1967).

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 alguno 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 de canales y tanques de tormenta.

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, pérdida de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, estructuras hidráulicas especiales y métodos de tránsito de avenidas.

Según Ruiz (2011), Todo 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.

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 se lo puede hacer por medio de procedimientos manuales, los cuales consisten en el retiro de la basura o sedimento mediante 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 y de gran intensidad.

***Figura 7*:** cuneta sin mantenimiento

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.

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 (Villalobos, 2005).

Figura 8: Campus UPN-Cajamarca inundado.

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 (Bañon, 2000).

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.

Las precipitaciones pluviales sobre las azoteas causarán su almacenamiento; más 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.

La fórmula de Manning es la más práctica para el diseño de canales abiertos, actualmente se utiliza para conductos cerrados y tiene la siguiente expresión:

Ecuación 7: Manning

$$\mathbf{V = \frac{1}{n}(R)^{2/3}(J)^{1/2}}$$

V: Velocidad (m/s)

N: Coeficiente de Manning

R: Radio hidráulico (m)

J: Pendiente (m/m)

El radio hidráulico, es un parámetro importante en el dimensionamiento de canales, tubos y otros componentes de las obras hidráulicas, representando por la letra R, y cuya expresión es:

Ecuación 8: Radio Hidráulico

$$\mathbf{R = \frac{Am}{Pm}}$$

Dónde:

R: Radio hidráulico (m)

Am: Área mojada (m2)

Pm: Perímetro mojado (m)

Las expresiones que permiten su cálculo son función de la forma geométrica de la sección transversal del canal (Ruiz, 2011).

TABLA 2

Coeficientes de rugosidad

TIPO DE CONDUCTO	n	n
Tubería de hormigón simple	0.012 - 0.015	0.013
Tubería de plástico o PVC corrugada		0.013
Tubería de termoplástica de interior liso o PVC		0.010
Colectores y tuberías de hormigón armado, fundido en sitio.	0.013 - 0.015	0.015
Ladrillo	0.014 - 0.019	0.016
Mampostería de piedra	0.017 - 0.020	0.018
Tubería de acero corrugado	0.024 - 0.027	0.026
Canal en tierra sin revestir	0.025 - 0.040	0.033
Canal en roca sin revestir	0.030 - 0.045	0.038
Canal revestido con hormigón	0.013 - 0.015	0.015
Túnel en roca sin revestir	0.025 - 0.040	0.033
Túnel revestido con hormigón	0.014 - 0.016	0.015

Nota. Coeficiente de rugosidad de acuerdo al material de construcción, Ruiz, 2011.

Dado que el área de servicio futura es menor a las 100 ha, se utilizará el método racional, conforme a las disposiciones anteriores. El método racional sirve para determinar el caudal instantáneo máximo de descarga de una cuenca hidrográfica.

La fórmula básica del método racional es:

Ecuación 9: Caudal por el método racional

$$Q = C.I.A/360$$

Dónde:

Q: Caudal (m3/s)

C: Coeficiente de escorrentía (m2)

I: Intensidad de precipitaciones (mm/hr)

A: Área de drenaje (has.)

Esta fórmula empírica, de fácil aplicación, tiene parámetros que deben ser elegidos cuidadosamente, con el fin de obtener los resultados más confiables. Se deben tener en cuenta el momento de aplicar la ecuación, que todas las unidades sean compatibles (Ruiz, 2011).

Se entiende por coeficiente de escorrentía a la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente (ambas tendrán las mismas unidades), muy que generalmente se lo expresa con la letra C.

Tabla 3

Coeficientes de escorrentía, Chow, 1988.

TIPO DE SUPERFICIE	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas Urbanas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Cemento, tejados	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (cespedes parques,etc)							
Condicion pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Pendiente media (2 - 7%)	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente alta (> 7%)	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condicion media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% de la superficie)							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Pendiente media (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente alta (> 7%)	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condicion media (cobertura vegetal superior al 75% de la superficie)							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Pendiente media (2 - 7%)	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente alta (> 7%)	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58

TIPO DE SUPERFICIE	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas rurales							
Campos de cultivo							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Pendiente media (2 - 7%)	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente alta (> 7%)	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales, prados, dehesas							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Pendiente media (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente alta (> 7%)	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques, montes arbolados							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Pendiente media (2 - 7%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente alta (> 7%)	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de eficiencia del sistema de drenaje pluvial del campus Universidad Privada Del Norte Cajamarca, 2017?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el nivel de eficiencia del sistema de drenaje pluvial en el campus de la Universidad Privada Del Norte Sede Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Inspeccionar el lugar de estudio.

- Evaluar el estado de la infraestructura del sistema de drenaje pluvial en el campus de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca.

- Inspeccionar si las actividades de operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en el campus de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca son continuas y adecuadas.

- Determinar si el diseño hidráulico y la capacidad del sistema de drenaje pluvial en el campus de la Universidad Privada Del Norte - Cajamarca cumple con los requerimientos necesarios para las precipitaciones máximas y caudales picos.

- Proponer mejoras en la infraestructura del drenaje pluvial (prevención y corrección).

1.4. Hipótesis

El nivel de eficiencia del sistema de drenaje pluvial del campus de la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA, es bajo.

TABLA 4

Operacionalización de variables

TITULO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Nivel de Eficiencia del sistema de drenaje pluvial del campus Universidad Privada del Norte Cajamarca, 2017.	El nivel de eficiencia del sistema de drenaje pluvial del campus de la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA, es bajo	Sistema de drenaje pluvial.	Cualquier obra o instalación que permite la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno. (Gampero, 2010)	Infraestructura	• Pendiente. • Tipo de sección. • Material de revestimiento. • Antigüedad • Emisores Caudales de diseño.	% ___ ___ ___ ___ ___ l/s
				Operación y Mantenimiento	• Limpieza de cunetas. • Limpieza de Registros.	___ ___
		Eficiencia	Operar de modo que los recursos sean utilizados de forma más adecuada. (Oliveira, 2002)	Eficiencia	• Eficiencia del sistema de drenaje	%

CAPITULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

Investigación No experimental Descriptiva - Transversal porque consiste en llegar a conocer el estado actual del drenaje pluvial en el campus de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, y evaluar las posibles causas que puedan afectar su correcto funcionamiento.

2.2. Población y Muestra.

Urbanización Horacio Zevallos Cajamarca.

El campus de la Universidad Privada del Norte Cajamarca.

Figura 9: ubicación de la UPN. Google maps. 2017

Coordenadas UTM.

Este: 775670.25

Norte: 9209188.89

Altura: 2698 m.s.n.m.

2.3. Materiales instrumentos y métodos.

TABLA 5

Variables.

VARIABLE	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Capacidad del sistema de drenaje Distribución e infraestructura Operación y mantenimiento	Sistema de drenaje pluvial	Observación directa	Equipo topográfico Hoja de datos Wincha Software "Hcanales"

2.4. Procedimiento.

2.4.1. Inspecciones previas.

El análisis previo de la estructura se realizó para identificar los elementos que se necesitarán conocer para poder realizar nuestra investigación, los elementos a conocer son:

Áreas de techos: el área de los techos nos servirá para poder encontrar los caudales que estos descargarán a las cunetas.

Dimensiones de cunetas: con las dimensiones de las cunetas podremos calcular los caudales que estos conducen y soportan.

Para este trabajo se determinará qué tipos de cunetas hay (rectangulares, trapezoidales, etc.), su levantamiento consistirá en medir sus longitudes, pendientes, profundidad y ancho.

Pendientes de cunetas: servirán para ver si las cunetas tienen la caída adecuada para el tránsito del agua y para ver el arrastre de sedimentos.

2.4.2. Levantamiento de la infraestructura.

Se procedió a hacer el levantamiento de los techos utilizando equipos como: estación total, mira y prisma.

El levantamiento de las cunetas se realizó con wincha, y para las pendientes se utilizó nivel de ingeniero.

- **Áreas de techos:** Estas áreas se determinarán midiendo las pendientes de los techos y haciendo el levantamiento de los mismos, este trabajo se realizará para cada pabellón (A, B, C, D, E y F).

- **Dimensiones de cunetas:** Para este trabajo se determinará qué tipos de cunetas hay (rectangulares, trapezoidales, etc.), su levantamiento consistirá en medir sus longitudes, pendientes, profundidad y ancho.

- **Pendientes de cunetas:** se determinarán los desniveles que existen a lo largo de cada cuneta y la pendiente se calculara mediante la fórmula siguiente

Ecuación 10: Cálculo pendientes

$$P = \frac{\Delta h}{L} * 100$$

Dónde:

P: Pendiente (%)

Δh: Diferencia de alturas (m)

L: Longitud (m)

2.4.3. Precipitaciones

Para recopilar la información necesaria para realizar la tesis, se procedió a obtener información de Precipitación Máxima en 24 horas desde el año 2013 al 2017 de la estación MAP. A. WEBERBAUER de la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Cajamarca.

Para la toma de datos se utilizó los siguientes formatos, los cuales fueron validados oportunamente.

Tabla 6

Indicadores del sistema de drenaje pluvial

I.	INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO HIDRAULICO		TIPOS DE CUNETAS											
	INDICADOR	UNIDAD	C1			C2			C3			C4		
1.1	Material de revestimiento.	-	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.
1.2	Tipo de sección de cuneta		Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial
1.3	Material de rejilla.	-	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla
1.4	Radio hidraulico	m	0.086			0.085			0.092			0.091		
1.5	Pendiente.	%	0.60%			0.44%			1.37%			0.50%		
1.6	Area hidraulica	m2	0.101			0.0945			0.1035			0.0825		
1.7	altura	m	0.48			0.45			0.45			0.33		
1.8	Base	m	0.21			0.21			0.23			0.25		
1.9	Velocidad	m/s	1.162			0.987			1.829			1.098		
1.10	Caudal de diseño		0.117			0.093			0.189			0.091		
1.11	Longitud	m	25.95			3.15			46.91			8.39		
1.12	Antigüedad.	años	23			23			23			23		
1.13	Tipo de emisor.	-	Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión	
1.14	Sumidero.	-	SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO	

			TIPOS DE TECHOS								
	INDICADOR	UNIDAD	TA	TB	TC	TD		TE		TF	
						TD1	TD2	TE1	TE2	TF1	TF2
1.2.1	PENDIENTE	%	20%	15%	15%	18%	16%	26%	21%	15%	
1.2.2	AREA	m2	0	0	0	0		0	0	0	0

Tabla 7

Operación y mantenimiento

II.	OPERACION Y MANTENIMIENTO	TIPOS DE CUNETAS											
2.1	LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALETAS	C1			C2			C3			C4		
2.1.1	frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.1.2	mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.1.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.1.4	equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos
2.2	REHABILITACION DE CUNETAS	R1			R2			R3			R4		
2.2.1	frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.2.2	mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.2.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.2.4	equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos

2.4.4. Conseguir el Registro de un Pluviograma

Para la presente tesis se procedió a analizar el registro de las máximas precipitaciones en 24 horas, estas bandas fueron proporcionadas por el SENAMHI.

Procedimiento:

- ✓ Se anota las horas en que cambia la intensidad, estas horas se registran en la columna (1) de las tablas más abajo mostradas.
- ✓ Se anota la lluvia caída en cada intervalo de tiempo entre las horas de la columna (2).
- ✓ Se suma las lluvias parciales de la Columna (2), para obtener la lluvia acumulada columna (3).

TABLA 8

Análisis del Pluviograma del 2013

Fecha	Hora (1)	Precipitación(mm)	
		Horaria (2)	**Total en 24 hrs. (3)**
06-05-13	**09:00:00 a.m.**	**0.00**	**0.00**
06-05-13	**10:00:00 a.m.**	**0.20**	**0.20**
06-05-13	**11:00:00 a.m.**	**34.00**	**34.20**
06-05-13	**12:00:00 p.m.**	**22.00**	**56.20**
06-05-13	**01:00:00 p.m.**	**0.00**	**56.20**
06-05-13	**02:00:00 p.m.**	**0.00**	**56.20**
06-05-13	**03:00:00 p.m.**	**0.00**	**56.20**
06-05-13	**04:00:00 p.m.**	**0.00**	**56.20**
06-05-13	**05:00:00 p.m.**	**0.00**	**56.20**
06-05-13	**06:00:00 p.m.**	**0.00**	**56.20**
06-05-13	**07:00:00 p.m.**	**0.00**	**56.20**
06-05-13	**08:00:00 p.m.**	**1.70**	**57.90**
06-05-13	**09:00:00 p.m.**	**5.30**	**63.20**
06-05-13	**10:00:00 p.m.**	**0.20**	**63.40**
06-05-13	**11:00:00 p.m.**	**0.00**	**63.40**
07-05-13	**12:00:00 a.m.**	**0.00**	**63.40**
07-05-13	**01:00:00 a.m.**	**0.00**	**63.40**
07-05-13	**02:00:00 a.m.**	**0.20**	**63.60**
07-05-13	**03:00:00 a.m.**	**0.20**	**63.80**
07-05-13	**04:00:00 a.m.**	**0.00**	**63.80**
07-05-13	**05:00:00 a.m.**	**0.00**	**63.80**
07-05-13	**06:00:00 a.m.**	**0.00**	**63.80**
07-05-13	**07:00:00 a.m.**	**0.00**	**0.00**

Nota: Registro tormenta 2013, SENAMHI, 2017

TABLA 9

Análisis del Pluviograma del 2014

Fecha	Hora (1)	Precipitación(mm)	
		Horaria (2)	Total en 24 hrs. (3)
22-03-14	08:00:00 a.m.	0.00	0.00
22-03-14	09:00:00 a.m.	0.20	0.20
22-03-14	10:00:00 a.m.	0.00	0.20
22-03-14	11:00:00 a.m.	0.00	0.20
22-03-14	12:00:00 p.m.	0.00	0.20
22-03-14	01:00:00 p.m.	0.00	0.20
22-03-14	02:00:00 p.m.	0.00	0.20
22-03-14	03:00:00 p.m.	1.00	1.20
22-03-14	04:00:00 p.m.	1.20	2.40
22-03-14	05:00:00 p.m.	4.00	6.40
22-03-14	06:00:00 p.m.	0.50	6.90
22-03-14	07:00:00 p.m.	0.20	7.10
22-03-14	08:00:00 p.m.	4.50	11.60
22-03-14	09:00:00 p.m.	8.10	19.70
22-03-14	10:00:00 p.m.	1.70	21.40
22-03-14	11:00:00 p.m.	0.00	21.40
23-03-14	12:00:00 a.m.	0.20	21.60
23-03-14	01:00:00 a.m.	0.00	21.60
23-03-14	02:00:00 a.m.	0.00	21.60
23-03-14	03:00:00 a.m.	0.00	21.60
23-03-14	04:00:00 a.m.	0.00	21.60
23-03-14	05:00:00 a.m.	0.00	21.60
23-03-14	06:00:00 a.m.	0.00	21.60
23-03-14	07:00:00 a.m.	0.00	0.00

Nota: Registro tormenta 2014, SENAMHI, 2017

TABLA 10

Análisis del Pluviograma del 2015

Fecha	Hora (1)	Precipitación(mm)	
		Horaria (2)	Total en 24 hrs. (3)
18-03-15	06:00:00 a.m.	0.00	0.00
18-03-15	07:00:00 a.m.	0.20	0.20
18-03-15	08:00:00 a.m.	0.50	0.70
18-03-15	09:00:00 a.m.	0.00	0.70
18-03-15	10:00:00 a.m.	0.00	0.70
18-03-15	11:00:00 a.m.	0.00	0.70
18-03-15	12:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	01:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	02:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	03:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	04:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	05:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	06:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	07:00:00 p.m.	0.00	0.70
18-03-15	08:00:00 p.m.	3.50	4.20
18-03-15	09:00:00 p.m.	4.80	9.00
18-03-15	10:00:00 p.m.	10.60	19.60
18-03-15	11:00:00 p.m.	4.80	24.40
19-03-15	12:00:00 a.m.	4.00	28.40
19-03-15	01:00:00 a.m.	1.00	29.40
19-03-15	02:00:00 a.m.	0.20	29.60
19-03-15	03:00:00 a.m.	0.00	29.60
19-03-15	04:00:00 a.m.	0.00	29.60
19-03-15	05:00:00 a.m.	0.00	29.60
19-03-15	06:00:00 a.m.	0.20	29.80
19-03-15	07:00:00 a.m.	0.00	0.00

Nota: Registro tormenta 2015, SENAMHI, 2017

TABLA 11

Análisis del Pluviograma del 2016

Fecha	Hora (1)	Precipitación(mm)	
		Horaria (2)	Total en 24 hrs. (3)
14-03-15	05:00:00 p.m.	0.00	0.00
14-03-15	06:00:00 p.m.	2.20	2.20
14-03-15	07:00:00 p.m.	13.70	15.90
14-03-15	08:00:00 p.m.	9.30	25.20
14-03-15	09:00:00 p.m.	3.00	28.20
14-03-15	10:00:00 p.m.	0.20	28.40
14-03-15	11:00:00 p.m.	0.20	28.60
15-03-15	12:00:00 a.m.	0.00	28.60
15-03-15	01:00:00 a.m.	0.00	28.60
15-03-15	02:00:00 a.m.	0.20	28.80
15-03-15	03:00:00 a.m.	0.00	28.80
15-03-15	04:00:00 a.m.	0.00	28.80
15-03-15	05:00:00 a.m.	0.00	28.80
15-03-15	06:00:00 a.m.	0.00	28.80
15-03-15	07:00:00 a.m.	0.00	0.00

Nota: Registro tormenta 2016, SENAMHI, 2017

2.4.5. 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:

Ecuación 11: Intensidad

$$(6) = \frac{Lluvia\ parcial\ (4)}{\text{Intervalo de tiempo}(2)}$$

Ecuación 12: Conversión de unidades (mm/h)

$$(7) = (6)\frac{mm}{\text{min}} x\ 60\ min$$

TABLA 12

Análisis de tormenta año 2013

Hora (1)	Intervalo de Tiempo (min) (2)	Intervalo Acumulado (min) (3)	Lluvia Parcial (4)	Lluvia Acumulada (5)	INTENSIDADES (mm/min) (6)	INTENSIDADES (mm/h) (7)
9:00:00 a. m.	0	0	0.00	0.00	0.000	0.000
10:00:00 a. m.	60	60	0.20	0.20	0.003	0.200
11:00:00 a. m.	60	120	34.00	34.20	0.567	34.000
12:00:00 p. m.	60	180	22.00	56.20	0.367	22.000
1:00:00 p. m.	60	240	0.00	56.20	0.000	0.000
2:00:00 p. m.	60	300	0.00	56.20	0.000	0.000
3:00:00 p. m.	60	360	0.00	56.20	0.000	0.000
4:00:00 p. m.	60	420	0.00	56.20	0.000	0.000
5:00:00 p. m.	60	480	0.00	56.20	0.000	0.000
6:00:00 p. m.	60	540	0.00	56.20	0.000	0.000
7:00:00 p. m.	60	600	0.00	56.20	0.000	0.000
8:00:00 p. m.	60	660	1.70	57.90	0.028	1.700
9:00:00 p. m.	60	720	5.30	63.20	0.088	5.300
10:00:00 p. m.	60	780	0.20	63.40	0.003	0.200
11:00:00 p. m.	60	840	0.00	63.40	0.000	0.000
12:00:00 a. m.	60	900	0.00	63.40	0.000	0.000
1:00:00 a. m.	60	960	0.00	63.40	0.000	0.000
2:00:00 a. m.	60	1020	0.20	63.60	0.003	0.200
3:00:00 a. m.	60	1080	0.20	63.80	0.003	0.200
4:00:00 a. m.	60	1140	0.00	63.80	0.000	0.000
5:00:00 a. m.	60	1200	0.00	63.80	0.000	0.000
6:00:00 a. m.	60	1260	0.00	63.80	0.000	0.000
7:00:00 a. m.	60	1320	0.00	0.00	0.000	0.000

Gráfico 1

Hietograma tormenta Año 2013

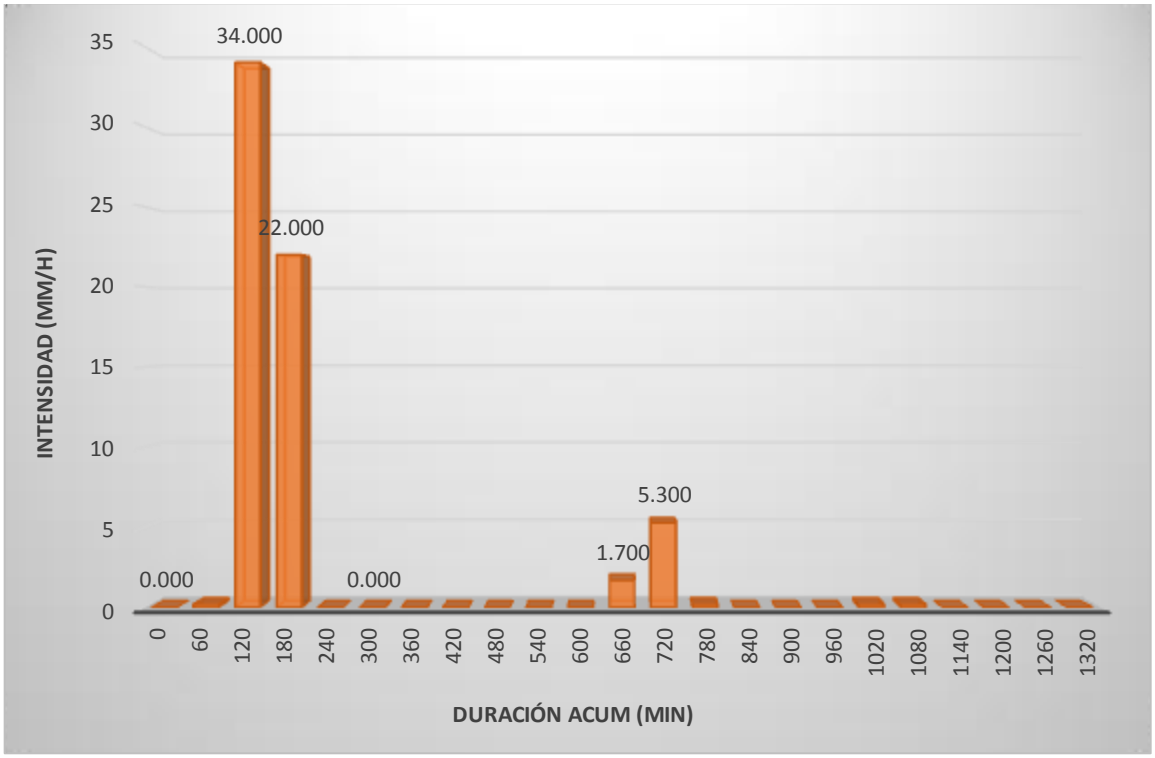


TABLA 13

Análisis de tormenta año 2014

Hora (1)	Intervalo de Tiempo (min) (2)	Intervalo Acumulado (min) (3)	Lluvia Parcial (4)	Lluvia Acumulada (5)	INTENSIDADES (mm/min) (6)	INTENSIDADES (mm/h) (7)
8:00:00 a. m.	0	0	0.00	0.00	0.000	0.000
9:00:00 a. m.	60	60	0.20	0.20	0.003	0.200
10:00:00 a. m.	60	120	0.00	0.20	0.000	0.000
11:00:00 a. m.	60	180	0.00	0.20	0.000	0.000
12:00:00 p. m.	60	240	0.00	0.20	0.000	0.000
1:00:00 p. m.	60	300	0.00	0.20	0.000	0.000
2:00:00 p. m.	60	360	0.00	0.20	0.000	0.000
3:00:00 p. m.	60	420	1.00	1.20	0.017	1.000
4:00:00 p. m.	60	480	1.20	2.40	0.020	1.200
5:00:00 p. m.	60	540	4.00	6.40	0.067	4.000
6:00:00 p. m.	60	600	0.50	6.90	0.008	0.500
7:00:00 p. m.	60	660	0.20	7.10	0.003	0.200
8:00:00 p. m.	60	720	4.50	11.60	0.075	4.500
9:00:00 p. m.	60	780	8.10	19.70	0.135	8.100

Hora (1)	Intervalo de Tiempo (min) (2)	Intervalo Acumulado (min) (3)	Lluvia Parcial (4)	Lluvia Acumulada (5)	INTENSIDADES (mm/min) (6)	INTENSIDADES (mm/h) (7)
10:00:00 p. m.	60	840	1.70	21.40	0.028	1.700
11:00:00 p. m.	60	900	0.00	21.40	0.000	0.000
12:00:00 a. m.	60	960	0.20	21.60	0.003	0.200
1:00:00 a. m.	60	1020	0.00	21.60	0.000	0.000
2:00:00 a. m.	60	1080	0.00	21.60	0.000	0.000
3:00:00 a. m.	60	1140	0.00	21.60	0.000	0.000
4:00:00 a. m.	60	1200	0.00	21.60	0.000	0.000
5:00:00 a. m.	60	1260	0.00	21.60	0.000	0.000
6:00:00 a. m.	60	1320	0.00	21.60	0.000	0.000
7:00:00 a. m.	60	1380	0.00	0.00	0.000	0.000

Gráfico 2

Hietograma tormenta Año 2014

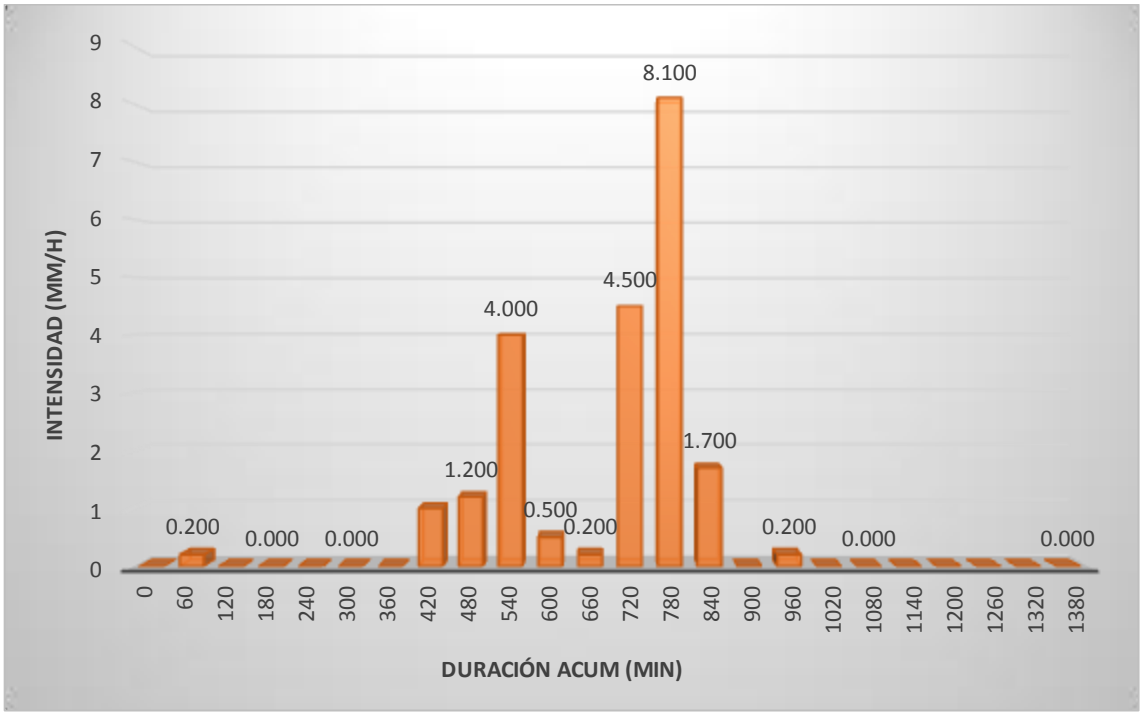


TABLA 14

Análisis de tormenta año 2015

Hora (1)	Intervalo de Tiempo (min) (2)	Intervalo Acumulado (min) (3)	Lluvia Parcial (4)	Lluvia Acumulada (5)	INTENSIDADES (mm/min) (6)	INTENSIDADES (mm/h) (7)
6:00:00 a. m.	0	0	0.00	0.00	0.000	0.000
7:00:00 a. m.	60	60	0.20	0.20	0.003	0.200
8:00:00 a. m.	60	120	0.50	0.70	0.008	0.500
9:00:00 a. m.	60	180	0.00	0.70	0.000	0.000
10:00:00 a. m.	60	240	0.00	0.70	0.000	0.000
11:00:00 a. m.	60	300	0.00	0.70	0.000	0.000
12:00:00 p. m.	60	360	0.00	0.70	0.000	0.000
1:00:00 p. m.	60	420	0.00	0.70	0.000	0.000
2:00:00 p. m.	60	480	0.00	0.70	0.000	0.000
3:00:00 p. m.	60	540	0.00	0.70	0.000	0.000
4:00:00 p. m.	60	600	0.00	0.70	0.000	0.000
5:00:00 p. m.	60	660	0.00	0.70	0.000	0.000
6:00:00 p. m.	60	720	0.00	0.70	0.000	0.000
7:00:00 p. m.	60	780	0.00	0.70	0.000	0.000
8:00:00 p. m.	60	840	3.50	4.20	0.058	3.500
9:00:00 p. m.	60	900	4.80	9.00	0.080	4.800
10:00:00 p. m.	60	960	10.60	19.60	0.177	10.600
11:00:00 p. m.	60	1020	4.80	24.40	0.080	4.800
12:00:00 a. m.	60	1080	4.00	28.40	0.067	4.000
1:00:00 a. m.	60	1140	1.00	29.40	0.017	1.000
2:00:00 a. m.	60	1200	0.20	29.60	0.003	0.200
3:00:00 a. m.	60	1260	0.00	29.60	0.000	0.000
4:00:00 a. m.	60	1320	0.00	29.60	0.000	0.000
5:00:00 a. m.	60	1380	0.00	29.60	0.000	0.000
6:00:00 a. m.	60	1440	0.20	29.80	0.003	0.200
7:00:00 a. m.	60	1500	0.00	0.00	0.000	0.000

Gráfico 3

Hietograma tormenta Año 2015

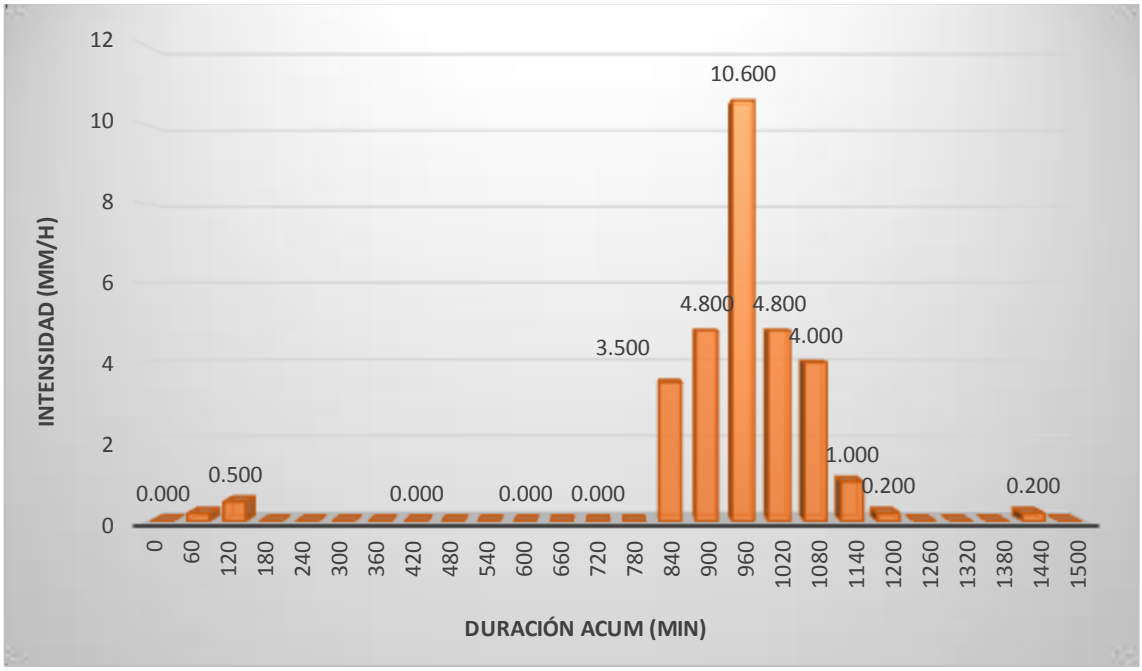


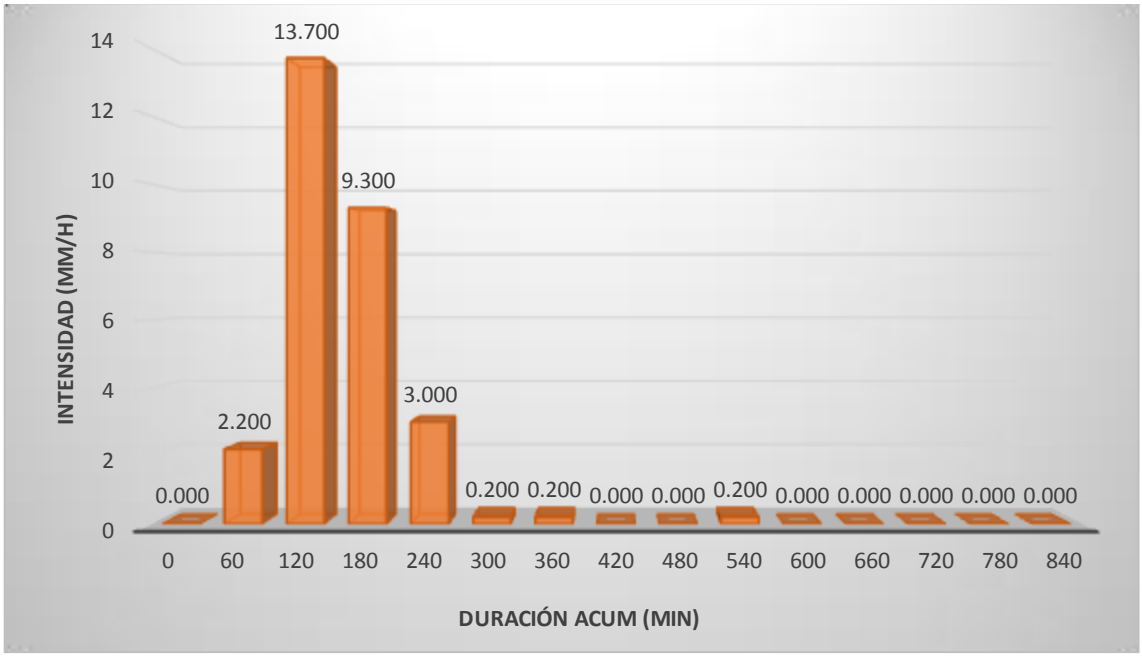
TABLA 15

Análisis de tormenta año 2016

Hora (1)	Intervalo de Tiempo (min) (2)	Intervalo Acumulado (min) (3)	Lluvia Parcial (4)	Lluvia Acumulada (5)	INTENSIDADES (mm/min) (6)	INTENSIDADES (mm/h) (7)
5:00:00 p. m.	0	0	0.00	0.00	0.000	0.000
6:00:00 p. m.	60	60	2.20	2.20	0.037	2.200
7:00:00 p. m.	60	120	13.70	15.90	0.228	13.700
8:00:00 p. m.	60	180	9.30	25.20	0.155	9.300
9:00:00 p. m.	60	240	3.00	28.20	0.050	3.000
10:00:00 p. m.	60	300	0.20	28.40	0.003	0.200
11:00:00 p. m.	60	360	0.20	28.60	0.003	0.200
12:00:00 a. m.	60	420	0.00	28.60	0.000	0.000
1:00:00 a. m.	60	480	0.00	28.60	0.000	0.000
2:00:00 a. m.	60	540	0.20	28.80	0.003	0.200
3:00:00 a. m.	60	600	0.00	28.80	0.000	0.000
4:00:00 a. m.	60	660	0.00	28.80	0.000	0.000
5:00:00 a. m.	60	720	0.00	28.80	0.000	0.000
6:00:00 a. m.	60	780	0.00	28.80	0.000	0.000
7:00:00 a. m.	60	840	0.00	0.00	0.000	0.000

Gráfico 4

Hietograma tormenta Año 2016



- 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 procesar y obtener los datos mostrados en las tablas "Análisis de Tormenta Tabulación", se procede a determinar las intensidades máximas par diferentes intervalos de tiempo para ello procedemos de la siguiente manera:

A. Intensidad Máxima para 5, 10, 15, 30 y 60 minutos

Las tablas "Análisis de Tormenta Tabulación" están con intervalos de tiempo cada 60 minutos, por lo que las intensidades Máximas para estos tiempos serán los mismos valores de la columna 7 de cada tabla. Luego se procederá a promediar los valores para obtener las Intensidades Máximas de estos intervalos de tiempo.

Intensidad máxima para 120 minutos:

Tabla 16

ANÁLISIS DE TORMENTAS: TABULACIÓN 2016

Hora (1)	*Intervalo de Tiempo (min) (2)*	*Intervalo Acumulado (min) (3)*	*Lluvia Parcial (4)*	*Lluvia Acumulada (5)*	*INTENSIDADES (mm/min) (6)*	*(mm/h) (7)*
5:00:00 p. m.	*0*	*0*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*
6:00:00 p. m.	*60*	*60*	*2.20*	*2.20*	*0.04*	*2.20*
7:00:00 p. m.	*60*	*120*	*13.70*	*15.90*	*0.23*	*13.70*
8:00:00 p. m.	*60*	*180*	*9.30*	*25.20*	*0.16*	*9.30*

Observando el cuadro desde las 5:00 pm a 7:00 pm, tenemos un intervalo de tiempo de 120 min. Con una Intensidad de 2.2 mm/h. para los primeros 60 min, y con una Intensidad de 13.70 mm/h, para el intervalo de 120 min. Con estos datos procederemos a calcular las Intensidades Máximas.

$$Intensidad\ Max. = \frac{(60 * 2.2) + (60 * 13.70)}{(60 + 60)} = 7.95\,\frac{mm}{h}$$

El valor de 7.95 mm/h es la Intensidad Máxima en los primeros 120 minutos de la tormenta.

Para los 120 minutos siguientes (6:00 pm – 8:00 pm)

De 6:00 pm a 7:00 pm hay un intervalo de tiempo de 60 min con una intensidad de 13.70 mm/h

De 7:00 pm a 8:00 pm hay un intervalo de tiempo de 60 min con una intensidad de 9.30 mm/h.

Entonces:

$$Intensidad\ Max. = \frac{(60 * 13.7) + (60 * 9.30)}{(60 + 60)} = 11.5\,\frac{mm}{h}$$

- Este procedimiento se repite para el resto de intervalos, hasta completar la duración de la tormenta.

- Luego de obtener las Intensidades Máximas se las promedia para hallar la Intensidad Máxima para cada intervalo de tiempo, en este caso para 120 minutos.
- El mismo procedimiento se repetirá para los intervalos de tiempo de 5, 10, 15, 30, 60, 240, etc.

Tabla 17

Intensidades máximas para año 2013

AÑO: 2013									
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)
34 mm/h	34 mm/h	34 mm/h	34 mm/h	34 mm/h	2.90 mm/h	2.38 mm/h	1.37 mm/h	0.85 mm/h	0.56 mm/h

Tabla 18

Intensidades máximas para año 2014

AÑO: 2014									
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)
8.1 mm/h	8.1 mm/h	8.1 mm/h	8.1 mm/h	8.1 mm/h	0.93 mm/h	0.93 mm/h	0.93 mm/h	0.93 mm/h	0.64 mm/h

Tabla 19

Intensidades máximas para año 2015

AÑO: 2015									
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)
10.6 mm/h	10.6 mm/h	10.6 mm/h	10.6 mm/h	10.6 mm/h	1.19 mm/h	1.18 mm/h	1.18 mm/h	1.32 mm/h	1.2 mm/h

Tabla 20

Intensidades máximas para año 2016

AÑO: 2016									
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)
13.7 mm/h	13.7mm/h	13.7 mm/h	13.7 mm/h	13.7 mm/h	1.98 mm/h	1.27 mm/h	0.71 mm/h	0.42 mm/h	0.4 mm/h

B. Modelación Hidráulica

Con los datos obtenidos y que se muestran en las tablas anteriores del análisis de tormenta completamos la tabla de intensidades máximas, las cuales se obtuvieron del Estudio hidrológico aplicado al drenaje de carreteras F. Huamán, F. Alva. UNC, Perú),

y de la tesis de Eficiencia del drenaje pluvial en la avenida Angamos y jr. Santa Rosa (Yañes, 2014). Obteniendo:

TABLA 21

Intensidades Máximas (mm/h) de la Estación WEBERBAWER

m	AÑO	5 min.	10 min.	30 min.	60 min.	120 min.	
1	1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00	Intensidades Máximas Obtenidas del estudio hidrológico aplicado al drenaje de carreteras F. Huamán, F. Alva.(UNC, Perú 1999)
2	1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00	
3	1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00	
4	1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00	
5	1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.28	
6	1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02	
7	1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27	
8	1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99	
9	1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80	
10	1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05	
11	1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23	
12	1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95	
13	1988	70.40	52.80	23.00	13.79	7.85	
14	1989	73.60	47.80	28.00	16.00	9.60	
15	1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00	
16	1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00	
17	1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00	
18	1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00	
19	1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91	
20	1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32	
21	1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12	
22	1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94	
23	1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50	
24	1999	70.80	42.85	20.05	11.00	4.44	
25	2003	27.26	17.80	8.20	5.40	4.00	**Intensidades Máximas obtenidas de la tesis Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la avenida Angamos y jr. Santo Rosa (Yáñez, 2014).**
26	2004	110.00	92.50	34.00	34.00	17.00	
27	2005	6.67	6.30	5.20	3.90	3.20	
28	2006	39.00	25.50	10.30	6.40	4.60	
29	2007	15.43	15.40	5.5	2.80	2.30	
30	2008	36.00	25.00	14.60	10.10	7.60	
31	2009	85.50	51.20	29.40	17.00	8.80	
32	2010	27.00	27.00	24.90	17.20	11.00	
33	2011	16.50	15.00	9.20	7.10	5.30	

m	AÑO	5 min.	10 min.	30 min.	60 min.	120 min.	
34	2012	32.40	32.40	11.00	7.80	4.20	Intensidades Máximas obtenidas de análisis de tormenta de SENAMHI
35	2013	34.00	34.00	34.00	34.00	2.38	
36	2014	8.10	8.10	8.10	8.10	0.93	
37	2015	10.60	10.60	10.60	10.60	1.18	
38	2016	13.70	13.70	13.70	13.70	1.27	

Para los datos de la **Tabla 21** 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 5

Proceso de Selección de una distribución Teórica, Yáñez, 2014

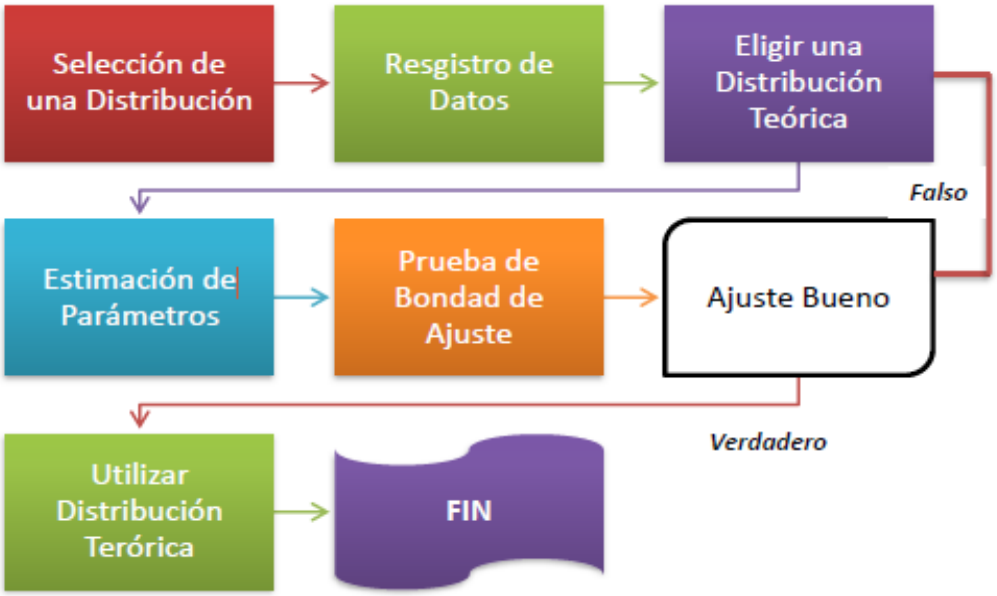


Tabla 22

Distribución Gumbel

$$\propto = 0.78 * S$$

$$\mu = X - 0.45 * S$$

	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
Promedio (X)	59.45	46.11	25.21	16.11	8.32
Desviación Estándar (S)	30.59	22.22	10.99	7.46	4.21
α	23.86	17.33	8.57	5.82	3.28
μ	45.69	36.11	20.26	12.75	6.42

Prueba de Bondad de Ajuste	
	Para 5min.

TABLA 23

Prueba de ajuste de bondad para un periodo de 5 minutos

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1 -P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
1	112.80	0.0256	0.9744	0.9417	0.0327
2	111.60	0.0513	0.9487	0.9388	0.0099
3	110.00	0.0769	0.9231	0.9347	0.0116
4	92.00	0.1026	0.8974	0.8663	0.0311
5	91.49	0.1282	0.8718	0.8636	0.0082
6	88.29	0.1538	0.8462	0.8456	0.0006
7	85.50	0.1795	0.8205	0.8282	0.0077
8	84.60	0.2051	0.7949	0.8222	0.0273
9	83.00	0.2308	0.7692	0.8112	0.0420
10	82.20	0.2564	0.7436	0.8054	0.0618
11	81.30	0.2821	0.7179	0.7987	0.0808
12	76.00	0.3077	0.6923	0.7553	0.0630
13	75.30	0.3333	0.6667	0.7490	0.0823
14	73.60	0.3590	0.6410	0.7332	0.0922
15	73.02	0.3846	0.6154	0.7276	0.1122

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1 -P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
16	71.11	0.4103	0.5897	0.7086	0.1189
17	70.80	0.4359	0.5641	0.7054	0.1413
18	70.40	0.4615	0.5385	0.7012	0.1627
19	68.00	0.4872	0.5128	0.6754	0.1626
20	67.20	0.5128	0.4872	0.6664	0.1792
22	60.00	0.5641	0.4359	0.5776	0.1417
23	59.31	0.5897	0.4103	0.5684	0.1581
24	58.00	0.6154	0.3846	0.5505	0.1659
25	56.00	0.6410	0.3590	0.5225	0.1635
26	39.00	0.6667	0.3333	0.2662	0.0671
27	36.00	0.6923	0.3077	0.2229	0.0848
28	34.00	0.7179	0.2821	0.1955	0.0866
29	32.40	0.7436	0.2564	0.1746	0.0818
30	27.26	0.7692	0.2308	0.1147	0.1161
31	27.00	0.7949	0.2051	0.1120	0.0931
32	26.00	0.8205	0.1795	0.1020	0.0775
33	16.50	0.8462	0.1538	0.0334	0.1204
34	15.43	0.8718	0.1282	0.0286	0.0996
35	13.70	0.8974	0.1026	0.0219	0.0807
36	10.60	0.9231	0.0769	0.0129	0.0640
37	8.10	0.9487	0.0513	0.0080	0.0433
38	6.67	0.9744	0.0256	0.0059	0.0197

N= 38

$$N > 35 \rightarrow \Delta o = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

$$\Delta máx < \Delta o$$

Δo 0.22062113

$\Delta máx$	0.1793	<	Δo	0.22062113	SÍ CUMPLE

Para 10min.

TABLA 24

Prueba de ajuste de bondad para un periodo de 10 minutos

Orden **(m)**	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
1	92.50	0.0256	0.9744	0.9621	0.0123
2	75.15	0.0513	0.9487	0.9002	0.0485
3	75.00	0.0769	0.9231	0.8994	0.0237
4	73.00	0.1026	0.8974	0.8878	0.0097
5	71.80	0.1282	0.8718	0.8802	0.0084
6	68.10	0.1538	0.8462	0.8539	0.0077
7	66.34	0.1795	0.8205	0.8396	0.0191
8	65.40	0.2051	0.7949	0.8315	0.0366
9	64.18	0.2308	0.7692	0.8203	0.0511
10	63.00	0.2564	0.7436	0.8090	0.0654
11	60.21	0.2821	0.7179	0.7796	0.0616
12	60.10	0.3077	0.6923	0.7783	0.0860
13	60.00	0.3333	0.6667	0.7772	0.1105
14	56.25	0.3590	0.6410	0.7313	0.0903
15	54.80	0.3846	0.6154	0.7116	0.0962
16	54.40	0.4103	0.5897	0.7060	0.1162
17	53.00	0.4359	0.5641	0.6856	0.1215
18	52.80	0.4615	0.5385	0.6826	0.1441
19	51.20	0.4872	0.5128	0.6579	0.1450
20	51.00	0.5128	0.4872	0.6547	0.1675
21	50.40	0.5385	0.4615	0.6450	0.1834
22	49.20	0.5641	0.4359	0.6250	0.1891
23	47.80	0.5897	0.4103	0.6008	0.1905
24	42.85	0.6154	0.3846	0.5077	0.1230
25	39.00	0.6410	0.3590	0.4289	0.0699
26	34.00	0.6667	0.3333	0.3231	0.0102
27	32.40	0.6923	0.3077	0.2897	0.0180
28	27.00	0.7179	0.2821	0.1842	0.0979

Orden **(m)**	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
29	25.50	0.7436	0.2564	0.1581	0.0983
30	25.00	0.7692	0.2308	0.1498	0.0810
31	24.00	0.7949	0.2051	0.1338	0.0713
32	17.80	0.8205	0.1795	0.0563	0.1231
33	15.40	0.8462	0.1538	0.0368	0.1171
34	15.00	0.8718	0.1282	0.0340	0.0942
35	13.70	0.8974	0.1026	0.0261	0.0764
36	10.60	0.9231	0.0769	0.0128	0.0641
37	8.10	0.9487	0.0513	0.0065	0.0448
38	6.30	0.9744	0.0256	0.0038	0.0219

N= 38

$$N > 35 \rightarrow \Delta o = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

$$\Delta máx < \Delta o$$

Δo 0.22062113

$\Delta máx$	0.1905	<	Δo	0.22062113	SÍ CUMPLE

Para 30min.

TABLA 25

Prueba de ajuste de bondad para un periodo de 30 minutos

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
1	41.00	0.0256	0.9744	0.9148	0.0596
2	40.60	0.0513	0.9487	0.9109	0.0378
3	38.00	0.0769	0.9231	0.8813	0.0418
4	37.94	0.1026	0.8974	0.8805	0.0170
5	37.20	0.1282	0.8718	0.8704	0.0014
6	37.00	0.1538	0.8462	0.8676	0.0214
7	37.00	0.1795	0.8205	0.8676	0.0471
8	36.22	0.2051	0.7949	0.8559	0.0611
9	35.04	0.2308	0.7692	0.8365	0.0673
10	34.00	0.2564	0.7436	0.8175	0.0739
11	34.00	0.2821	0.7179	0.8175	0.0995
12	33.80	0.3077	0.6923	0.8136	0.1213
13	32.44	0.3333	0.6667	0.7853	0.1186
14	31.40	0.3590	0.6410	0.7612	0.1201
15	30.11	0.3846	0.6154	0.7282	0.1128
16	29.40	0.4103	0.5897	0.7085	0.1188
17	29.13	0.4359	0.5641	0.7007	0.1366
18	28.66	0.4615	0.5385	0.6868	0.1484
19	28.00	0.4872	0.5128	0.6665	0.1537
20	28.00	0.5128	0.4872	0.6665	0.1793
21	27.60	0.5385	0.4615	0.6537	0.1922
22	25.56	0.5641	0.4359	0.5832	0.1473
23	24.90	0.5897	0.4103	0.5585	0.1483
24	23.00	0.6154	0.3846	0.4834	0.0988
25	21.60	0.6410	0.3590	0.4249	0.0660
26	21.00	0.6667	0.3333	0.3994	0.0660
27	20.05	0.6923	0.3077	0.3587	0.0510
28	19.00	0.7179	0.2821	0.3138	0.0318

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
29	14.60	0.7436	0.2564	0.1443	0.1121
30	13.70	0.7692	0.2308	0.1165	0.1143
31	11.00	0.7949	0.2051	0.0525	0.1526
32	10.60	0.8205	0.1795	0.0456	0.1338
33	10.30	0.8462	0.1538	0.0409	0.1129
34	9.20	0.8718	0.1282	0.0264	0.1018
35	8.20	0.8974	0.1026	0.0168	0.0857
36	8.10	0.9231	0.0769	0.0161	0.0609
37	5.50	0.9487	0.0513	0.0037	0.0476
38	5.20	0.9744	0.0256	0.0030	0.0226

N= 38

$$N > 35 \rightarrow \Delta o = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

$$\Delta máx < \Delta o$$

Δo 0.22062113

$\Delta máx$	0.1922	<	Δo	0.22062113	SÍ CUMPLE

Para 60min.

TABLA 26

Prueba de ajuste de bondad para un periodo de 60 minutos

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
1	34.00	0.0256	0.9744	0.9744	0.0001
2	34.00	0.0513	0.9487	0.9744	0.0257
3	27.10	0.0769	0.9231	0.9187	0.0044
4	26.00	0.1026	0.8974	0.9026	0.0052
5	23.71	0.1282	0.8718	0.8590	0.0127
6	23.10	0.1538	0.8462	0.8447	0.0014
7	23.00	0.1795	0.8205	0.8423	0.0218
8	23.00	0.2051	0.7949	0.8423	0.0474
9	21.08	0.2308	0.7692	0.7876	0.0183
10	21.00	0.2564	0.7436	0.7850	0.0414
11	19.04	0.2821	0.7179	0.7124	0.0056
12	19.00	0.3077	0.6923	0.7107	0.0184
13	18.00	0.3333	0.6667	0.6666	0.0001
14	17.88	0.3590	0.6410	0.6610	0.0200
15	17.86	0.3846	0.6154	0.6601	0.0447
16	17.20	0.4103	0.5897	0.6279	0.0382
17	17.00	0.4359	0.5641	0.6178	0.0537
18	16.72	0.4615	0.5385	0.6033	0.0648
19	16.00	0.4872	0.5128	0.5644	0.0516
20	15.63	0.5128	0.4872	0.5436	0.0564
21	15.60	0.5385	0.4615	0.5419	0.0803
22	15.54	0.5641	0.4359	0.5384	0.1025
23	14.70	0.5897	0.4103	0.4890	0.0788
24	13.79	0.6154	0.3846	0.4332	0.0486
25	13.70	0.6410	0.3590	0.4276	0.0687
26	13.20	0.6667	0.3333	0.3962	0.0629
27	12.00	0.6923	0.3077	0.3205	0.0128
28	11.00	0.7179	0.2821	0.2589	0.0232

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
29	10.60	0.7436	0.2564	0.2351	0.0213
30	10.10	0.7692	0.2308	0.2065	0.0243
31	10.00	0.7949	0.2051	0.2009	0.0042
32	8.10	0.8205	0.1795	0.1081	0.0714
33	7.80	0.8462	0.1538	0.0960	0.0578
34	7.10	0.8718	0.1282	0.0712	0.0570
35	6.40	0.8974	0.1026	0.0508	0.0518
36	5.40	0.9231	0.0769	0.0290	0.0479
37	3.90	0.9487	0.0513	0.0102	0.0410
38	2.80	0.9744	0.0256	0.0039	0.0217

N= 38

$$N > 35 \rightarrow \Delta o = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

$$\Delta máx < \Delta o$$

Δo 0.22062113

$\Delta máx$	0.1025	<	Δo	0.22062113	SÍ CUMPLE

Para 120 min.

TABLA 27

Prueba de ajuste de bondad para un periodo de 120 minutos

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
1	17.00	0.0256	0.9744	0.9609	0.0135
2	14.00	0.0513	0.9487	0.9053	0.0434
3	14.00	0.0769	0.9231	0.9053	0.0178
4	13.99	0.1026	0.8974	0.9050	0.0076
5	13.50	0.1282	0.8718	0.8906	0.0188
6	13.27	0.1538	0.8462	0.8831	0.0370
7	13.02	0.1795	0.8205	0.8745	0.0540
8	12.91	0.2051	0.7949	0.8705	0.0756
9	12.00	0.2308	0.7692	0.8328	0.0636
10	11.12	0.2564	0.7436	0.7873	0.0437
11	11.00	0.2821	0.7179	0.7803	0.0623
12	11.00	0.3077	0.6923	0.7803	0.0880
13	10.00	0.3333	0.6667	0.7143	0.0477
14	9.80	0.3590	0.6410	0.6994	0.0584
15	9.60	0.3846	0.6154	0.6839	0.0685
16	9.32	0.4103	0.5897	0.6612	0.0714
18	9.00	0.4615	0.5385	0.6337	0.0953
19	8.94	0.4872	0.5128	0.6284	0.1156
20	8.80	0.5128	0.4872	0.6159	0.1287
21	8.23	0.5385	0.4615	0.5618	0.1003
22	8.05	0.5641	0.4359	0.5438	0.1079
23	7.95	0.5897	0.4103	0.5337	0.1234
24	7.85	0.6154	0.3846	0.5234	0.1388
25	7.60	0.6410	0.3590	0.4973	0.1383
26	6.00	0.6667	0.3333	0.3208	0.0126
27	5.30	0.6923	0.3077	0.2448	0.0629
28	5.00	0.7179	0.2821	0.2140	0.0681
29	4.60	0.7436	0.2564	0.1753	0.0811

m	Imax	Prob. Empírica P(x>X)=m/(N+1)	P(x<X)=1-P(X>x)	Prob. Teórica F(x<X)	Diferencia
31	4.20	0.7949	0.2051	0.1399	0.0653
32	4.00	0.8205	0.1795	0.1236	0.0559
33	3.20	0.8462	0.1538	0.0694	0.0844
34	2.38	0.8718	0.1282	0.0326	0.0956
35	2.30	0.8974	0.1026	0.0300	0.0726
36	1.27	0.9231	0.0769	0.0082	0.0687
37	1.18	0.9487	0.0513	0.0072	0.0441
38	0.93	0.9744	0.0256	0.0049	0.0208

N= 38

$$N > 35 \rightarrow \Delta o = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

$$\Delta máx < \Delta o$$

Δo 0.22062113

$\Delta máx$	0.1388	<	Δo	0.22062113	SÍ CUMPLE

Tabla 28

Resumen de pruebas de bondad de ajuste

	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
Δmax	0.1793	0.1905	0.1922	0.1025	0.1388
Δ0			0.2206		
	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE

Luego calculamos las intensidades máximas para duraciones de (5 min, 10 min, 30 min, 60 min y 120 min), con tiempos de retorno de (2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años, 200 años).

Para lo cual hacemos uso de la siguiente formula:

Ecuación 13: Intensidades máximas

$$I\,máx = \mu - \alpha * \ln(-\ln\left(1 - \frac{1}{Tr}\right))$$

Dónde:

Tr: tiempo de retorno

$\mu\ y\ \alpha$ = calculados anteriormente

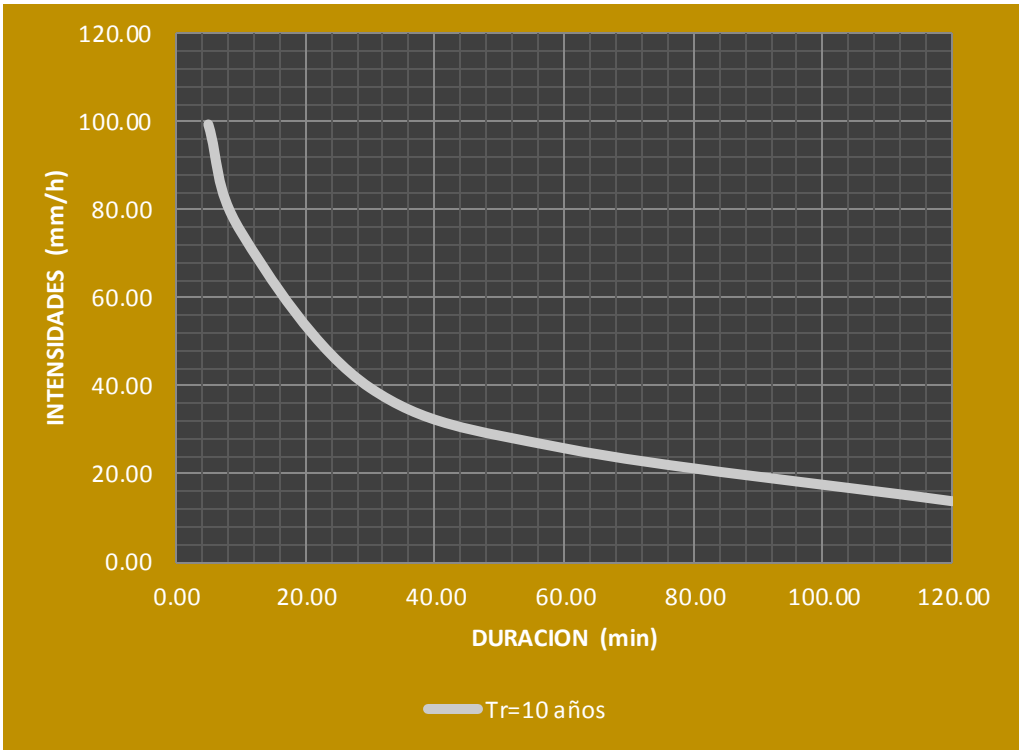
TABLA 29

Intensidades Generadas para Distintos Periodos de Retorno

TIEMPO DE RETORNO (Años)	TIEMPOS				
	5.00 min	10.00 min	30.00 min	60.00 min	120.00 min
2 años	54.43 mm/h	42.47 mm/h	23.41 mm/h	14.88 mm/h	7.63 mm/h
5 años	81.47 mm/h	62.11 mm/h	33.13 mm/h	21.47 mm/h	11.35 mm/h
10 años	**99.37 mm/h**	75.12 mm/h	39.56 mm/h	25.84 mm/h	13.81 mm/h
25 años	121.99 mm/h	91.55 mm/h	47.69 mm/h	31.35 mm/h	16.93 mm/h
50 años	138.78 mm/h	103.74 mm/h	53.72 mm/h	35.44 mm/h	19.24 mm/h
100 años	155.43 mm/h	115.85 mm/h	59.71 mm/h	39.50 mm/h	21.53 mm/h
500 años	193.92 mm/h	143.81 mm/h	73.55 mm/h	48.89 mm/h	26.83 mm/h

Gráfico 6

Curva – Intensidad – Duración (Tiempo de Retorno = 10 años)



Por lo tanto, tomamos la Intensidad máxima de 99.37 mm/h, la cual es la calculada para los primeros 5 minutos ya que en este periodo de tiempo la lluvia es más intensa, con un tiempo de retorno de 10 años.

I = 99.37 mm/h

DISEÑO PARA OBTENER LOS CAUDALES QUE TRANSPORTARAN LAS CUNETAS PROVENIENTES DE LOS TECHOS - MÉTODO RACIONAL

✓ Para visualizar el plano de techos ir al ANEXO Nº 03

Tabla 30

Áreas de techos

ÁREAS DE TECHOS		
TECHO DEL PABELLÓN A	0.08	Ha
TECHO DEL PABELLÓN B	0.082	Ha
TECHO DEL PABELLÓN C	0.032	Ha
TECHO DEL PABELLÓN D	0.048	Ha
TECHO DEL PABELLÓN LAB.	0.024	Ha
TECHO DEL PABELLÓN MINAS.	0.023	Ha
TECHO DEL PABELLÓN E1	0.067	Ha
TECHO DEL PABELLÓN E2	0.048	Ha
TECHO DEL PABELLÓN F1	0.077	Ha
TECHO DEL PABELLÓN F2	0.041	Ha
ÁREA DEL ESTACIONAMIENTO	0.1997	Ha
ÁREA DE PLATAFORMA C9	0.038	Ha
ÁREA DE PLATAFORMA C6	0.049	Ha

(*) Área de techos calculados en campo (Levantamiento Topográfico)

Tabla 31

Coeficientes de escorrentía

TIPO DE SUPERFICIE	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas Urbanas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Cemento, tejados	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00

Nota: Coeficientes de escorrentía según el tipo de superficie, Chow, 1988.

Tabla 32

Caudales que aportan los techos

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA		
C	0.83	
INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN		
I	99.37	mm/hr

MÉTODO RACIONAL	$Q = \frac{C * I * A}{360}$	
TECHO DEL PABELLÓN A	0.018328	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN B	0.018786	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN C	0.007331	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN D	0.010997	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN LAB.	0.005498	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN MINAS.	0.005269	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN E1	0.015350	m³/s

TECHO DEL PABELLÓN E2	0.010997	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN F1	0.017641	m³/s
TECHO DEL PABELLÓN F2	0.009393	m³/s
ÁREA DEL ESTACIONAMIENTO	0.045752	m³/s
ÁREA DE PLATAFORMA C9	0.008706	m³/s
ÁREA DE PLATAFORMA C6	0.011226	m³/s

DISEÑO PARA OBTENER LOS CAUDALES QUE TRANSPORTARAN LAS CUNETAS
PROVENIENTES DE LOS LAS ÁREAS VERDES - MÉTODO RACIONAL

Tabla 33

Áreas verdes

ÁREAS VERDES		
ÁREA VERDE 14	0.073	Ha
ÁREA VERDE 17	0.048	Ha
ÁREA VERDE 18	0.054	Ha
ZONA RECREATIVA 7	0.106	Ha
ZONA RECREATIVA 13	0.068	Ha
ZONA RECREATIVA 10	0.043	Ha

- Las áreas verdes se calcularon en campo (levantamiento topográfico).

Tabla 34

Coeficientes de escorrentía

TIPO DE SUPERFICIE	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Zonas Urbanas							
Condicion media (cobertura vegetal superior al 75% de la superficie)							
Pendiente baja (0 - 2%)	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Pendiente media (2 - 7%)	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente alta (> 7%)	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58

Nota: Coeficientes de escorrentía según el tipo de pendiente, Chow, 1988.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA		
C	0.25	
INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN		
I	99.37	mm/hr

Tabla 35

CAUDALES QUE APORTAN LAS ÁREAS VERDES		
MÉTODO RACIONAL	$Q = \frac{C * I * A}{360}$	
ÁREA VERDE 14	0.005038	m³/s
ÁREA VERDE 17	0.003312	m³/s
ÁREA VERDE 18	0.003726	m³/s
ZONA RECREATIVA 7	0.007315	m³/s
ZONA RECREATIVA 13	0.004692	m³/s
ZONA RECREATIVA 10	0.002967	m³/s

DISEÑO PARA OBTENER LAS VELOCIDADES QUE TRANSPORTARAN LAS CUNETAS

FORMULA DE MANNING PARA LA VELOCIDAD

VELOCIDAD EN LAS CUNETAS

Ecuación 14 Fórmula de Manning para velocidad

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

***Figura 10**: Ubicación visual (Cuneta 1)*

Tabla 36

Velocidad cuneta 1

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.006	
BASE	0.21	m
ALTURA	0.48	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.101	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.17	m
RADIO HIDRÁULICO	0.086	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 1	1.162	m/s

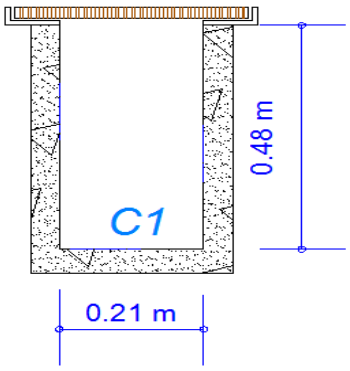
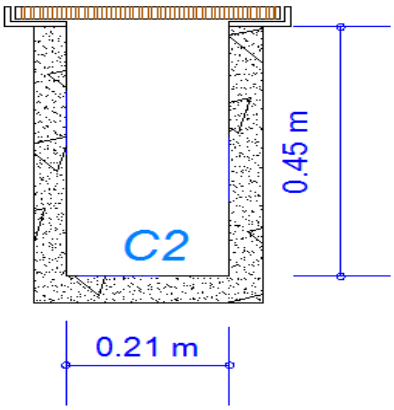


Figura 11: *Ubicación visual (Cuneta 2)*

Tabla 37

Velocidad cuneta 2

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.0044	
BASE	0.21	m
ALTURA	0.45	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.095	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.11	m
RADIO HIDRÁULICO	0.085	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 2	0.987	m/s



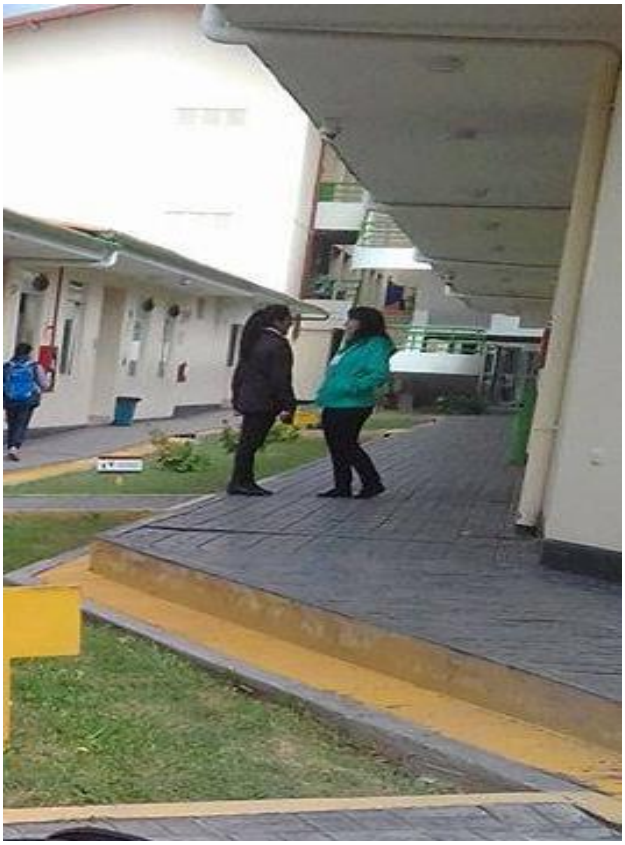


Figura 12: *Ubicación visual (Cuneta 3)*

Tabla 38

Velocidad cuneta 3

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.0137	
BASE	0.25	m
ALTURA	0.33	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.083	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	0.91	m
RADIO HIDRÁULICO	0.091	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 3	1.817	m/s

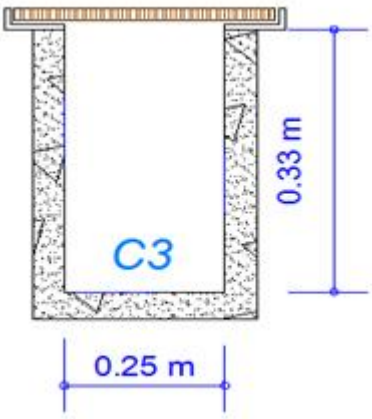


Figura 13: Ubicación visual (Cuneta 4)

Tabla 39

Velocidad cuneta 4

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.005	
BASE	0.23	m
ALTURA	0.45	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.104	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.13	m
RADIO HIDRÁULICO	0.092	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 4	1.105	m/s

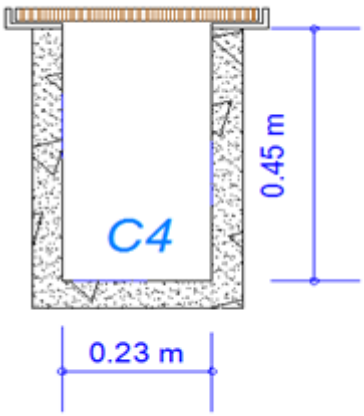


Figura 14: Ubicación visual (Cuneta 5)

Tabla 40

Velocidad de cuneta 5

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.008	
BASE	0.25	m
ALTURA	0.37	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.093	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	0.99	m
RADIO HIDRÁULICO	0.093	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 5	1.417	m/s

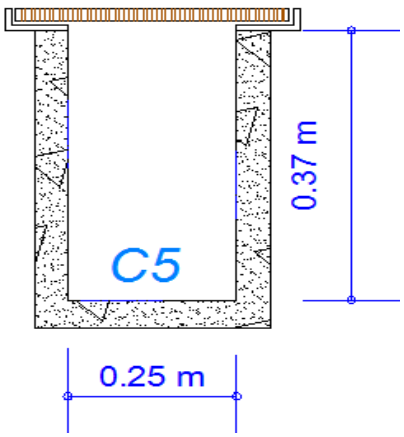


Figura 15: Ubicación visual (Cuneta 6)

Tabla 41

Velocidad de cuneta 6

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.009	
BASE	0.30	m
ALTURA	0.54	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.162	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.38	m
RADIO HIDRÁULICO	0.117	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 6	1.750	m/s

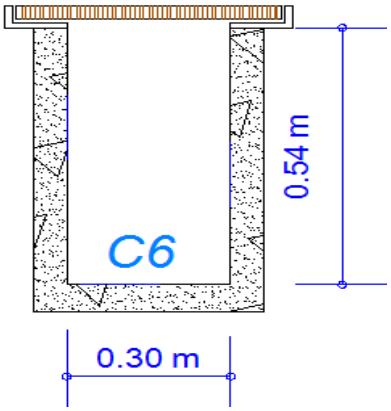
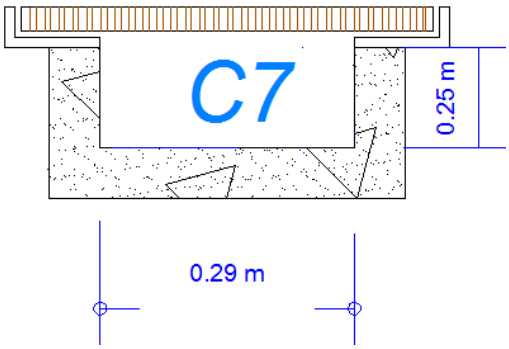


Figura 16: *Ubicación visual (Cuneta 7)*

Tabla 42

Velocidad de cuneta 7

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.005	
BASE	0.29	m
ALTURA	0.25	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.073	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	0.79	m
RADIO HIDRÁULICO	0.092	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 7	1.107	m/s



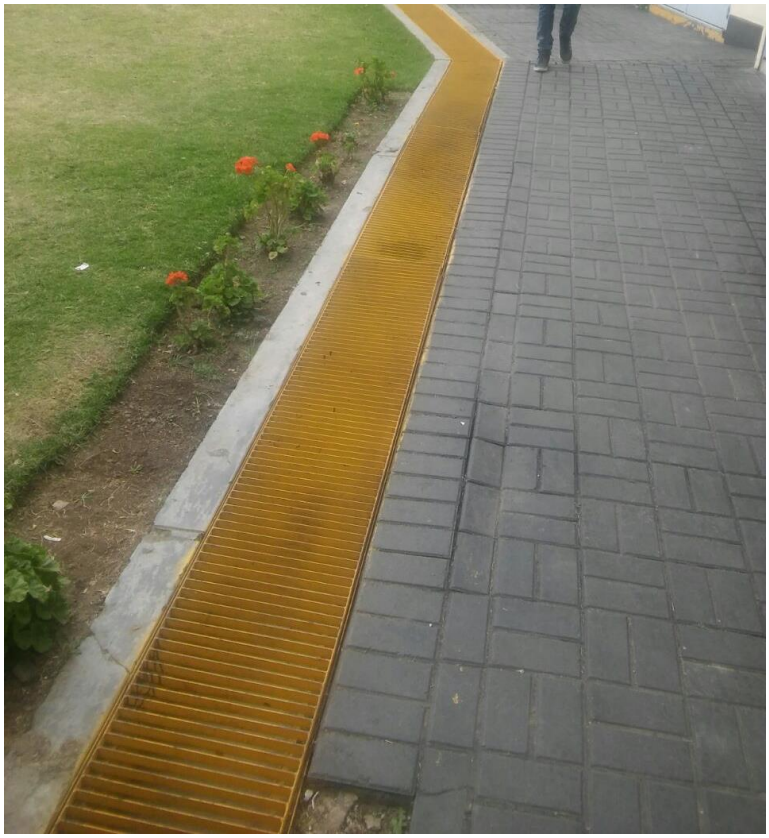


Figura 17: *Ubicación visual (Cuneta 8)*

Tabla 43

Velocidad de cuneta 8

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.005	
BASE	0.31	m
ALTURA	0.22	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.068	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	0.75	m
RADIO HIDRÁULICO	0.091	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 8	1.100	m/s

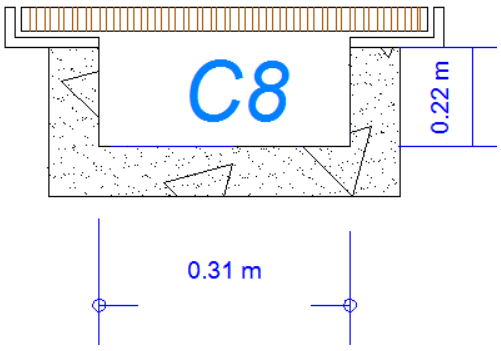


Figura 18: *Ubicación visual (Cuneta 9)*

Tabla 44

Velocidad de cuneta 9

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.01	
BASE	0.33	m
ALTURA	0.57	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.188	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.47	m
RADIO HIDRÁULICO	0.128	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 9	1.953	m/s

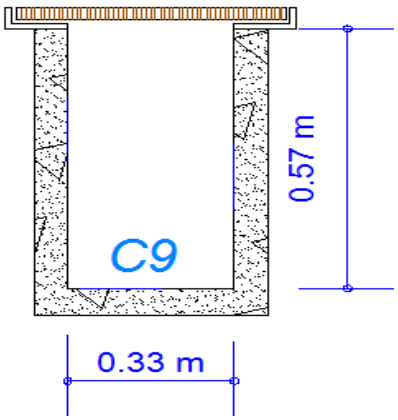


Figura 19: *Ubicación visual (Cuneta 10)*

Tabla 45

Velocidad de cuneta 10

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.006	
BASE	0.31	m
ALTURA	0.71	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.220	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.73	m
RADIO HIDRÁULICO	0.127	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 10	1.507	m/s

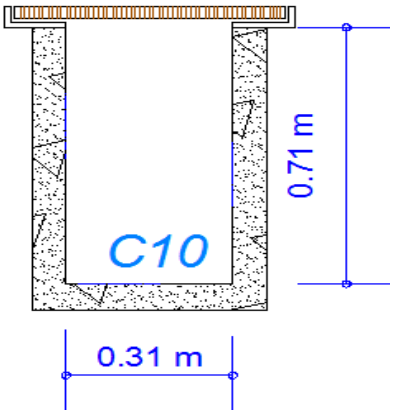


Figura 20: *Ubicación visual (Cuneta 11)*

Tabla 46

Velocidad de cuneta 11

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.007	
BASE	0.38	m
ALTURA	0.86	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.327	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	2.100	m
RADIO HIDRÁULICO	0.156	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 11	1.862	m/s

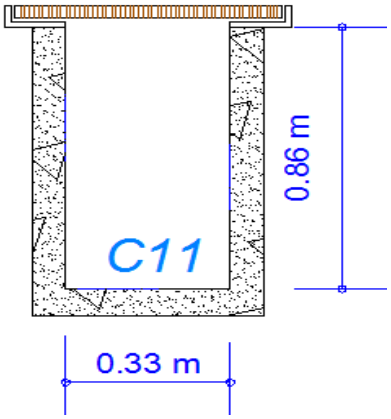


Figura 21: *Ubicación visual (Cuneta 12)*

Tabla 47

Velocidad de cuneta 12

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.0104	
BASE	0.40	m
ALTURA	0.60	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.240	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.600	m
RADIO HIDRÁULICO	0.150	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 12	2.215	m/s

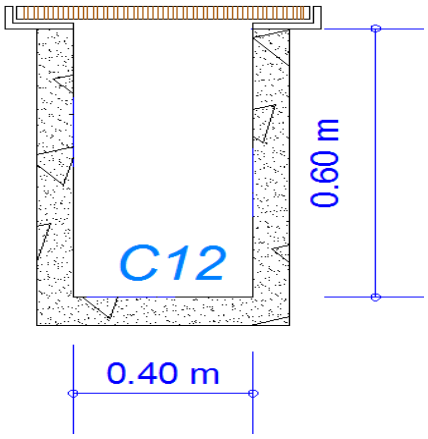
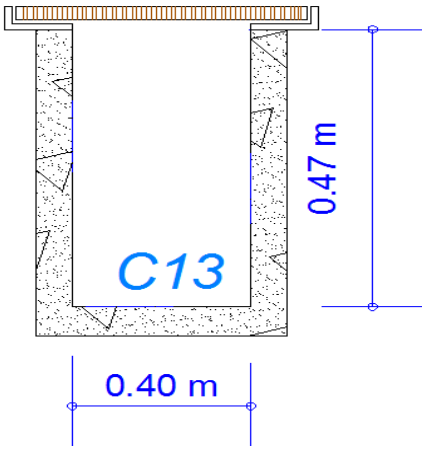


Figura 22: Ubicación visual (Cuneta 13)

Tabla 48

Velocidad de cuneta 13

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.008	
BASE	0.40	m
ALTURA	0.47	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.188	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.34	m
RADIO HIDRÁULICO	0.140	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 13	1.858	m/s



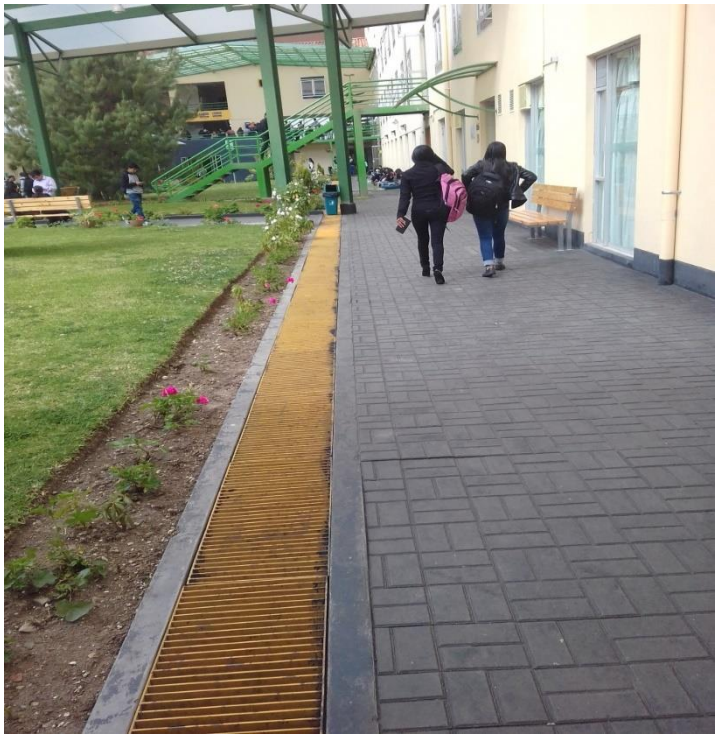


Figura 23: Ubicación visual (Cuneta 14)

Tabla 49

Velocidad de cuneta 14

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.015	
BASE	0.40	m
ALTURA	0.30	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.120	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.000	m
RADIO HIDRÁULICO	0.120	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 14	2.292	m/s

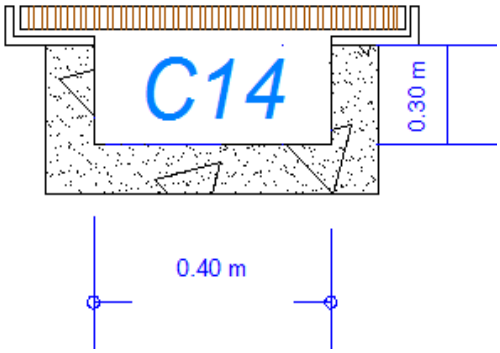


Figura 24: Ubicación visual (Cuneta 15)

Tabla 50

Velocidad de cuneta 15

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.004	
BASE	0.29	m
ALTURA	0.40	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.116	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.090	m
RADIO HIDRÁULICO	0.106	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 15	1.065	m/s

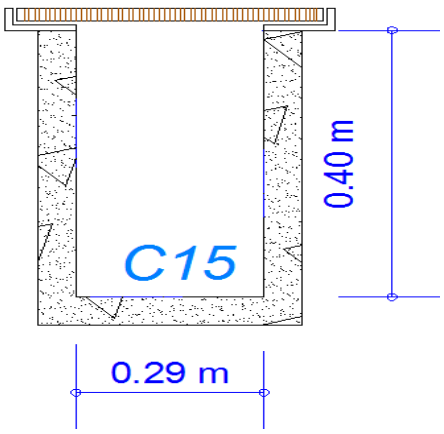


Figura 25: Ubicación visual (Cuneta 16)

Tabla 51

Velocidad de cuneta 16

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.0009	
BASE	0.20	m
ALTURA	0.12	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.024	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	0.440	m
RADIO HIDRÁULICO	0.055	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 16	0.332	m/s

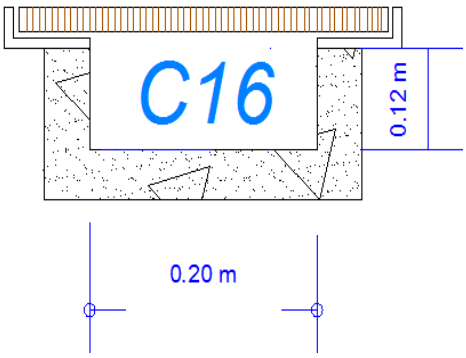


Figura 26: Ubicación visual (Cuneta 17)

Tabla 52

Velocidad de cuneta 17

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.0054	
BASE	0.38	m
ALTURA	0.40	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.152	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	1.18	m
RADIO HIDRÁULICO	0.129	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 17	1.442	m/s

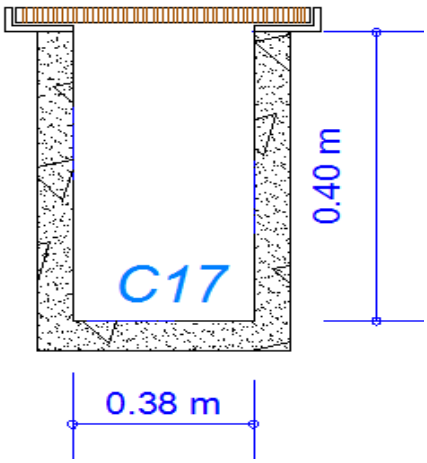
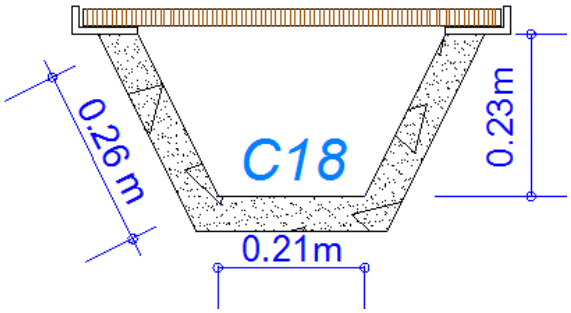


Figura 27: Ubicación visual (Cuneta 18)

Tabla 53

Velocidad de cuneta 18

DATOS:		
COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	0.013	
PENDIENTE	0.005	
BASE	0.21	m
ALTURA	0.23	m
ÁREA HIDRÁULICA	0.075	m²
PERÍMETRO HIDRÁULICO	0.73	m
RADIO HIDRÁULICO	0.103	m
RESULTADO:		
VELOCIDAD CUNETA 18	1.193	m/s



DISEÑO PARA OBTENER LOS CAUDALES QUE TRANSPORTARAN LAS CUNETAS

FORMULA DE MANNING PARA LOS CAUDALES

TABLA 54

Capacidad máxima que trasportan cada cuneta

TIPO DE CUNETAS (1)	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n) (2)	PENDIENTE (3)	BASE (m) (4)	ALTURA (m) (5)	ÁREA HIDRÁULICA (m^2) (6)	PERÍMETRO HIDRÁULICO (m) (7)	RADIO HIDRÁULICO (m) (8)	CAUDAL DE CUNETA (m^3/S) (9)
C1	0.013	0.006	0.21	0.48	0.101	1.17	0.086	0.117
C2	0.013	0.004	0.21	0.45	0.095	1.11	0.085	0.093
C3	0.013	0.014	0.25	0.33	0.083	0.91	0.091	0.150
C4	0.013	0.005	0.23	0.45	0.104	1.13	0.092	0.114
C5	0.013	0.008	0.25	0.37	0.093	0.99	0.093	0.131
C6	0.013	0.009	0.30	0.54	0.162	1.38	0.117	0.283
C7	0.013	0.005	0.29	0.25	0.073	0.79	0.092	0.080
C8	0.013	0.005	0.31	0.22	0.068	0.75	0.091	0.075
C9	0.013	0.010	0.33	0.57	0.188	1.47	0.128	0.367
C10	0.013	0.006	0.31	0.71	0.220	1.73	0.127	0.332
C11	0.013	0.007	0.38	0.86	0.327	2.10	0.156	0.609
C12	0.013	0.010	0.40	0.60	0.240	1.60	0.150	0.532
C13	0.013	0.008	0.40	0.47	0.188	1.34	0.140	0.349
C14	0.013	0.015	0.40	0.30	0.120	1.00	0.120	0.275
C15	0.013	0.004	0.29	0.40	0.116	1.09	0.106	0.124
C16	0.013	0.001	0.20	0.12	0.024	0.44	0.055	0.008
C17	0.013	0.005	0.38	0.40	0.152	1.18	0.129	0.219
C18	0.013	0.005	0.21	0.23	0.075*	0.71**	0.106	0.091

Detalle:

(1) Tipo de cuneta.

(2) Coeficiente de rugosidad: n = 0.013.

(3) Pendiente (medición en campo / levantamiento topográfico).

(4) Base (medición en campo / levantamiento topográfico).

(5) Altura (medición en campo / levantamiento topográfico).

(6) Área hidráulica = base (4) x altura (5).

*área hidráulica = (B+b/2) x h (área de trapecio).

(7) Perímetro hidráulico = base (4) + (altura (5) x 2).

**perímetro hidráulico = altura (4) + (lado x 2).

(8) Radio hidráulico = área hidráulica (6) / perímetro hidráulico (7).

(9)

CAUDAL EN LAS CUNETAS			
FORMULA DE MANNING		$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	

CAPITULO III. RESULTADOS

RESULTADOS

Tabla 55

Indicadores del sistema de drenaje pluvial

I.	INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO HIDRAULICO		TIPOS DE CUNETAS											
	INDICADOR	UNIDAD	C1			C2			C3			C4		
1.1	Material de revestimiento.	-	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.
1.2	Tipo de sección de cuneta		Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial
1.3	Material de rejilla.	-	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla
1.4	Radio hidraulico	m	0.086			0.085			0.092			0.091		
1.5	Pendiente.	%	0.60%			0.44%			1.37%			0.50%		
1.6	Area hidraulica	m2	0.101			0.0945			0.1035			0.0825		
1.7	altura	m	0.48			0.45			0.33			0.45		
1.8	Base	m	0.21			0.21			0.25			0.23		
1.9	Velocidad	m/s	1.162			0.987			1.829			1.098		
1.10	Caudal de diseño		0.117			0.093			0.189			0.091		
1.11	Longitud	m	25.95			3.15			8.39			46.91		
1.12	Antigüedad.	años	15			15			15			15		
1.13	Tipo de emisor.	-	Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión	
1.14	Sumidero.	-	SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO	

I.	INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO HIDRAULICO		TIPOS DE CUNETAS											
	INDICADOR	UNIDAD	C5			C6			C7			C8		
1.1	Material de revestimiento.	-	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.
1.2	Tipo de sección de cuneta		Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial
1.3	Material de rejilla.	-	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla
1.4	Radio hidraulico	m	0.093			0.117			0.092			0.091		
1.5	Pendiente.	%	0.80%			0.90%			0.50%			0.50%		
1.6	Area hidraulica	m2	0.0925			0.162			0.0725			0.0682		
1.7	altura	m	0.37			0.54			0.25			0.22		
1.8	Base	m	0.25			0.3			0.29			0.31		
1.9	Velocidad	m/s	1.417			1.750			1.107			1.100		
1.10	Caudal de diseño		0.131			0.283			0.080			0.075		
1.11	Longitud	m	58.16			59.54			54.25			11.74		
1.12	Antigüedad.	años	15			3			12			12		
1.13	Tipo de emisor.	-	Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión	
1.14	Sumidero.	-	SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO	

I.	INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO HIDRAULICO		TIPOS DE CUNETAS											
	INDICADOR	UNIDAD	C9			C10			C11			C12		
1.1	Material de revestimiento.	-	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.
1.2	Tipo de sección de cuneta		Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial
1.3	Material de rejilla.	-	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla
1.4	Radio hidraulico	m	0.128			0.127			0.156			0.150		
1.5	Pendiente.	%	1%			0.60%			0.70%			1.04%		
1.6	Area hidraulica	m2	0.1881			0.2201			0.3268			0.24		
1.7	altura	m	0.57			0.71			0.86			0.6		
1.8	Base	m	0.33			0.31			0.38			0.4		
1.9	Velocidad	m/s	1.953			1.507			1.862			2.215		
1.10	Caudal de diseño		0.367			0.332			0.609			0.532		
1.11	Longitud	m	53.84			11.24			14.2			20.7		
1.12	Antigüedad.	años	3			3			5			5		
1.13	Tipo de emisor.	-	Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión	
1.14	Sumidero.	-	SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO	

I.	INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO HIDRAULICO		TIPOS DE CUNETAS											
	INDICADOR	UNIDAD	C13			C14			C15			C16		
1.1	Material de revestimiento.	-	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.
1.2	Tipo de sección de cuneta		Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial
1.3	Material de rejilla.	-	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Rectangular	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla
1.4	Radio hidraulico	m	0.140			0.120			0.106			0.055		
1.5	Pendiente.	%	0.80%			1.50%			0.38%			0.09%		
1.6	Area hidraulica	m2	0.188			0.12			0.116			0.024		
1.7	altura	m	0.47			0.3			0.4			0.12		
1.8	Base	m	0.4			0.4			0.29			0.2		
1.9	Velocidad	m/s	1.858			2.292			1.065			0.332		
1.10	Caudal de diseño		0.349			0.275			0.124			0.008		
1.11	Longitud	m	64.9			23.4			103.81			5.300		
1.12	Antigüedad.	años	5			10			10			15		
1.13	Tipo de emisor.	-	Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión		Gravedad	Presión	
1.14	Sumidero.	-	SI	NO		SI	NO		SI	NO		SI	NO	

I.	INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO HIDRAULICO		TIPOS DE CUNETAS					
	INDICADOR	UNIDAD	C17			C18		
1.1	Material de revestimiento.	-	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.
1.2	Tipo de sección de cuneta		Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial
1.3	Material de rejilla.	-	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla
1.4	Radio hidraulico	m	0.129			0.103		
1.5	Pendiente.	%	0.54%			0.50%		
1.6	Area hidraulica	m2	0.152			0.075		
1.7	altura	m	0.4			0.23		
1.8	Base	m	0.38			0.21		
1.9	Velocidad	m/s	1.442			1.193		
1.10	Caudal de diseño		0.219			0.091		
1.11	Longitud	m	78.6			27.46		
1.12	Antigüedad.	años	5			10		
1.13	Tipo de emisor.	-	Gravedad	Presión		Gravedad	Presión	
1.14	Sumidero.	-	SI	NO		SI	NO	

Tabla 56

Tipos de techos

			TIPOS DE TECHOS											
	INDICADOR	UNIDAD	TA		TB		TC		TD		TE		TF	
									TD1	TD2	TE1	TE2	TF1	TF2
1.2.1	PENDIENTE	%	20%		15%		15%		18%	16%	26%	21%	15%	
1.2.2	AREA	m2	0		0		0		0		0	0	0	0
1.2.3	Canaleta y montante	-	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO

			TIPOS DE TECHOS			
	INDICADOR	UNIDAD	TLAB		TMIN	
			TLAB1	TLAB2		
1.2.1	PENDIENTE	%	18%	20%	16%	
1.2.2	AREA	m2	0		0	
1.2.3	Canaleta y montante	-	SI	NO	SI	NO

Tabla 57

Operación y mantenimiento de cunetas

II.	OPERACION Y MANTENIMIENTO	TIPOS DE CUNETAS											
2.1	LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALETAS	C1			C2			C3			C4		
2.1.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.1.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.1.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.1.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos
2.2	REHABILITACION DE CUNETAS	R1			R2			R3			R4		
2.2.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.2.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.2.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.2.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos

II.	OPERACION Y MANTENIMIENTO	TIPOS DE CUNETAS											
2.1	LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALETAS	C5			C6			C7			C8		
2.1.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.1.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.1.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.1.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos
2.2	REHABILITACION DE CUNETAS	R5			R6			R7			R8		
2.2.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.2.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.2.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.2.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos

II.	OPERACION Y MANTENIMIENTO	TIPOS DE CUNETAS											
2.1	LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALETAS	C9			C10			C11			C12		
2.1.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.1.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.1.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.1.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos
2.2	REHABILITACION DE CUNETAS	R9			R10			R11			R12		
2.2.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.2.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.2.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.2.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos

II.	OPERACION Y MANTENIMIENTO	TIPOS DE CUNETAS											
2.1	LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALETAS	C13			C14			C15			C16		
2.1.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.1.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.1.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.1.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos
2.2	REHABILITACION DE CUNETAS	R13			R14			R15			R16		
2.2.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.2.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.2.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.2.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos

II.	OPERACION Y MANTENIMIENTO	TIPOS DE CUNETAS					
2.1	LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALETAS	C17			C18		
2.1.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.1.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.1.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C		
2.1.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos
2.2	REHABILITACION DE CUNETAS	R17			R18		
2.2.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.2.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.2.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C		
2.2.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos

TABLA 58

Resumen de caudales que pueden retirar las cunetas

CUNETAS (1)	CAUDAL MÁXIMO (m3/s) (2)	CAUDAL RETIRO (m3/s) (3)	
CUNETA 1	0.117	0.052	CUMPLE
CUNETA 2	0.093	0.026	CUMPLE
CUNETA 3	0.150	0.026	CUMPLE
CUNETA 4	0.114	0.015	CUMPLE
CUNETA 5	0.131	0.015	CUMPLE
CUNETA 6	0.283	0.011	CUMPLE
CUNETA 7	0.080	0.026	CUMPLE
CUNETA 8	0.075	0.007	CUMPLE
CUNETA 9	0.367	0.009	CUMPLE
CUNETA 10	0.332	0.162	CUMPLE
CUNETA 11	0.609	0.077	CUMPLE
CUNETA 12	0.532	0.005	CUMPLE
CUNETA 13	0.349	0.037	CUMPLE
CUNETA 14	0.275	0.014	CUMPLE
CUNETA 15	0.124	0.065	CUMPLE
CUNETA 16	0.008	0.017	NO CUMPLE
CUNETA 17	0.219	0.077	CUMPLE
CUNETA 18	0.091	0.013	CUMPLE

(1) Tipo de cuneta

(2) Capacidad máxima que puede a trasportar la cuneta (ver tabla Nª 19)

(3) Caudal que trasporta la cuneta (ver plano de cunetas).

- CUNETA 1: trasporta los caudales que llegan de (C2, C3, C4, C5, C12) + caudal del techo de laboratorio de hidráulica.
- CUNETA 2: trasporta el caudal que llega de la C3.
- CUNETA 3: trasporta el caudal que llega de la C5 + caudal del techo del pabellón D.
- CUNETA 4: trasporta el caudal que llega de C5.

- CUNETA 5: trasporta el caudal que llega del techo del pabellón E1.
- CUNETA 6: trasporta el caudal que llega de la mitad de la losa deportiva.
- CUNETA 7: trasporta el caudal que llega de la C8 + caudal del techo del pabellón E2 + caudal de área verde.
- CUNETA 8: trasporta el caudal que llega del techo del pabellón C.
- CUNETA 9: trasporta el caudal que llega de la mitad de la losa deportiva.
- CUNETA 10: trasporta los caudales que llegan de (C6, C7, C8, C9, C13, C14, C15, C17) + caudal de área verde.
- CUNETA 11: trasporta los caudales que llegan de (C15, C17).
- CUNETA 12: trasporta el caudal que llega del techo del pabellón de laboratorio de minas.
- CUNETA 13: trasporta el caudal que llega de la C14 + caudal del techo del pabellón F1 + caudal de área verde.
- CUNETA 14: trasporta el caudal que llega de mitad del techo del pabellón A + caudal de área verde.
- CUNETA 15: trasporta el caudal que llega del estacionamiento (calle vía de evita miento) + caudal del techo del pabellón B.
- CUNETA 16: trasporta el caudal que llega de la C18 + caudal de techo de espacio de reunión.
- CUNETA 17: trasporta el caudal que llega de la C15 + caudal del techo del pabellón F2 + caudal de área verde.
- CUNETA 18: trasporta el caudal que llega de mitad del techo del pabellón A + caudal de área verde.

TABLA 59

Resumen de velocidades que pueden retirar las cunetas

CUNETAS (1)	VELOCIDAD (m/s) (2)	VELOCIDAD MÍNIMA(m/s) (3)	VELOCIDAD MÁXIMA(m/s) (4)	
CUNETA 1	1.162	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 2	0.987	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 3	1.817	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 4	1.105	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 5	1.417	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 6	1.750	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 7	1.107	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 8	1.100	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 9	1.953	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 10	1.507	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 11	1.862	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 12	2.215	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 13	1.858	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 14	2.292	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 15	1.065	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 16	0.332	0.800	3.00	NO CUMPLE
CUNETA 17	1.442	0.800	3.00	CUMPLE
CUNETA 18	1.193	0.800	3.00	CUMPLE

(1) Tipo de cuneta

(2) Velocidad de la cuneta

(3) Velocidad mínima que puede trasportar una cuneta (Norma)

(4) Velocidad máxima que puede trasportar una cuneta (Norma)

TABLA 60

Resumen de pendientes de las cunetas

CUNETAS (1)	PENDIENTE (%) (2)	PENDIENTE MÍNIMA (%) (3)	
CUNETA 1	0.600	0.500	CUMPLE
CUNETA 2	0.440	0.500	NO CUMPLE
CUNETA 3	1.370	0.500	CUMPLE
CUNETA 4	0.500	0.500	CUMPLE
CUNETA 5	0.800	0.500	CUMPLE
CUNETA 6	0.900	0.500	CUMPLE
CUNETA 7	0.500	0.500	CUMPLE
CUNETA 8	0.500	0.500	CUMPLE
CUNETA 9	1.000	0.500	CUMPLE
CUNETA 10	0.600	0.500	CUMPLE
CUNETA 11	0.700	0.500	CUMPLE
CUNETA 12	1.040	0.500	CUMPLE
CUNETA 13	0.800	0.500	CUMPLE
CUNETA 14	1.500	0.500	CUMPLE
CUNETA 15	0.380	0.500	NO CUMPLE
CUNETA 16	0.090	0.500	NO CUMPLE
CUNETA 17	0.540	0.500	CUMPLE
CUNETA 18	0.500	0.500	CUMPLE

(1) Tipo de cuneta

(2) Pendiente de la cuneta

(3) Pendiente mínima que puede trasportar una cuneta (Norma).

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.

Cuneta 1:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.117 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.052 m³/s

C1	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.052}{0.117} * 100$ $E = 44.78\%$

Cuneta 2:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.093 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q =0.026 m³/s

C2	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.026}{0.093} * 100$ $E = 28.23\%$

Cuneta 3:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.189 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.026 m³/s

C3	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.026}{0.189} * 100$ $E = 13.91\%$

Cuneta 4:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.091 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.015 m³/s

C4	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.015}{0.091} * 100$ $E = 16.95\%$

Cuneta 5:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.131 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.015 m³/s

C5	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.015}{0.131} * 100$ $E = 11.71\%$

Cuneta 6:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.283 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.011 m³/s

C6	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.011}{0.283} * 100$ $E = 3.96\%$

Cuneta 7:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.080 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.026 m³/s

C7	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.026}{0.080} * 100$ $E = 31.96\%$

Cuneta 8:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.075 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.007 m³/s

C8	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.007}{0.075} * 100$ $E = 9.77\%$

Cuneta 9:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.367 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.009 m³/s

C9	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.009}{0.367} * 100$ $E = 2.37\%$

Cuneta 10:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.332 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.162 m³/s

C10	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.162}{0.332} *$ $E = 48.93\%$

Cuneta 11:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.609 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.077 m³/s

C11	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.077}{0.609} * 100$ $E = 12.69\%$

Cuneta 12:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.532 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.005 m³/s

C12	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.005}{0.532} * 100$ $E = 0.99\%$

Cuneta 13:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.349 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.037 m³/s

C13	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.037}{0.349} * 100$ $E = 10.46\%$

Cuneta 14:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.275 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.014 m³/s

C14	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.014}{0.275} * 100$ $E = 5.16\%$

Cuneta 15:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.124 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.065 m³/s

C15	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.065}{0.124} * 100$ $E = 52.25\%$

Cuneta 16:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.008 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.017 m³/s

C16	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.017}{0.008} * 100$ $E = 214.55\%$

Cuneta 17:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

Q = 0.219 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

Q = 0.077 m³/s

C17	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.077}{0.219} * 100$ $E = 35.25\%$

Cuneta 18:

Caudal máximo de retiro (CAPACIDAD MÁXIMA):

$\boldsymbol{Q}$ = 0.091 m³/s

Caudal actual de trabajo (CAUDAL QUE TRANSPORTA)

$\boldsymbol{Q}$ = 0.013 m³/s

C18	
TIEMPO DE RETORNO	T = 10 años
EFICIENCIA	$E = \frac{0.013}{0.091} * 100$ $E = 14.14\%$

TABLA 61

Resumen de eficiencias de las cunetas

CUNETAS	CAPAC. MAX (m^3/s)	CAUDAL TRANSP(m3/s)	EFICIENCIA (%)	
CUNETA 1	0.117	0.052	44.78	EFICIENTE
CUNETA 2	0.093	0.026	28.23	EFICIENTE
CUNETA 3	0.150	0.026	17.58	EFICIENTE
CUNETA 4	0.114	0.015	13.42	EFICIENTE
CUNETA 5	0.131	0.015	11.71	EFICIENTE
CUNETA 6	0.283	0.011	3.96	EFICIENTE
CUNETA 7	0.080	0.026	31.96	EFICIENTE
CUNETA 8	0.075	0.007	9.77	EFICIENTE
CUNETA 9	0.367	0.009	2.37	EFICIENTE
CUNETA 10	0.332	0.162	48.93	EFICIENTE
CUNETA 11	0.609	0.077	12.69	EFICIENTE
CUNETA 12	0.532	0.005	0.99	EFICIENTE
CUNETA 13	0.349	0.037	10.46	EFICIENTE
CUNETA 14	0.275	0.014	5.16	EFICIENTE
CUNETA 15	0.124	0.065	52.25	EFICIENTE
CUNETA 16	0.008	0.017	214.55	DEFICIENTE
CUNETA 17	0.219	0.077	35.25	EFICIENTE
CUNETA 18	0.091	0.013	14.14	EFICIENTE

(1) Tipo de cuneta

(2) Capacidad (caudal) máxima que puede trasportar la cuneta.

(3) Caudal real que trasporta la cuneta.

(4) Porcentaje de eficiencia a la que trabaja la cuneta con respecto a su capacidad máxima (100%).

TABLA 62

Verificación de la eficiencia de las tuberías para transportar caudal de trabajo

CUNETA QUE LLEGA A TUBERÍA (1)	TUBERÍAS (2)	DIÁMETRO DE TUBERÍA EXISTENTE (3)	VELOCIDAD DEL TRAMO (m/s) (4)	CAUDAL QUE LLEGA AL TUBO (m3/s) (5)	VELOCIDAD DEL TRAMO A TUBO LLENO (m/s) (6)	CAUDAL MÁXIMO DE TRASPORTE A TUBO LLENO (m3/s) (7)	EFICIENCIA DE LA TUBERÍA (8)
C-1	TUBERÍA 1	6"	1.162	0.052	0.870	0.016	DEFICIENTE
C-12	TUBERÍA 2	2 ø 4"	2.215	0.005	0.860	0.014	EFICIENTE
C-18	TUBERÍA 3	8"	1.193	0.013	0.970	0.032	EFICIENTE
C-13	TUBERÍA 4	6"	1.858	0.037	1.013	0.018	DEFICIENTE
C-11, C-13	TUBERÍA 5	6"	1.860	0.114	0.950	0.017	DEFICIENTE
C-10	TUBERÍA 6	2 ø 4"	1.860	0.162	0.720	0.012	DEFICIENTE
TOTAL				0.383		0.109	

(1) Tipo de cuneta que llega a la tubería en estudio

(2) Numeración de tubería

(3) Diámetro (pulgadas) de la tubería existente

(4) Velocidad con la que trasporta el caudal la tubería

(5) Caudal que es trasportado por la tubería

(6) Velocidad máxima que es trasporta a tubo lleno

(7) Capacidad máxima que se trasporta a tubo lleno

(8) Verificación de si es eficiente o no eficiente la tubería

Si (7) > (5) = Eficiente

Si (7) < (5) = Deficiente

CÁLCULO DE PORCENTAJES DE EFICIENCIA

Según la TABLA N° 62, se ve que cada tubería transporta un determinado caudal (columna 5), haciendo la sumatoria de los caudales del total de las 6 tuberías, hay un caudal real de 0.383 m3/s de evacuación, también se nos muestra el caudal máximo que puede transportar cada tubería a tubo lleno (columna 7), la sumatoria es 0.131 m3/s.

Con estos datos obtenidos, se procede a encontrar el porcentaje de eficiencia por medio de la relación entre el total del caudal máximo y el caudal real de evacuación.

$$\%\,EFICIENCIA = \frac{0.109}{0.383} * 100$$

$$\%\,\boldsymbol{EFICIENCIA = 28.46\%}$$

Se ve que el porcentaje de eficiencia en tuberías es de solamente **28.46%** del total (100%), y por un análisis de criterio traducimos que este porcentaje es inferior al 50% por lo que el nivel de eficiencia es **BAJO.**

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSIÓN

Luego de procesar los datos hidrológicos y posteriormente determinar la capacidad hidráulica de las estructuras existentes: cunetas y tuberías, en el campus de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca, según los resultados: se comprobó que 17 cunetas cumplen con la capacidad hidráulica suficiente para los caudales de trabajo que se requiere para cada una con un periodo de retorno de 10 años, y solo una, C-16, no cumple con la capacidad mencionada (**TABLA 58**), teniendo una capacidad hidráulica máxima de 0.008 m3/s y trabaja retirando un caudal de 0.017m3/s. siendo este un punto crítico donde habitualmente se producen las inundaciones.

En relación a la pendiente mínima que es de 0.5%, según el RNE, las cunetas que no cumplen son: C-02, C-15 y C-16, (**TABLA 60**).

De la **TABLA 62**, se obtuvo que las tuberías 1, 4, 5 y 6 son incapaces de trasportar los caudales de trabajo: 0.052, 0.037, 0.114 y 0.162 m3/s respectivamente, provocando desborde y consecuentemente inundaciones en el campus. Concluyendo de acuerdo al análisis de la **TABLA 62** en un nivel de eficiencia bajo.

Los valores que se obtuvieron de la **TABLA 61,** nos dice que solo la C-15 está funcionando a más del 50% de su capacidad hidráulica, el resto no pasa del 50%, y lógicamente la C-16 está al más del 100% de su capacidad, es decir que no es hidráulicamente eficiente.

Mediante inspección visual se verificó que en la Universidad Privada del Norte – Cajamarca, no se lleva a cabo las actividades de operación y mantenimiento de una forma continua, hecho que repercute en la capacidad hidráulica de las cunetas disminuyendo su eficiencia.

Según la literatura revisada y estudios realizados acerca de la eficiencia de drenaje pluvial se infiere que el canal debe tener una adecuada pendiente para tener una velocidad

aceptable y que esto no produzca sedimentación la cual reduzca la capacidad de funcionamiento del canal.

La investigación se limita a cunetas y tuberías en planta no incluyendo montantes y canaletas.

El estudio se realizó solo para el sistema por gravedad, no incluyendo el sistema de bombeo.

- **PROPUESTA DE APLICACIÓN PROFESIONAL**

Algunos sectores en la Universidad privada del norte Cajamarca sufren inundaciones constantes en épocas de lluvia, debido al bajo nivel de eficiencia del sistema de drenaje pluvial en zonas específicas, y la poca continuidad de operación y mantenimiento de los elementos de drenaje empeoran la situación, debido a esta problemática se plantea utilizar el software H-CANALES, para el correcto diseño de cunetas, además de realizar un estudio hidrológico con datos actualizados obtenidos de SENAMHI que nos permitieron obtener una mayor aproximación a los caudales de diseño.

- **Diseño de cunetas**

El diseño es específicamente para la cuneta N° 16, ya que no cuenta con un diseño hidráulico correcto, dicha cuneta es una improvisación de una pequeña zanja, no tiene medidas específicas ni revestimiento de concreto, por lo que el transporte del caudal de trabajo en dicha cuneta es ineficiente.

El diseño de la C16 se hará en dos tramos, el primer tramo tiene una pendiente de 5.5% este es el tramo que se diseñará, para el segundo tramo se le dará la pendiente natural del terreno la cual es 0.5% cumpliendo con la norma.

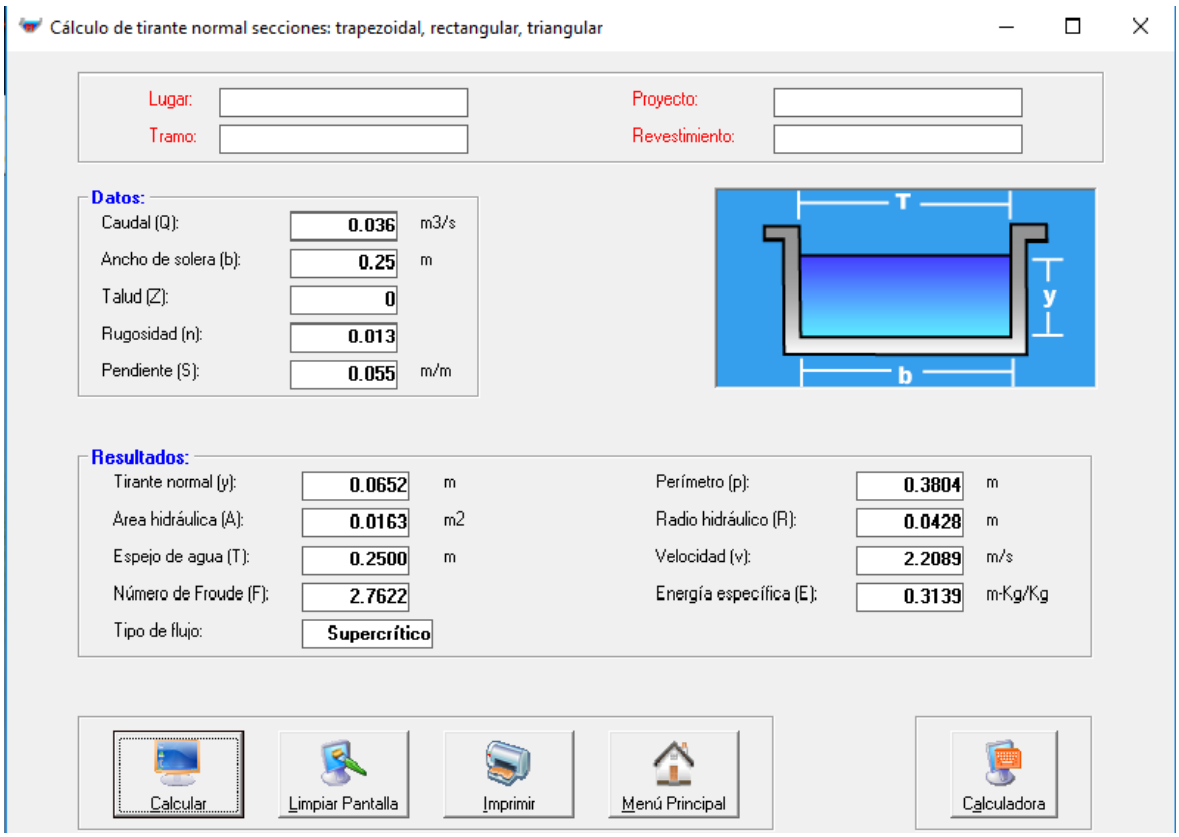


Figura 28: Diseño de la cuneta N° 16

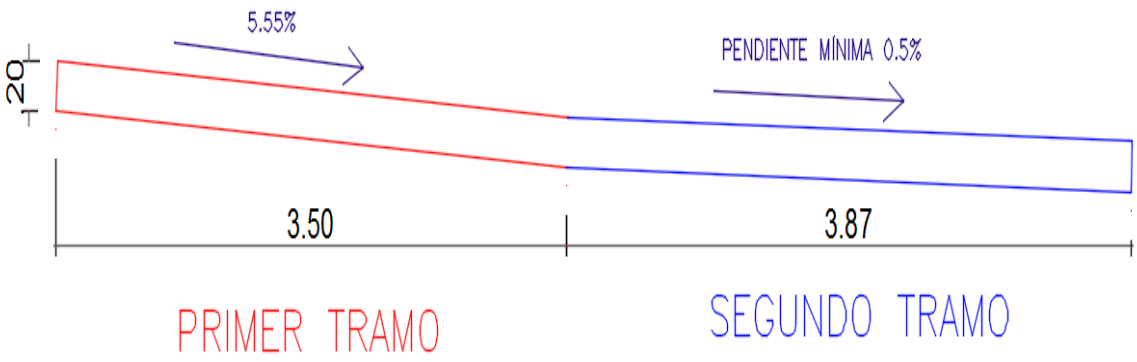


Figura 29: Diseño de la cuneta N° 16 en perfil.

- El tirante es de 0.065 m, de borde libre se dará 0.13 m por lo que sumado el tirante más el borde libre la altura total es de 0.20m, y el ancho es de 0.25 m

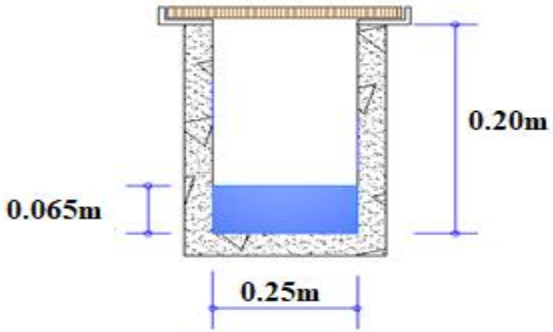


TABLA 63

Propuesta de tuberías para que sean eficientes hidráulicamente

CUNETA QUE LLEGA A TUBERÍA (1)	TUBERÍAS (2)	DIÁMETRO DE TUBERÍA EXISTENTE (3)	VELOCIDAD DEL TRAMO (m/s) (4)	CAUDAL QUE LEGA AL TUBO (m3/s) (5)	VELOCIDAD DEL TRAMO A TUBO LLENO (m/s) (6)	CAUDAL MÁXIMO DE TRASPORTE A TUBO LLENO (m3/s) (7)	EFICIENCIA DE LA TUBERÍA (9)
C-1	TUBERÍA 1	10"	1.162	0.052	1.230	0.063	EFICIENTE
C-12	TUBERÍA 2	2 ø 4"	2.215	0.005	0.860	0.014	EFICIENTE
C-18	TUBERÍA 3	8"	1.193	0.013	0.970	0.032	EFICIENTE
C-13	TUBERÍA 4	8"	1.858	0.037	1.230	0.040	EFICIENTE
C-11, C-13	TUBERÍA 5	2 ø 10"	1.860	0.114	1.332	0.135	EFICIENTE
C-10	TUBERÍA 6	2 ø 12"	1.860	0.162	1.271	0.186	EFICIENTE

(1) Tipo de cuneta que llega a la tubería en estudio

(2) Numeración de tubería

(3) Diámetro (pulgadas) de la tubería existente

(4) Velocidad con la que trasporta el caudal la tubería

(5) Caudal que es trasportado por la tubería

(6) Velocidad máxima que es trasporta a tubo lleno

(7) Capacidad máxima que se trasporta a tubo lleno

(8) Caudal que trasporta la tubería respecto a la velocidad del tramo

(9) Verificación de si es eficiente o no eficiente la tubería

Si (8) > (5) = Eficiente

Si (8) < (5) = Deficiente

Tabla 64

Propuesta de aplicación profesional

Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
1	CUNETA 1		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.48 m BASE = 0.21 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.60 % EFICIENCIA = 44.78 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	FRENTE LABORATORIO DE HIDRAULICA, VER PLANO PC-01
2	CUNETA 2		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.45 m BASE = 0.21 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.44 % EFICIENCIA = 28.23 %	PENDIENTE MINIMA = 0.50 %	_____	LABORATORIO DE SUELOS, VER PLANO PC-01
3	CUNETA 3		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.33 m BASE = 0.25 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 1.37 % EFICIENCIA = 13.91 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	PABELLON D, VER PLANO PC-01

Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
4	CUNETA 4		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.45 m BASE = 0.23 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.50 % EFICIENCIA = 16.95 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	PABELLON E, VER PLANO PC-01
5	CUNETA 5		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.37 m BASE = 0.25 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.80 % EFICIENCIA = 11.71 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	PABELLON E, VER PLANO PC-01
6	CUNETA 6		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.54 m BASE = 0.30 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.90 % EFICIENCIA = 3.96 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	LOSA DEPORTIVA, VER PLANO PC-01

Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
7	CUNETA 7		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.25 m BASE = 0.29 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.50 % EFICIENCIA = 31.96 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	ENTRE PABELLON E Y ZONA RECREATIVA, VER PLANO PC-01
8	CUNETA 8		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.22 m BASE = 0.31 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.50 % EFICIENCIA = 9.77 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	ENTRE PABELLON C Y ZONA RECREATIVA, VER PLANO PC-01
9	CUNETA 9		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.57 m BASE = 0.33 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 1.00 % EFICIENCIA = 2.37 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	LOSA DEPORTIVA, VER PLANO PC-01

Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
10	CUNETA 10		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.71 m BASE = 0.31 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.60 % EFICIENCIA = 48.93 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	LOSA DEPORTIVA, VER PLANO PC-01
11	CUNETA 11		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.86 m BASE = 0.38 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.70 % EFICIENCIA = 12.69 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	CAFETIN Nº 02, VER PLANO PC-01
12	CUNETA 12		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.60 m BASE = 0.40 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 1.04 % EFICIENCIA = 0.99 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	LABORATORIO DE MINAS, VER PLANO PC-01

Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
13	CUNETA 13		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.47 m BASE = 0.40 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.80 % EFICIENCIA = 10.46 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	PABELLON F, VER PLANO PC-01
14	CUNETA 14		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.30 m BASE = 0.40 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 1.50 % EFICIENCIA = 5.16 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	PABELLON A, VER PLANO PC-01
15	CUNETA 15		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.40 m BASE = 0.29 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.38 % EFICIENCIA = 52.25 %	PENDIENTE MINIMA = 0.50 %	_____	ENTRE PABELLON A Y ESTACIONAMIENTO, VER PLANO PC-01

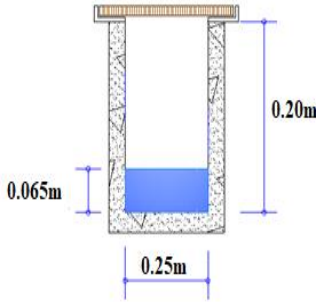
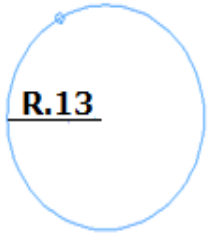
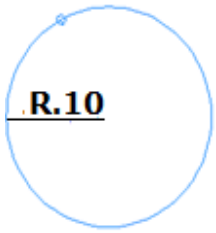
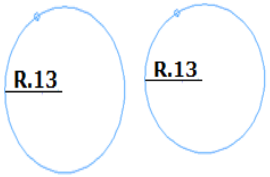
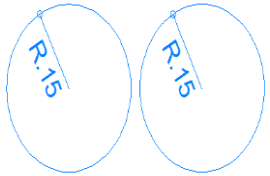
Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
16	CUNETA 16		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.12 m BASE = 0.20 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.09 % EFICIENCIA = 214.55 %	ALTURA = 0.40m; BASE = 0.25m; PENDIENTE = 1% (ver FIGURA Nº 31)		BIBLIOTECA, VER PLANO PC-01
17	CUNETA 17		T. SECCION = RECTANGULAR ALTURA = 0.40 m BASE = 0.38 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.54 % EFICIENCIA = 35.25 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	ESPALDA DE PABELLON F, VER PLANO PC-01
18	CUNETA 18		T. SECCION = TRAPEZOIDAL ALTURA = 0.23 m BASE = 0.21 m MATERIAL = CONCRETO PENDIENTE = 0.50 % EFICIENCIA = 14.14 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	PABELLON A, VER PLANO PC-01

***Figura 30*:** Propuesta de aplicación profesional

Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
19	CANALETA 1		T. SECCION = TRAPEZOIDAL ALTURA = 0.08 m BASE = 0.10 m MATERIAL = ALUMINIO	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	_____
20	CANALETA 2		T. SECCION = TRAPEZOIDAL ALTURA = 0.17 m BASE = 0.13 m MATERIAL = ALUMINIO	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	_____
21	TUBERIA 1		T. SECCION = CIRCULAR DIAMETRO = 6.00 pulg. MATERIAL = PVC EFICIENCIA = 245.38 %	DIAMETRO = 10 pulgadas.		LABORATORIO DE MINAS, VER PLANO PC-01
22	TUBERIA 2		T. SECCION = CIRCULAR DIAMETRO = 4.00 pulg. MATERIAL = PVC EFICIENCIA = 29.74 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	LABORATORIO DE MINAS, VER PLANO PC-01

Nº	ELEMENTO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	DISEÑO	UBICACIÓN
23	TUBERIA 3		T. SECCION = CIRCULAR DIAMETRO = 8.00 pulg. MATERIAL = PVC EFICIENCIA = 21.10 %	MANTENIMIENTO CONTINUO	_____	ENTRE PABELLON A Y ZONA DE RECREACION, VER PLANO PC-01
24	TUBERIA 4		T. SECCION = CIRCULAR DIAMETRO = 6.00 pulg. MATERIAL = PVC EFICIENCIA = 107.64 %	DIAMETRO = 8 pulgadas.		PABELLON F, VER PLANO PC-01
25	TUBERIA 5		T. SECCION = CIRCULAR DIAMETRO = 6.00 pulg. MATERIAL = PVC EFICIENCIA = 330.66 %	DIAMETRO = 10 pulgadas.		ENTRE CAFETIN Nº 02 Y ZONA RECREATIVA, VER PLANO PC-01
26	TUBERIA 6		T. SECCION = CIRCULAR DIAMETRO = 4.00 pulg. MATERIAL = PVC EFICIENCIA = 541.07 %	DIAMETRO = 12 pulgadas.		ENTRE LABORATORIO DE HIDRAULICA Y LA CALLE, VER PLANO PC-01

4.2. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el nivel de eficiencia del sistema de drenaje pluvial del campus de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca, es bajo, por lo tanto, si cumple con la hipótesis.

2. Se logró inspeccionar el campus de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca. lugar de estudio, identificando 18 tipos de cunetas, 17 de las cuales son de tipo rectangular y solo una de tipo trapezoidal, se identificó y determino el área de los techos de los pabellones A, B, C, D, E, F y las áreas verdes, 7, 10, 13, 14, 17 y 18.

3. Se logró identificar el estado de la infraestructura del sistema de drenaje pluvial en el campus de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca, mediante inspección visual concluyendo que no se cuenta con las debidas actividades de operación y mantenimiento de forma regular, el mismo estado presentan las canaletas de techos.

4. Se realizó el diseño hidráulico encontrándose la capacidad máxima de caudal que cada cuneta puede transportar, con las medidas reales de cada una, recogidas en el levantamiento topográfico. Con el área de los techos, el coeficiente de escorrentía y la intensidad máxima para un periodo de retorno de 10 años se encontró su caudal que están transportando realmente. Concluyendo que 17 cunetas cumplen con las medidas adecuadas y solo una no cumple(C-16), las 18 cunetas cumplen con las velocidades y 15 cunetas cumplen con las pendientes, no cumpliendo 3(C-2, C-15 y C-16) las cuales no llegan a la pendiente mínima de 0.5%.

5. Se encontró cuatro tuberías: Tub.1 de 6”, Tub.4 de 6”, Tub.5 de 6” y Tub.6 de 4”, que no cumplen con las medidas adecuadas para transportar el caudal que se requiere, estas tuberías junto a la cuneta 16 (C-16) son el punto principal de las inundaciones. se hizo el diseño hidráulico y se encontró las medidas adecuadas para la C-16: base de 0.25m, tirante de agua de 0.065m, altura total de la cuneta de 0.20m y pendiente de 5.5%. Para las tuberías 1, 4, 5 y 6, de 10”, 8”, 2*10” y 2*12” respectivamente.

REFERENCIAS

1. Yañes, E. (2014). "*Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y jr. Santa Rosa*". (Tesis de Titulación). Universidad Privada del Norte, Perú.

2. Ruiz, D. (2011). *"Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el barrio Panguintza, Cantón Centinela del Cóndor Provincia de Zamora Chinchipe".* (Tesis de Titulación). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

3. Gómez, M. (1994), *Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores*. En Universidad Politécnica de Catalunya, 1(1) pp. 55-65.

4. Pérez, J (2014), *Análisis De La Eficiencia De Rejillas De Aguas Pluviales Mediante Técnicas CFD*. En Universidad Politécnica de Valencia.

5. Denver Council of Governments (DCG) (1969). *Urban Storm Drainage Criteria Manual*. Wright-Mclaughlin Engineers, Colorado, EE.UU.

6. Instituto Nacional De Defensa Civil (2005), Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca.

7. Montero, E. (2004), Redes de alcantarillado sanitario, ANESAPA (Asociación Nacional de empresas de servicio de agua potable y alcantarillado) - Bolivia.

8. Oliveira, R. (2002), Teorías de la Administración. International Thomson Editores, S.A. de C.V., 2002, Pág. 20.

9. Martínez, P. (2006), Fundamentos de Hidrogeología. Madrid, España. Mundi – prensa.

10. Silva, D. (2015). Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda. Habana, Cuba, Editorial Universitaria. Retrieved from http://www.ebrary.com

11. Torres, P., & Sandoval, A. (Eds.). (2015). Avances en hidrología urbana. Bogotá, COLOMBIA: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved from http://www.ebrary.com

12. Prieto, B. (2009). El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación (3a. ed.). Bogotá, CO: Ecoe Ediciones. Retrieved from http://www.ebrary.com

13. Luis Bañon Blázquez. 2000. Consultado el 14 de febrero del 2012. Disponible en: http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01030404.pdf

14. Máximo Villón Béjar (2006), Drenaje. 1era ed. Cartago. CR.: Tecnológica de Costa Rica.

15. Elementos para el proyecto de drenajes. 1979. Roma. IT, Vía delle terme di-caracalla.

16. Villalobos, M. (2005), Diseño de drenaje superficial. 1 ed.: Tecnológica de Costa Rica.

17. Chow, V; Maidment, D.; & Mays, L (1988), Applied Hydrology (p. 498). McGraw-Hill. Nueva York.

18. Ministerio De Transportes y Comunicaciones. (2012). Manual de carreteras hidrología, hidráulica y drenaje.

19. Gestión del riesgo frente a la amenaza de deslizamiento en la cuidad de Cajamarca zona Urubamba, Corisorgona y el Ronquillo (SENAMHI), Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/?p=1201_dr03.

20. Sistema Intermunicipal De Los Servicios De Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), (2014), Alcantarillado Pluvial, México.

21. Manuel de Drenaje Urbano (2013). Ministerio de Obras Públicas. Chile.

22. Manuel de Drenaje (1967). Ministerio de Obras Publicas de la República de Venezuela

23. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (2007). Comisión Nacional del Agua (CNA), México.

ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS.

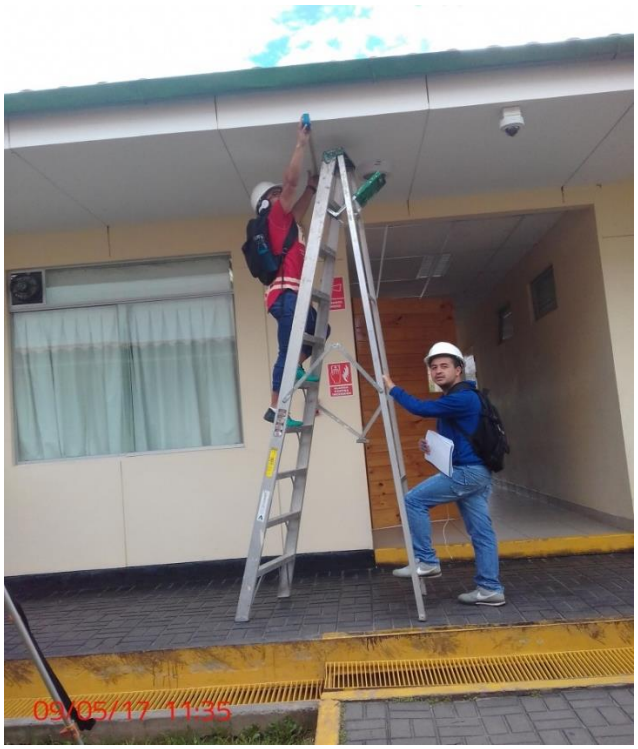


Foto 1: Realizando la medición de techos

Foto 2: Realizando la medición de las cunetas UPN-C.

Foto 3: Cálculo de las pendientes

Foto 4: Realizando la medición de cunetas.

Foto ***5:*** *Medición de canaletas*

Foto 6: *Campus UPN inundado*

Foto 7: *Canaleta sin mantenimiento*

Foto 8: *Cuneta sin mantenimiento*

Foto 9: *Cuneta sin mantenimiento*

Foto 10: *Cuneta con agua estancada*

Foto 11: *Tuberías sin mantenimiento*

Foto 12: *Cuneta sin mantenimiento*

ANEXO 2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

I.	INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO HIDRAULICO		TIPOS DE CUNETAS											
	INDICADOR	UNIDAD	C1			C2			C3			C4		
1.1	Material de revestimiento.	-	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.	Tarrajeo.	Enrocado	sin revest.
1.2	Tipo de sección de cuneta		Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial	Rectangular	Triangular	Trapecial
1.3	Material de rejilla.	-	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla	Fierro.	Polipropileno	sin rejilla
1.4	Radio hidraulico	m												
1.5	Pendiente.	%												
1.6	Area hidraulica	m2												
1.7	altura	m												
1.8	Base	m												
1.9	Velocidad	m/s												
1.10	Caudal de diseño													
1.11	Longitud	m												
1.12	Antigüedad.	años												
1.13	Tipo de emisor.	-	Gravedad		Presión	Gravedad		Presión	Gravedad		Presión	Gravedad		Presión
1.14	Sumidero.	-	SI		NO	SI		NO	SI		NO	SI		NO

II.	OPERACION Y MANTENIMIENTO	TIPOS DE CUNETAS											
2.1	LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALETAS	C1			C2			C3			C4		
2.1.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.1.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.1.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.1.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos
2.2	REHABILITACION DE CUNETAS	R1			R2			R3			R4		
2.2.1	Frecuencia	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre	Nunca	A veces	Siempre
2.2.2	Mano de obra	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada	No calificada		calificada
2.2.3	Forma de pago	UPN-C			UPN-C			UPN-C			UPN-C		
2.2.4	Equipos y materiales	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos	Manual		Equipos

ANEXO 3. PLANOS.