



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**TÍTULO PROFESIONAL**  
**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
**(Sustentación de Caso)**

**“DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS COLECTORAS CON FINES DE DISEÑO DE  
DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y  
DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN - 2019”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR (ES):           BACH. LUIS BARRETO PEZO.  
                                  BACH. PEDRO ABEL CANMA SALAS**

**ASESOR:                M. SC. ING. CALEB RÍOS VARGAS**

**TARAPOTO - SAN MARTÍN – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

El presente está dedicado a nuestras familias, quienes han sido parte fundamental para su desarrollo, ellos, quienes nos dieron soporte en todos los aspectos y son principales protagonistas de este sueño alcanzado.

**Los Autores**

## **AGRADECIMIENTOS**

Son muchas las personas e instituciones que han contribuido al desarrollo de este trabajo de investigación, en primer lugar, queremos agradecer a la Municipalidad Provincial de San Martín por proporcionar la información topográfica y del uso de suelo de la ciudad de Tarapoto, SENAMHI – TARAPOTO, por el aporte de la información pluviométrica del área en estudio, a la Universidad Científica del Perú por el desarrollo del programa de titulación.

**Los Autores**



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**FACULTAD  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Con Resolución Decanal N° 562 -2019- UCP - FCEI del 10 de julio de 2019, la **FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP** designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional a los Señores:

- Ing. Enrique Napoleón Martínez Quiroz, M.Sc. Presidente
- Ing. Andrés Pinedo Delgado, Mg. Miembro
- Ing. Artemio Del Águila Panduro. Miembro

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 19:00 pm, del día lunes 15 de julio de 2019, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional:

**“DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS COLECTORAS CON FINES DE DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN-2019”**

Presentado por las sustentantes:

**LUIS BARRETO PEZO y PEDRO ABEL CANMA SALAS**

Asesora: Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc.

Como requisito para optar el título profesional de: **Ingeniero Civil.**

Luego de escuchar la Sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: Absueltas

El jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

Por lo que la Sustentación es: Por mayoría

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el acta.



\_\_\_\_\_  
Miembro



\_\_\_\_\_  
Presidente

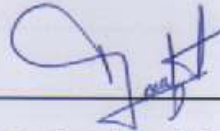


\_\_\_\_\_  
Miembro

CALIFICACIÓN:	Aprobado (a) Excelencia	: 19 - 20
	Aprobado (a) Unanimidad	: 16 - 18
	Aprobado (a) Mayoría	: 13 - 15
	Desaprobado (a)	: 00 - 12



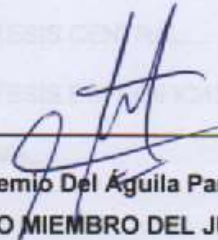
**JURADOS**



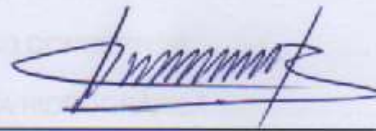
**Ing. M. Sc. Enrique Napoleón Martínez Quiroz  
(PRESIDENTE DEL JURADO)**



**Ing. Mg. Andrés Pinedo Delgado  
(PRIMER MIEMBRO DEL JURADO)**



**Ing. Artemio Del Águila Panduro  
(SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO)**



**Ing. M. Sc. Caleb Rios Vargas  
(ASESOR)**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	15
1.1 GENERALIDADES.....	15
1.2 INTRODUCCIÓN.....	15
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.3.1 PROBLEMA.....	16
1.3.1.1 PROBLEMA CENTRAL.....	16
1.3.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3.2 OBJETIVOS.....	17
1.3.2.1 OBJETIVO CENTRAL.....	17
1.3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.3.3 HIPÓTESIS.....	17
1.3.3.1 HIPÓTESIS CENTRAL.....	17
1.3.3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS.....	17
1.4 IMPORTANCIA DEL TEMA.....	17
<b>CAPÍTULO II</b> .....	18
2.1 ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	18
2.2 ANTECEDENTES.....	18
2.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	19
2.3.1 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	19
2.3.2 PARTES DE UNA CUENCA.....	21
2.3.3 ELEMENTOS DE UNA CUENCA.....	21
2.3.4 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE UNA CUENCA.....	21
2.3.4.1 DELIMITACIÓN DEL PARTE DE AGUAS.....	22

2.3.4.2 SUPERFICIE O ÁREA.....	22
2.3.4.3 PERÍMETRO.....	22
2.3.4.4 FORMA DE LA CUENCA.....	23
2.3.5 NORMA OS. 060.....	24
2.3.5.1 DISPOSICIONES GENERALES.....	24
2.3.5.2 ESTUDIOS BÁSICOS.....	25
2.3.5.3 TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO.....	25
2.3.5.4 INFORMACIÓN BÁSICA.....	26
2.3.5.5 OBLIGATORIEDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	26
2.3.5.6 PLANOS TOPOGRÁFICOS.....	26
2.3.5.7 CALCULO DE LOS CAUDALES DE ESCURRIMIENTO...	26
2.3.5.8 MÉTODO RACIONAL.....	26
2.3.5.9 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	27
2.3.5.10 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN ÁREAS COLECTORAS.....	31
2.3.5.11 CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS EN SISTEMAS DE DRENAJE URBANO.....	33
2.3.5.12 CAPTACIÓN EN ZONA VEHICULAR – PISTA.....	34
2.3.5.13 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CUNETA .....	35
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>36</b>
3.1 METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TEMA.....	36
3.2 METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....	36

3.3 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	36
3.4 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS COLECTORAS.....	37
3.4.1 PLANTA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	39
3.4.2 PLANTA DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS COLECTORAS.....	40
3.4.3 PLANTA DEFINICIÓN DE DRENAJES.....	41
3.4.4 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 01.....	42
3.4.5 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 02.....	43
3.4.6 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 03.....	44
3.4.7 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 04.....	45
3.4.8 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 05.....	46
3.4.9 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 06.....	47
3.4.10 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 07.....	48
3.4.11 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 08.....	49
3.4.12 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 09.....	50
3.4.13 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 10.....	51
3.4.14 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 11.....	52
3.4.15 PLANTA DEFINICIÓN DE ÁREA COLECTORA 12.....	53
3.5 DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE DISEÑO.....	54
3.6 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA DE DISEÑO....	58
3.7 CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	59
3.8 CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO.....	60
3.9 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE ALCANTARILLAS.....	64
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>66</b>
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66

4.2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	66
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>67</b>
5.1 DISCUSIÓN.....	67
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	67
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>76</b>
6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
6.2 CONCLUSIONES.....	76
6.3 RECOMENDACIONES.....	76
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>
ANEXO N° 01: Solicitud de información meteorológica (director de la Dirección Zonal 9 - San Martín) SENAMHI.....	78
ANEXO N° 02: Oficio UCP – solicitando Información Meteorológica (director de la Dirección Zonal 9 - San Martín) SENAMHI.....	79
ANEXO N° 03: Información Pluviométrica Estación CO- Tarapoto.....	80
ANEXO N° 04: Solicitud Municipalidad Provincial de San Martín.....	81
ANEXO N° 05: Carta donde se remite la información requerida MPSM.....	82
ANEXO N° 06: Planos de uso de suelos del distrito de Tarapoto.....	83

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> Determinación de las superficies.....	22
<b>TABLA 2:</b> Coeficiente de escorrentía para ser usado en el método racional.....	29
<b>TABLA 3:</b> Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas, para 5 y 10 años de periodo de retorno.....	30
<b>TABLA 4:</b> Coeficientes de escorrentías en áreas no desarrolladas en función al tipo de suelo.....	31
<b>TABLA 5:</b> Coeficientes de rugosidad.....	35
<b>TABLA 6:</b> Áreas colectoras.....	38
<b>TABLA 7:</b> Precipitación máxima en 24 horas mensual (mm).....	54
<b>TABLA 8:</b> Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel.....	55
<b>TABLA 9:</b> Calculo de las variables probabilísticas.....	56
<b>TABLA 10:</b> Calculo precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias.....	56
<b>TABLA 11:</b> Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.....	57
<b>TABLA 12:</b> Intensidades de lluvia a partir Pd, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.....	57
<b>TABLA 13:</b> Resultados del tiempo de concentración.....	60
<b>TABLA 14:</b> Resultados y características geométricas calculadas.....	65
<b>TABLA 15:</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos .....	66
<b>TABLA 16:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 01 .....	67
<b>TABLA 17:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 02 .....	68
<b>TABLA 18:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 03 .....	69

<b>TABLA 19:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 04 .....	70
<b>TABLA 20:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 05 .....	71
<b>TABLA 21:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 06 .....	71
<b>TABLA 22:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 07 .....	72
<b>TABLA 23:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 08 .....	73
<b>TABLA 24:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 09 .....	73
<b>TABLA 25:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 10 .....	74
<b>TABLA 26:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 11 .....	74
<b>TABLA 27:</b> Análisis de los resultados Área Colectora 12 .....	75



## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 01: Cuenca hidrográfica.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 02: Tipos de cuencas.....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 03: Ecuaciones Manning para canal rectangular.....</b>	<b>64</b>

## **RESUMEN**

La definición de las áreas colectoras dentro del área urbana perteneciente al distrito de Tarapoto es de suma importancia para el diseño del drenaje pluvial, que son obtenidas mediante la modelación generada por softwares de ingeniería, el mismo que toma como referencia el relieve del área de estudio, y poder determinar los caudales que se generan en una determinada área. Utilizando para ello información topográfica y datos pluviométricos del área de estudio, diseño que esta enmarcado en la norma O.S. 060, del reglamento nacional de edificaciones. Los resultados obtenidos en las diferentes áreas colectoras en el distrito de Tarapoto fueron obtenidos gracias a la información topográfica y pluviométrica. la investigación permite concluir que la definición de las áreas colectoras permite una mejor planificación del diseño del sistema de drenaje pluvial del distrito de Tarapoto.

Palabras clave: Áreas colectoras. Drenaje pluvial.

## **ABSTRACT**

(I) The definition of the collection areas within the urban area belonging to the district of Tarapoto is of utmost importance for the design of storm drainage, which are obtained by modeling generated by engineering software, which takes as reference the relief of the study area, and to determine the flow rates generated in a given area. (M) Using topographic information and rainfall data from the study area, design that is framed in the O.S: 060, of the national building regulations. (R) The results obtained in the different collecting areas in the district of Tarapoto were obtained thanks to topographic and rainfall information. (C) The Investigation allows to conclude that the definition of the collection areas allows a better planning of the design of the storm drain system of the Tarapoto district.

Keywords: Collection areas. Storm drain.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1 GENERALIDADES**

El presente capítulo contiene las generalidades de la investigación como son: planteamiento del caso, antecedentes, importancia del tema desarrollado, objetivos e hipótesis, tipo y alcance de la investigación.

### **1.2 INTRODUCCIÓN**

En el distrito de Tarapoto a través de distintas administraciones municipales de turno, viene realizando obras de infraestructura de drenaje pluvial, las mismas que obedecen a un factor político y aleatorio sin considerar la parte técnica.

El clima en el distrito de Tarapoto es variable ya que se encuentra a una altitud de 356 msnm, la temporada de lluvia está bien definida entre los meses de enero a abril, periodo en donde se puede observar problemas de inundaciones y colapso del drenaje pluvial dentro del área urbana, tratando de solucionar en alguna medida este problema se realizó el presente trabajo de investigación.

La definición de las áreas colectoras dentro del área urbana perteneciente al distrito de Tarapoto es de suma importancia para el diseño del drenaje pluvial, áreas colectoras que son obtenidas mediante la modelación generada por los softwares de ingeniería, el mismo que toma como referencia el relieve del área en estudio, de esta manera se logró realizar el análisis con un aceptable grado de precisión, todo esto para facilitar y determinar los caudales que generan las precipitaciones en el distrito de Tarapoto.

Este trabajo de investigación favorece al distrito de Tarapoto, como documento de consulta por las consideraciones tomadas al realizar el diseño del drenaje pluvial dentro del área urbana. Conocer como el uso de las herramientas informáticas, ayuda a la definición de áreas colectoras de manera rápida y precisa.

Conocer uno de los métodos de cálculo de la intensidad máxima en 24 horas usando la información pluviométrica de un periodo de registro de 20 años, proceso que ayudara a conocer el comportamiento de las precipitaciones a través del tiempo, información que fue proporcionada por SENAMHI - TARAPOTO.

El diseño del drenaje pluvial de este estudio solo comprenderá solo a la parte de entrega a los cauces naturales, teniendo en cuenta las recomendaciones y limitaciones establecidas por el reglamento nacional de edificaciones, en la norma OS. 060.

El adecuado diseño del drenaje urbano permitirá garantizar un normal funcionamiento de los mismos, para distintas precipitaciones, de esta manera no sólo se protege la integridad de las propiedades sino a la vez que se permita el libre tránsito de vehículos y personas durante la ocurrencia.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El distrito de Tarapoto cuenta con un clima variable y temporadas bien definidas, se aprecia que en los meses de enero a abril es cuando las lluvias están presentes y con más frecuencia, y de forma esporádica a lo largo de todo el año, teniendo en cuenta este comportamiento meteorológico del área de estudio se observa problemas en el drenaje pluvial existente tales como la insuficiencia de la capacidad hidráulica de la cunetas y alcantarillas, provocando inundaciones y afectando la transitabilidad peatonal y vehicular así como también al deterioro de vías y viviendas.

#### **1.3.1 PROBLEMA.**

##### **1.3.1.1 PROBLEMA CENTRAL**

¿Sera posible, con la definición de las áreas colectoras, solucionar el diseño de la sección hidráulica de las cunetas y alcantarillas del drenaje pluvial en el distrito de Tarapoto?

##### **1.3.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cómo definimos las áreas colectoras en el distrito de Tarapoto usando las curvas de nivel?

¿Cómo diseño la sección hidráulica de las cunetas y alcantarillas del drenaje pluvial en el distrito de Tarapoto?

### **1.3.2 OBJETIVOS.**

#### **1.3.2.1 OBJETIVO CENTRAL.**

Plantear una solución basado en la definición de las áreas colectoras para mejorar el diseño de la capacidad hidráulica de las cunetas y alcantarillas del drenaje pluvial en el distrito de Tarapoto

#### **1.3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Definir las áreas colectoras del distrito de Tarapoto usando las curvas de nivel.

Diseñar la capacidad hidráulica del drenaje pluvial en el distrito de Tarapoto usando el método racional.

### **1.3.3 HIPÓTESIS.**

#### **1.3.3.1 HIPÓTESIS CENTRAL.**

El planteamiento de solución basado en la definición de áreas colectoras permitirá solucionar el diseño de la sección hidráulica del drenaje pluvial del distrito de Tarapoto.

#### **1.3.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.**

La definición de áreas colectoras usando las curvas de nivel nos ayudara al trazo de escorrentía natural para un óptimo diseño de los sistemas de drenaje pluvial.

Diseñar la capacidad hidráulica de los sistemas de drenaje pluvial usando las áreas colectoras se obtienen resultados precisos al tener un área definida de aporte de lluvia.

### **1.4 IMPORTANCIA DEL TEMA.**

Es importante porque se implementa un modelo de solución al diseño del drenaje pluvial, por tanto; se justifica de igual manera porque constituye un aporte para proyectos concernientes al diseño del drenaje pluvial, ya que los resultados del modelo son requeridos para el diseño de la capacidad hidráulica, que tienen por finalidad la evacuación de las aguas pluviales a las vertientes naturales, estas particularidades constituyen al trabajo de investigación como importante ya que se justifica en ámbitos técnicos y sociales.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 ANTECEDENTES, MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.**

El presente capítulo se presenta la fundamentación teórica necesaria para el desarrollo del tema, trata sobre cuencas hidrográficas (áreas colectoras), así como también sobre el diseño de drenaje pluvial usando el método racional.

### **2.2 ANTECEDENTES**

La definición de áreas colectoras es similar al proceso de determinación de una cuenca hidrográfica, en el caso de las áreas colectoras dentro del área urbana se define mediante el uso de los datos de levantamiento topográficos que ayudan al mejor análisis por su valor y precisión, esta también se realiza a través de planos satelitales tipo GIS y CAD, entre otros; muchos estudios mencionan lo siguiente:

La tesis: “Simulación y optimización de un sistema de alcantarillado urbano”, elaborado por Fernando Javier Chávez Aguilar, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el mismo menciona que optimiza una red de alcantarillado pluvial, de una zona dada de la ciudad de Tumbes y menciona que el diseño consta de dos partes, de la optimización y la documentación, así mismo hace un estudio de los métodos de cálculo empleados en los programas de simulación y optimización.

La tesis: “Drenaje pluvial en la ciudad de Juliaca (sector los virreyes) – Puno – Perú”, elaborado por Víctor Oscar Rendón Dávila, de la Universitat Politècnica de Catalunya, en el mismo realiza el modelamiento de los conductos de alcantarillado se realiza bajo un modelo conceptual, de la forma como se vierte la escorrentía de sub cuencas urbanas en la red de drenaje y se utilizó el programa Storm Water Management Model (SWMM), que analiza la red, mediante un modelo unidimensional de onda dinámica.

Tomando como referencia las tesis citadas, se realizó la determinación de las áreas colectoras con fines de diseño de drenaje pluvial en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín - 2019.



## **2.3 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **2.3.1 CUENCA HIDROGRÁFICAS (ÁREA COLECTORA)**

Una cuenca hidrográfica es una zona delimitada topográficamente que desagua mediante un sistema de fluvial, es decir la superficie total de tierras que desaguan en un punto de un curso de agua o río. Una cuenca hidrográfica que ha sido descrita y utilizada como una unidad físico biológica y también, en muchas ocasiones, como una unidad socio-económica-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales. La cuenca de captación se utiliza con frecuencia como sinónimo de la cuenca hidrográfica. No hay un tamaño definido de cuenca, puede tener desde una dimensión de varios miles de kilómetros cuadrados hasta la de unos pocos kilómetros cuadrados.

Se entiende por cuenca hidrográfica, hoya hidrográfica, cuenca de drenaje o cuenca imbrífera el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico.

Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. Una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la cuenca hidrográfica se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos).

**Figura 1: Cuenca hidrográfica**



**Fuente: Guía básica para la caracterización morfo métrica de cuencas hidrográficas**

Una cuenca hidrográfica es toda área de terreno que contribuye al flujo de un río o quebrada. También se conoce como área de captación o área de terreno de donde provienen las aguas de un río, quebrada, lago, laguna, humedal, estuario, embalse, acuífero, manantial o pantano.

Las cuencas hidrográficas se clasifican en: cuencas hidrográficas naturales y cuencas urbanas. Las cuencas hidrográficas naturales son aquellas donde quedan delimitadas por sus propias características topográficas, mientras las cuencas hidrográficas urbanas ya fueron alteradas por el cambio de uso de suelo y su determinación obedece a condiciones locales.

Figura 01 muestra la delimitación de una cuenca hidrográfica natural, las propiedades morfo métricas importantes con fines de obtener el potencial hídrico son los siguientes: superficie, perímetro, pendiente promedio de la superficie delimitada por la cuenca, longitud del curso de la red hídrica principal, pendiente de la red hídrica principal.

### 2.3.2 PARTES DE UNA CUENCA

**Altitud**, si el criterio utilizado para la definición de una cuenca es la altura, se podrían distinguir la parte alta, media y baja, sucesivamente en función de los rangos de altura que tenga la cuenca. Si la diferencia de altura es significativa y varía de 0 a 2500 m.s.n.m., son factible las tres partes; si esta diferencia es menor, por ejemplo, de 0 a 1000 m.s.n.m., solo se distinguen dos partes, y la cuenca es casi plana, será menos probable establecer partes. Generalmente ese criterio de la altura, se relaciona con el clima y puede ser una forma de establecer partes de una cuenca (Word visión, 2004).

**Topografía**, otro criterio muy similar al anterior es la relación con el relieve y la forma del terreno. Las partes accidentadas forman la montañas y laderas, las partes onduladas y planas, forman los valles y, finalmente, a la zona por donde escurre el río principal y sus afluentes se les denomina cauce.

### 2.3.3 ELEMENTOS DE UNA CUENCA

Los elementos de una cuenca se describen teniendo en cuenta el cauce principal y la división que genera; y es de utilidad para establecer relaciones geomorfológicas. Como principales elementos se consideran los siguientes:

**Talweg**, es la línea que marca la parte más honda de un cauce, y es el camino por donde van las aguas de las corrientes naturales. Por lo que los perfiles de Talweg mostrarán las líneas más profundas de los diferentes cauces en estudio (brantt et al. 2009)

**Vertientes**, son las áreas receptoras de agua que se extienden a lado y lado del Talweg, desde este hasta la línea de divorcio de aguas. Entre las vertientes y el Talweg hay una estrecha relación geomorfológica.

### 2.3.4 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE UNA CUENCA

La forma de una cuenca es la configuración geométrica tal como está proyectada sobre el plano horizontal. Esta forma gobierna la tasa a la cual se suministra el agua al cauce principal, desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Cada cuenca tiene entonces una forma determinada que guarda relación con su comportamiento hidrológico. Es decir, dos cuencas de igual área, pero con forma diferente no se comportan igual.

#### **2.3.4.1 DELIMITACIÓN DEL PARTEAGUAS**

El proceso de delimitación es válido, se utiliza tanto en el método tradicional – delimitación sobre cartas topográficas -, así como el método digital con ingreso directo sobre la pantalla de un computador, utilizando algún software SIG (sistema de información geográfica) o CAD (diseño asistido por computador), como herramienta de dibujo.

#### **2.3.4.2 SUPERFICIE O ÁREA**

El área de la cuenca es probablemente la característica Morfométricas e hidrológica más importante. Está definida como la proyección ortogonal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. El tamaño relativo de estos espacios hidrológicos define o determina, aunque no de manera rígida los nombres de microcuenca, subcuenca, cuenca o sector.

**Tabla 1: denominación de las superficies**

ÁREA (KM <sup>2</sup> )	NOMBRE
< 5	Unidad
May-20	Sector
20 - 100	Microcuenca
100 - 300	Subcuenca
> 300	Cuenca

**Fuente: Jiménez, Materon 1986**

#### **2.3.4.3 EL PERÍMETRO**

El perímetro de la cuenca o la longitud del parte aguas de la cuenca, es un parámetro importante, que en conexión con el área nos permite inferir sobre la forma de la cuenca.

El área se calcula a partir de la carta topográfica mediante instrumentos como el planímetro o, a través de la digitalización planimetría de una carta de un

sistema CAD, mientras que el perímetro puede ser obtenido con la ayuda de un curvímetro o también a través de sistemas CAD.

El planímetro y el curvímetro han sido utilizados habitualmente; hoy en día, gracias a las herramientas computacionales como el CAD o SIG, los cálculos de superficie y perímetro de un área cualquiera se resuelven inmediatamente, una vez que la cuenca ha sido digitalizada bajo un sistema georreferenciado adecuado.

La digitalización se define como el proceso que transforma la información análoga a digital bajo un formato específico.

#### **2.3.4.4 FORMA DE LA CUENCA**

El análisis de una cuenca es fundamental para comprender e interpretar su comportamiento morfodinámico e hidrológico, así como para inferir indirecta y cualitativamente sobre la estructura, características y formas de los Hidrogramas resultantes de eventos de crecidas (respuesta hidrológica).

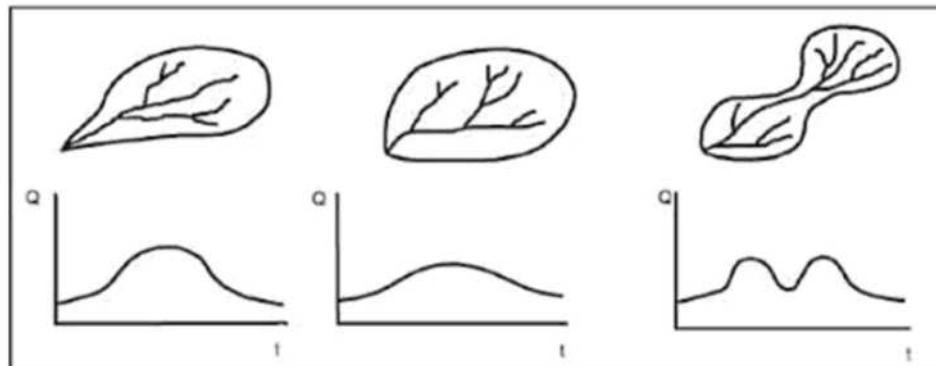
También permite analizar y comprender los elementos geométricos básicos del sistema, que ante la presencia de externalidades (precipitaciones extremas), interactúan para originar y/o activar procesos geomorfológicos (movimientos de masa) de vertientes y aludes torrenciales.

Estas características tratan de cuantificar por medio de índices o coeficientes el movimiento de agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento (hidrógrafa), dado que son un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial, teniendo en cuenta que aquellas con formas alargadas tienden a presentar un flujo de agua más veloz, en comparación con las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida y mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base.

La figura 02 se observa 3 hidrógrafas para cuencas con tres formas diferentes, con igual área y una misma lámina precipitada, en donde las abscisas  $t$  corresponden al tiempo y la ordenada que al caudal. Aquellas cuencas que presentan ríos de gran longitud facilitarían el amortiguamiento o reducción del

efecto de una creciente, al aumentar el tiempo de su formación y reducir el caudal máximo o pico de ella. Por el contrario, cuando la forma de su cuenca permita la presencia de ríos de poca longitud, facilitara la formación de avenidas ante eventos de alguna pluviosidad.

**Figura 2: tipos de cuencas**



**Fuente: Guerreo, o.s.f.**

### **2.3.5 NORMA OS 0.60**

La norma, tiene como objetivo establecer los criterios generales de diseño que permitan la elaboración de proyectos de Drenaje Pluvial Urbano, que comprende la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre el área urbana.

#### **2.3.5.1 DISPOSICIONES GENERALES**

El termino drenaje se aplica al proceso de remover el exceso de agua para prevenir el inconveniente público y proveer protección contra la perdida de la propiedad y la vida. En un área no desarrollada el drenaje escurre en forma natural como parte del ciclo hidrológico. Este sistema de drenaje natural no es estático, pero está constantemente cambiando con el entorno y las condiciones físicas.

El desarrollo de un área interfiere con la habilidad de la naturaleza para acomodarse a tormentas severas sin causar daño significativo y el sistema de drenaje hecho por el hombre se hace necesario.

Un sistema de drenaje puede clasificarse de acuerdo a las siguientes categorías.

A.- Sistemas de drenaje urbano

- B.- Sistemas de drenaje de terrenos agrícolas
- C.- Sistemas de drenaje de carreteras
- D.- Sistemas de drenaje de aeropuertos.

El drenaje urbano tiene como objetivo el manejo racional del agua de lluvia en las ciudades, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas (pistas, redes de agua, redes eléctricas, etc.), así como la acumulación del agua que pueda constituir focos de contaminación y/o transmisión de enfermedades.

#### **2.3.5.2 ESTUDIOS BÁSICOS**

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) Evaluación económica de operación y mantenimiento.

#### **2.3.5.3 TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO**

El drenaje urbano de una ciudad está conformado por los sistemas de alcantarillado, los cuales se clasifican según el tipo de agua que conduzcan; así tenemos:

- a) Sistemas de alcantarillado sanitario.** - es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales.
- b) Sistema de alcantarillado pluvial.** - es el sistema de la evacuación de la escorrentía superficial producida por las lluvias.
- c) Sistema de alcantarillado combinado.** - es el sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias.



#### **2.3.5.4 INFORMACIÓN BÁSICA**

Todo proyecto de alcantarillado pluvial deberá contar con la información básica, 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 suelos.

#### **2.3.5.5 OBLIGATORIEDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL**

Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades en donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, debería contar en forma obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial.

#### **2.3.5.6 PLANOS TOPOGRÁFICOS**

Los planos generales de una zona deberán estar escaladas entre 1:500 a 1:1000 con curvas de nivel con equidistancia de 1m o 0.50 m, según sea el caso

#### **2.3.5.7 CÁLCULO DE CAUDALES DE ESCURRIMIENTO**

Los caudales de escurrimiento serán calculados por lo menos según:

Método racional, aplicable a hasta áreas de drenaje no mayores a 13 Km<sup>2</sup>; Técnicas de Hidrograma unitarios podrán ser empleados para áreas mayores a 0.5 Km<sup>2</sup> y definitivamente para áreas mayores a 13 Km<sup>2</sup>

#### **2.3.5.8 MÉTODO RACIONAL**

Para áreas urbanas donde el área de drenaje está compuesta de subárea o subcuenca de diferentes características el caudal pico esta proporcionado por el método racional viene expresado por la siguiente forma:

$$Q = 0.278 x \sum_{j=1}^m C_j x A_j \dots \dots \dots (ecuacion 1)$$

El método racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de

obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \dots \dots \dots (ecuacion 2)$$

La expresión utilizada por el método racional está representada por la ecuación 1 y 2 donde cada término representa:

- Q, caudal máximo, en m<sup>3</sup>/s
- C, coeficiente de escorrentía, dependiendo si sin cuencas Rurales o Urbanas
- I, intensidad de la lluvia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual a periodo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al periodo de retorno seleccionado para el diseño en mm/h
- A, área de la cuenca, en Ha

#### 2.3.5.9 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

La selección del valor del coeficiente de escorrentía deberá sustentarse en considerar los efectos de:

Características de la superficie, tipo de área urbana, Intensidad de la lluvia (teniendo en cuenta el tiempo de retorno), pendiente del terreno, condición futura dentro del horizonte de vía del proyecto.

Representa la porción de la precipitación que se convierte en caudal, es decir, la relación entre el volumen de escorrentía superficial y el de precipitación total sobre un área (cuenca) determinada, queda establecida en la ecuación 3

$$C = \frac{\text{Volumen Escorrentia Superficial}}{\text{Volumen Precipitacion Total}} \dots \dots \dots (ecuacion 3)$$

El coeficiente de escorrentía no es un factor constante, pues varía de acuerdo a la magnitud de la lluvia y particularmente con las condiciones fisiográficas de la cuenca hidrográfica (Cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelos), por lo que su

determinación es aproximada. En general, los cálculos de este coeficiente se efectúan a partir de los valores anuales de precipitación y caudal.

Para la selección del coeficiente de escorrentía, es necesario conocer (además del tipo de cobertura vegetal) dos parámetros específicos del área de estudio: la pendiente promedio del terreno (la cual es la resultante del estudio morfológico de la cuenca) y el tipo de suelo predominante en el área de estudio, de esta forma para poder estimar su nivel de permeabilidad, la cual deber ser determinada a partir de muestreos, inspección directa o estudios geológicos.

Como referencia, los tres niveles de permeabilidad utilizados pueden ser asociados a los tipos de suelo de la siguiente manera:

- Suelo impermeable: Rocas, arcillas, limos arcillosos
- Suelo Semipermeable: Arenas limosas o arcillosas, gravas finas con alto contenido de arcillas
- Suelo permeable: arenas gravas, en general suelos de alto contenido arenoso.

### **COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA ÁREAS RURALES.**

En el R.N.E referente al tema de la hidrología superficial se disponen los coeficientes de escorrentía para distintas condiciones de uso de suelos para ser utilizados en el método racional.

### **COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA ÁREAS URBANAS.**

De la misma manera que en las áreas rurales, se cuenta con diversas fuentes para la selección del coeficiente de escorrentía en zonas urbanas.

En esta **Tabla 2** quedan reproducido algunos valores del coeficiente de escorrentía utilizados en el Método Racional.

**Tabla 2: Coeficiente de escorrentía para ser usados en el Método Racional**

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>ÁREAS URBANAS</b>							
asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/ Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (Jardines, parques, etc.) Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del Área)</b>							
Plano 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<b>Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)</b>							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</b>							
Plano 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>ÁREAS NO DESARROLLADAS</b>							
<b>Áreas de cultivos</b>							
Plano 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

**Fuente: RNE. NORMA OS.060**

**Tabla 3: Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas, para 5 y 10 años de periodo de retorno**

Características de la superficie		Coeficientes de escorrentía
calles		
	Pavimento asfáltico	0.70 a 0.95
	Pavimento de concreto	0.80 a 0.95
	Pavimento de Adoquines	0.70 a 0.85
	veredas	0.70 a 0.85
	Techos y azoteas	0.75 a 0.95
Césped, suelo arenoso		
	Plano (0 - 2%) Pendiente	0.05 a 0.10
	Promedio (0 - 7%) Pendiente	0.10 a 0.15
	Pronunciado (> 7%) Pendiente	0.15 a 0.20
Césped, suelo arcilloso		
	Plano (0 - 2%) Pendiente	0.13 a 0.17
	Promedio (0 - 7%) Pendiente	0.18 a 0.22
	Pronunciado (> 7%) Pendiente	0.25 a 0.35
praderas		0.2

**fuentes: R.N.E. NORMA OS.060**

**Tabla 4: coeficiente de escorrentía en áreas no desarrolladas en función al tipo de suelo**

Topografía y vegetación	Tipo de suelo		
	Tierra Arenosa	Limo arcilloso	Arcilla pesada
<b>BOSQUES</b>			
Plano (0 – 5%)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (0 – 5%)	0.25	0.35	0.50
Pronunciado > 10%	0.30	0.50	0.60
<b>PRADERA</b>			
Plano (0 – 5%)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (0 – 5%)	0.16	0.36	0.55
Pronunciado > 10%	0.22	0.42	0.60
<b>TERRENOS DE CULTIVOS</b>			
Plano (0 – 5%)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (0 – 5%)	0.40	0.60	0.70
Pronunciado > 10%	0.52	0.72	0.82

**Fuente: RNE NORMA OS.0.60**

#### **2.3.5.10 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN ÁREAS COLECTORAS**

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

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

**Según Témez:**

- Tc: Tiempo de concentración en horas
- L: Longitud del cauce principal en Kilómetros
- So: Diferencia de cotas sobre L en porcentaje.

$$T_c = 0.30 \left( \frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.75} \dots \dots \dots (ecuacion 4)$$

**Según Williams:**

- A: Área dela cuenca en millas cuadradas.
- L: Distancia en línea recta desde el sitio de interés al puto más alto en millas.
- So: Diferencia entre los puntos más extremos dividida por L en porcentaje.
- d: diámetro de una cuenca circular con área A en millas.

$$T_c = \frac{LA^{0.4}}{DS_0^{0.2}} \dots \dots \dots (ecuacion 5)$$

**Según kirpich:**

Desarrollada a partir de información SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%), donde:

- L: Longitud desde la estación de aforo hasta la divisoria siguiendo el cauce principal en kilómetros.
- S: Diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente en m/m.

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77} \dots \dots \dots (ecuacion 6)$$



Según California Culverts Practice. Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

L: Longitud del curso de agua más largo (m).

H: diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m).

$$T_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \dots \dots \dots (ecuacion 7)$$

### 2.3.5.11 CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS EN SISTEMAS DE DRENAJE URBANO

Los sistemas de drenaje instalados en centros urbanos deberán tener la capacidad suficiente para prevenir inundaciones por lluvias de poca frecuencia.

El método racional solo deberá aplicarse para cuencas menores de 13 Km<sup>2</sup>

El periodo de retorno no debe ser menor de 25 años, la determinación de la escorrentía superficial dentro del área de drenaje urbano o residencial producida por la precipitación generada por una tormenta referida a un cierto periodo de retorno nos permitirá utilizando la ecuación de Manning determinar la capacidad del canal para conducir dicho caudal

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \dots \dots \dots (ecuacion 8)$$

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (ecuacion 9)$$

$$V = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \dots \dots \dots (ecuacion 10)$$

Donde:

V = Velocidad de desplazamiento (m/s)

R = Radio medio Hidráulico (m)

S = Pendiente de canalización

n = Coeficiente de rugosidad Manning.

A = Sección transversal de la canalización (m<sup>2</sup>)

Q = Caudal (escorrentía superficial pico) (m<sup>3</sup>/s)

Las vías calle de acuerdo a su área de influencia, descargarán por acción de la gravedad, hacia la parte más baja, en donde se preverá la ubicación de una calle de gran capacidad de drenaje, denominada calle principal o evacuador principal.

#### **2.3.5.12 CAPTACIÓN EN ZONA VEHICULAR - PISTA**

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

##### **Orientación del flujo:**

En el diseño de las pistas deberá prever pendientes longitudinales ( $S_L$ ) y transversales ( $S_T$ ), a fin de facilitar la concentración del agua que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la calzada.

Pendiente Longitudinal ( $S_L$ ) > 0.50 %

Pendiente Transversal ( $S_T$ ) de 2% a 4%

##### **Captación y transporte de aguas pluviales de calzadas y aceras:**

La evacuación de las aguas que discurren sobre la calzada se realiza mediante cunetas, las que conducen el flujo hacia las zonas bajas donde los sumideros captarán el agua para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales de la ciudad, las cunetas para este fin podrán tener secciones como circular, triangular, trapezoidal, compuesta y de sección en V.

### 2.3.5.13 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CUNETA

La capacidad de las cunetas depende de su sección transversal, pendiente y rugosidad del material con que se construyan, La capacidad de conducción se hará en general utilizando la ecuación de Manning.

Las secciones transversales de las cunetas generalmente tienen la forma de triángulo rectángulo con el sardinel formando el lado vertical del triángulo, la hipotenusa puede ser parte de la pendiente recta desde la corona del pavimento y puede ser compuesta de dos líneas rectas.

**Tabla 5: Coeficientes de rugosidad**

<b>Cuneta de las calles</b>	<b>Coefficiente de Rugosidad (n)</b>
<b>a. Cuneta de concreto con acabado paleteado</b>	0.012
<b>b. Pavimento Asfáltico</b>	
1) Textura Lisa	0.013
2) Textura Rugosa	0.016
<b>c. Cuneta de concreto con pavimento asfáltico</b>	
1) Liso	0.013
2) Rugoso	0.015
<b>d. Pavimento de concreto</b>	
1) Acabado con llano de madera	0.014
2) acabado escobillado	0.016
<b>e. Ladrillo</b>	0.016
<b>e. Para cunetas con pendiente pequeña</b>	
donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores arriba indicados de n, en:	0.002

**Fuente: R.N.E. NORMA OS.060**

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL TEMA**

El presente capítulo contiene la fundamentación teórica necesaria para el desarrollo del trabajo de investigación, sobre drenaje pluvial y áreas colectoras, para el diseño de drenaje pluvial usando el método racional.

### **3.2 METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.**

Teniendo en cuenta el enfoque de investigación, se encuentra clasificada dentro del enfoque cuantitativo, para ello se requiere un método formal de investigación de carácter cuantitativo, en la que la recolección de los datos es de tipo numérico, estandarizado y cuantificable mediante los procedimientos estadísticos.

En el plan de trabajo se tiene el siguiente procedimiento:

Inicia con la documentación de la fundamentación teórica de los temas requeridos para el desarrollo del tema, específicamente para la aplicación del método racional.

El desarrollo del trabajo de investigación corresponde a la definición de las áreas colectoras mediante la aplicación de sistemas de información y la determinación de los parámetros morfométricos necesarios, uso de suelo y modelo de las áreas colectoras.

El modelo obtenido está sujeto al análisis de confiabilidad, validez, objetividad y la contrastación con la realidad existente.

### **3.3 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

En la definición de áreas colectoras, se requiere información topográfica y de precipitación pluvial del área de estudio, los datos y resultados requeridos son generados considerando múltiples alternativas en base al método racional.

Para la obtención de los registros de precipitación máxima durante 20 años (1998 – 2018), se solicitó dicha información al DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN ZONAL 9 – SAN MARTIN - SENAMHI – TARAPOTO, mediante solicitud con fecha 12 de abril 2019.

Para la obtención de información, uso de suelos y levantamiento topográfico del distrito de Tarapoto (área de estudio), se solicitó a la Municipalidad Provincial de San Martín las facilidades sobre la información requerida mediante solicitud con número de registro 09876, con fecha 22 de mayo del 2019.

### **3.4 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS COLECTORAS.**

Esta definición requiere del estudio de los planos topográficos, a escalas adecuadas, que permitan definir puntos notables dentro del terreno que a su vez nos lleven a identificar divisorias de cuencas y cauces de drenaje dentro de ellas.

En resumen, solo es necesario comprender en donde están los puntos de mayor elevación los cuales definen los límites de las áreas colectoras, así como los de menor elevación que es donde tendera a concentrarse el escurrimiento superficial generado durante una lluvia determinada.

Las rutas de escurrimiento del caudal obtenido dentro del área urbana serán dirigidas de preferencia por las vías urbanas, de esta manera no interferir en terrenos de propiedad privada.

Para la definición de las áreas colectoras la información topográfica fue procesada en el programa de ingeniería Auto Cad Civil 3d – 2015, Topograph 98, los mismos son herramientas tecnológicas que nos permite trazar las curvas de nivel a partir de los puntos obtenidos de un levantamiento topográfico.

Además, nos permite realizar una interpolación adecuada para la identificación de los cauces naturales de lluvia dentro del área urbana, del mismo modo existe también la definición de áreas colectoras de manera manual, utilizando para ello el criterio personal, apoyado en los conceptos básicos en lo que a cuencas hidrográficas y el diseño de drenaje pluvial se refiere.

El tamaño del área colectora dentro del área urbana está limitado por las recomendaciones establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, así el método racional es aplicado para áreas cuya superficie sea menor o igual de 13 km<sup>2</sup>, los valores de las áreas obtenidos se muestran en la tabla 6.

Se determinará el tamaño y la forma de la cuenca o sub cuenca bajo consideración utilizando mapas topográficos actualizados. Los intervalos entre las curvas de nivel deben ser lo suficiente para poder distinguir la dirección del flujo superficial.

Se medirá el área de drenaje que contribuye al sistema que se está diseñando y las sub áreas de drenaje que contribuyen a cada uno de los puntos de ingreso a los ductos y canalizaciones del sistema de drenaje.

El esquema de la divisoria de drenaje debe seguir las fronteras reales de la cuenca, y de ninguna manera las fronteras comerciales de los terrenos que se utilizan en el diseño de los alcantarillados de desagües.

Al trazar la divisoria de drenaje deberán atenderse la influencia de las pendientes de los pavimentos, la localización de conductos subterráneos, parques, pavimentos y no pavimentos, la calidad de pastos, césped y demás características introducidas por la urbanización.

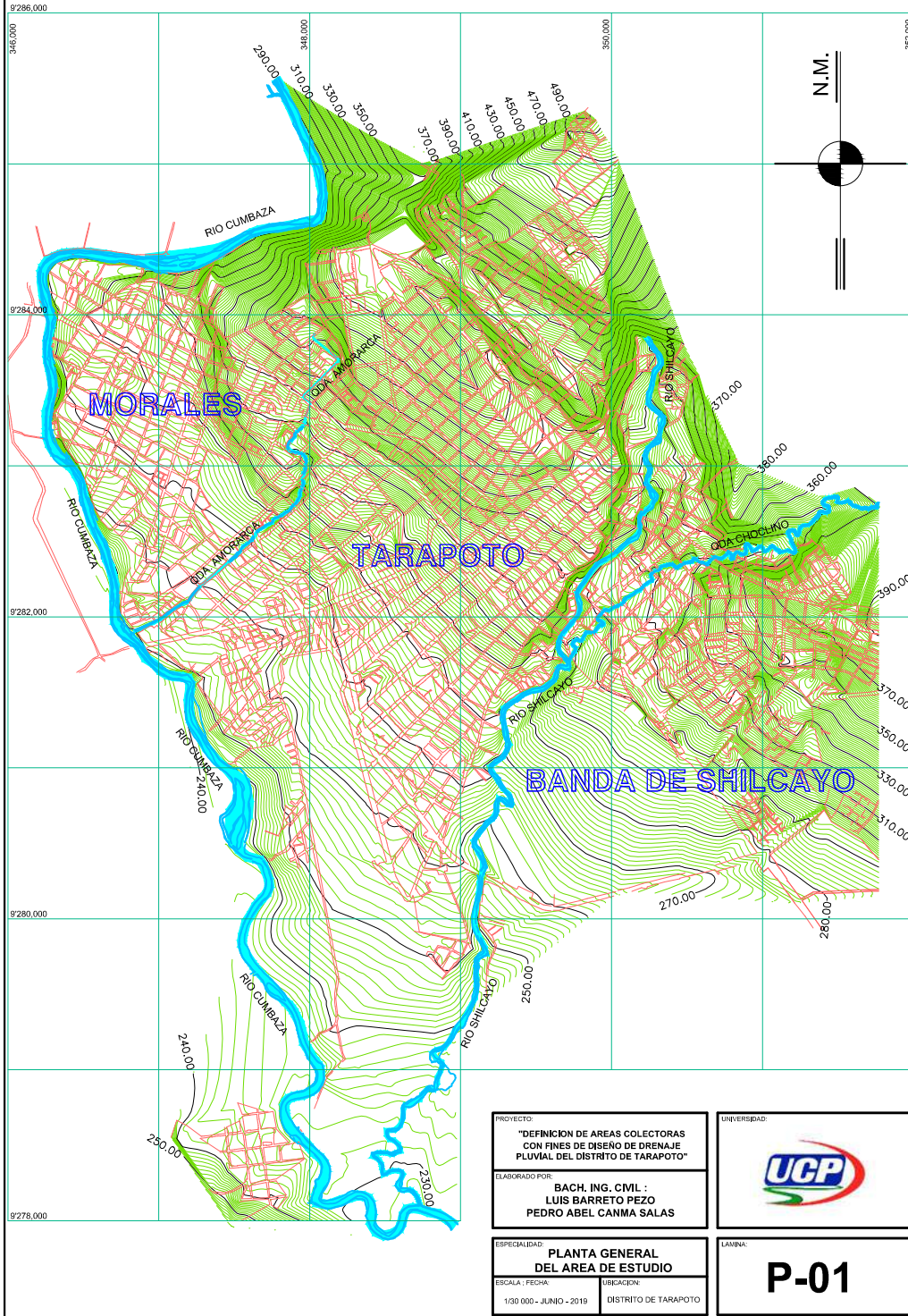
A continuación, se muestra una serie de planos obtenidos mediante la definición de área colectoras con fines de diseño de drenaje pluvial del distrito de Tarapoto.

**Tabla 6: Áreas Colectoras**

RESUMEN DE ÁREAS COLECTORAS	
DESCRIPCIÓN	ÁREA COLECTORA (Ha)
A01	144.55
A02	16.09
A03	91.75
A04	69.99
A05	159.77
A06	52.91
A07	120.07
A08	37.61
A09	25.71
A10	51.25
A11	99.97
A12	40.46

**Fuente: Elaboración Propia**

**CAPITULO III**  
**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**  
**3.4.1 PLANTA GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO**

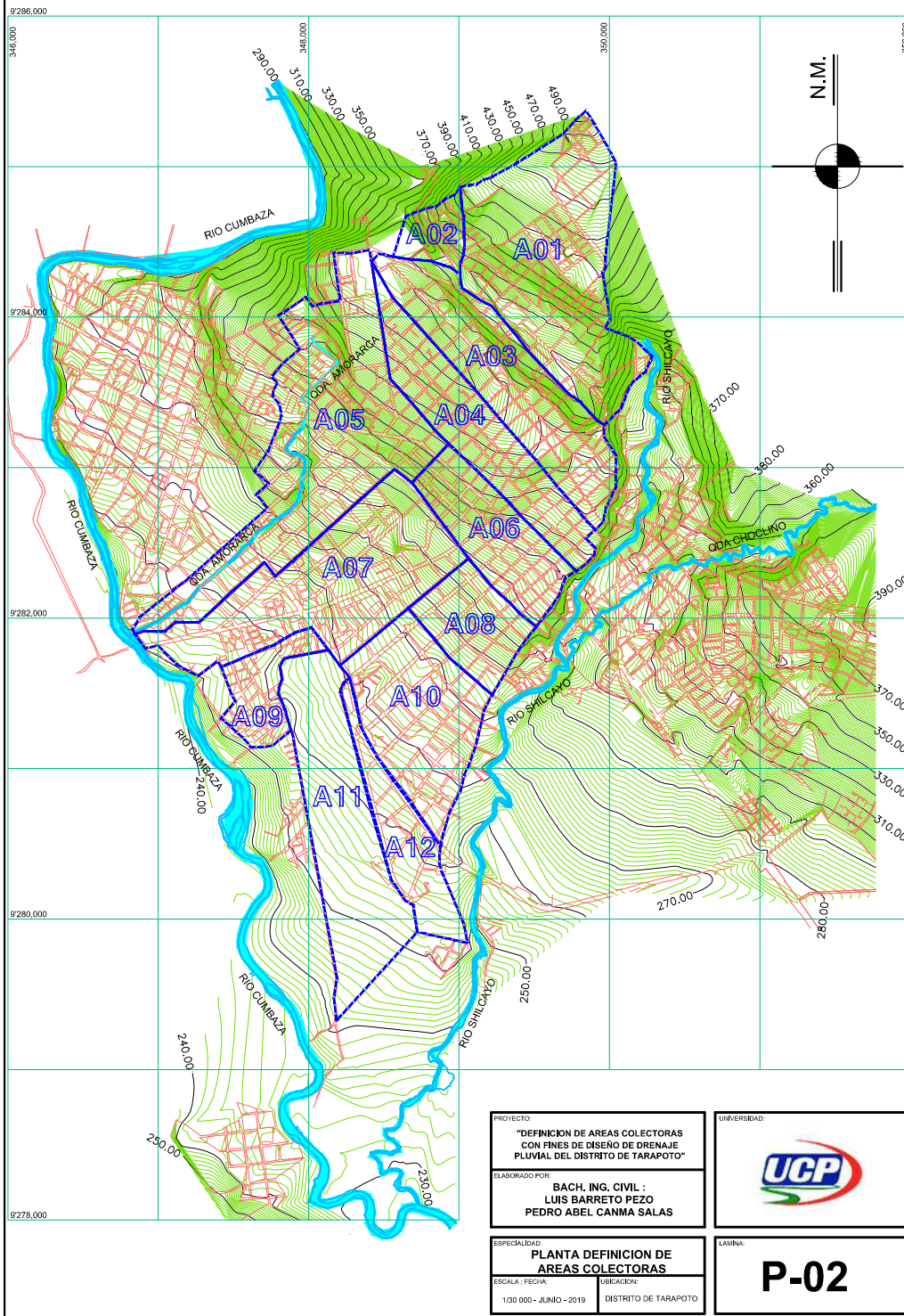




### CAPITULO III

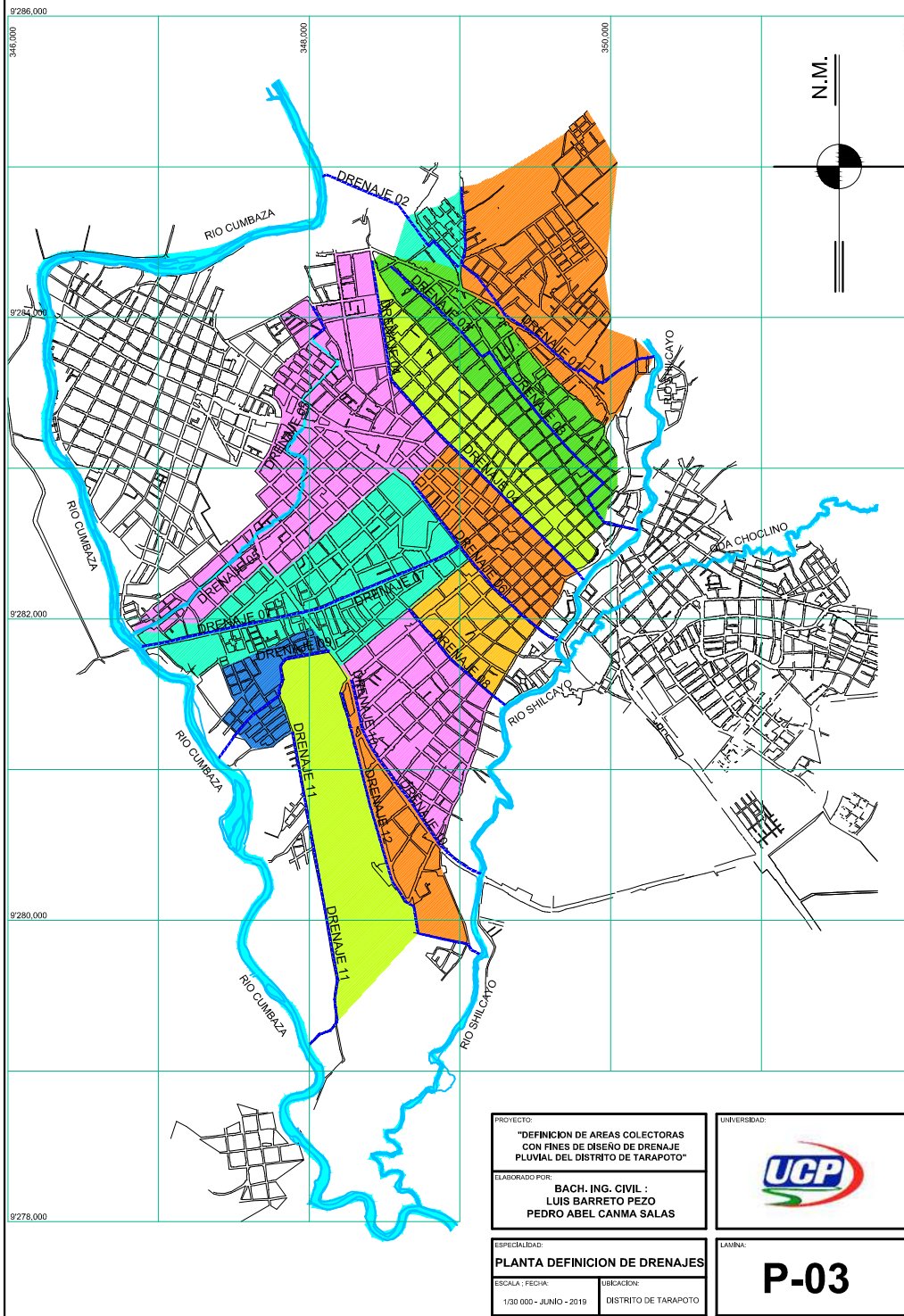
### 3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS

### 3.4.2 PLANTA DEFINICION DE AREAS COLECTORAS

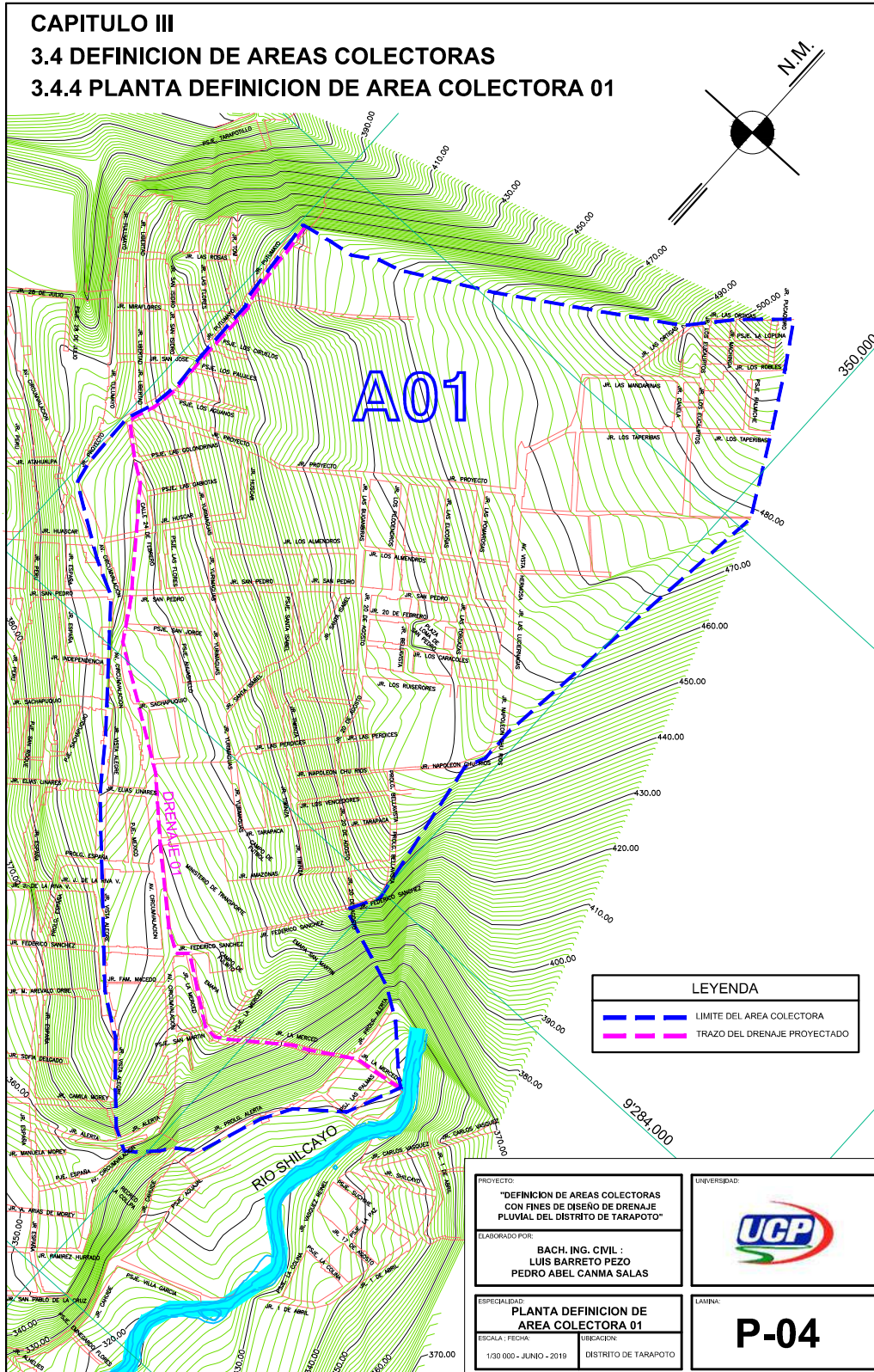




**CAPITULO III**  
**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**  
**3.4.3 PLANTA DEFINICION DE DRENAJES**



**CAPITULO III**  
**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**  
**3.4.4 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 01**

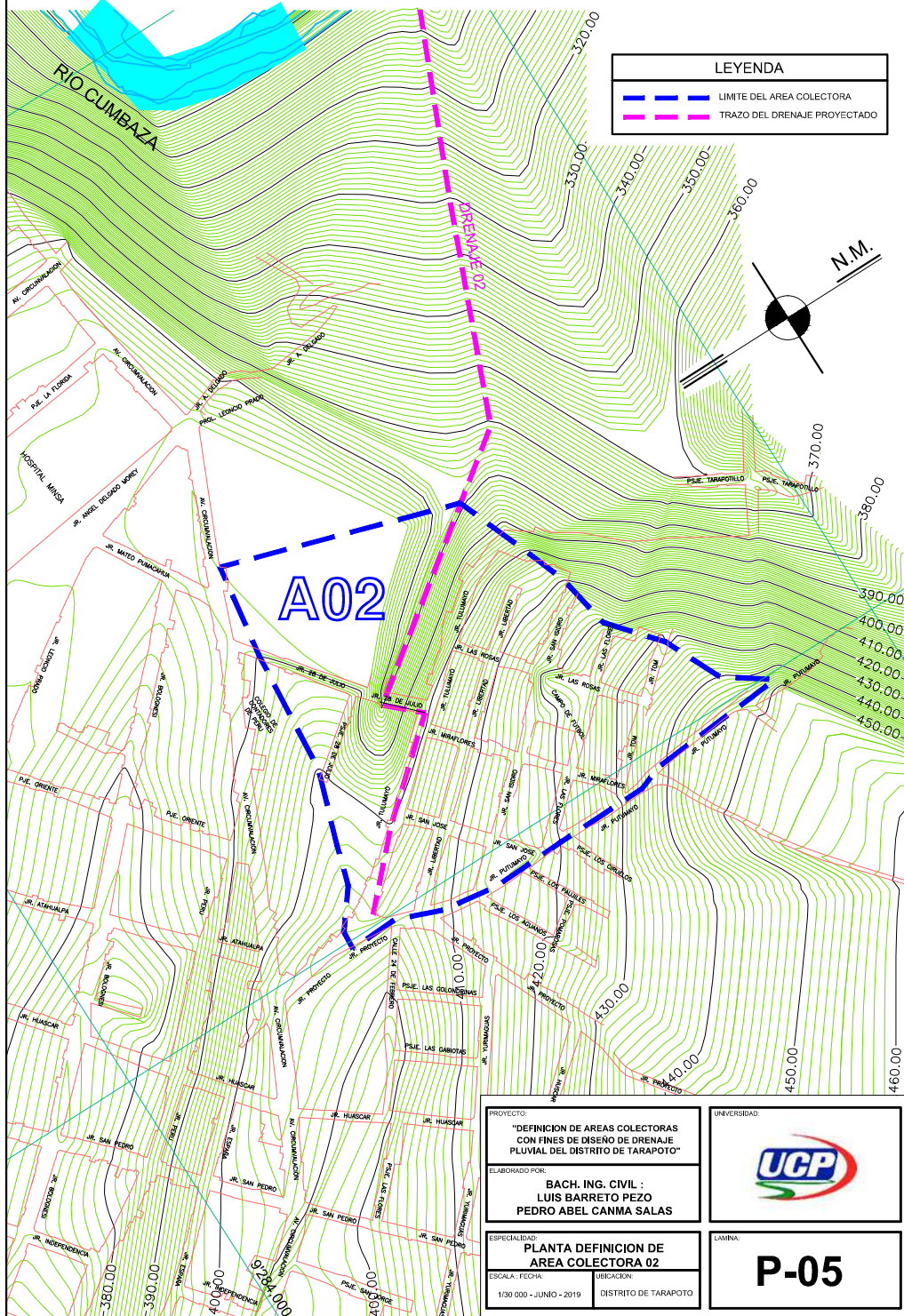




**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

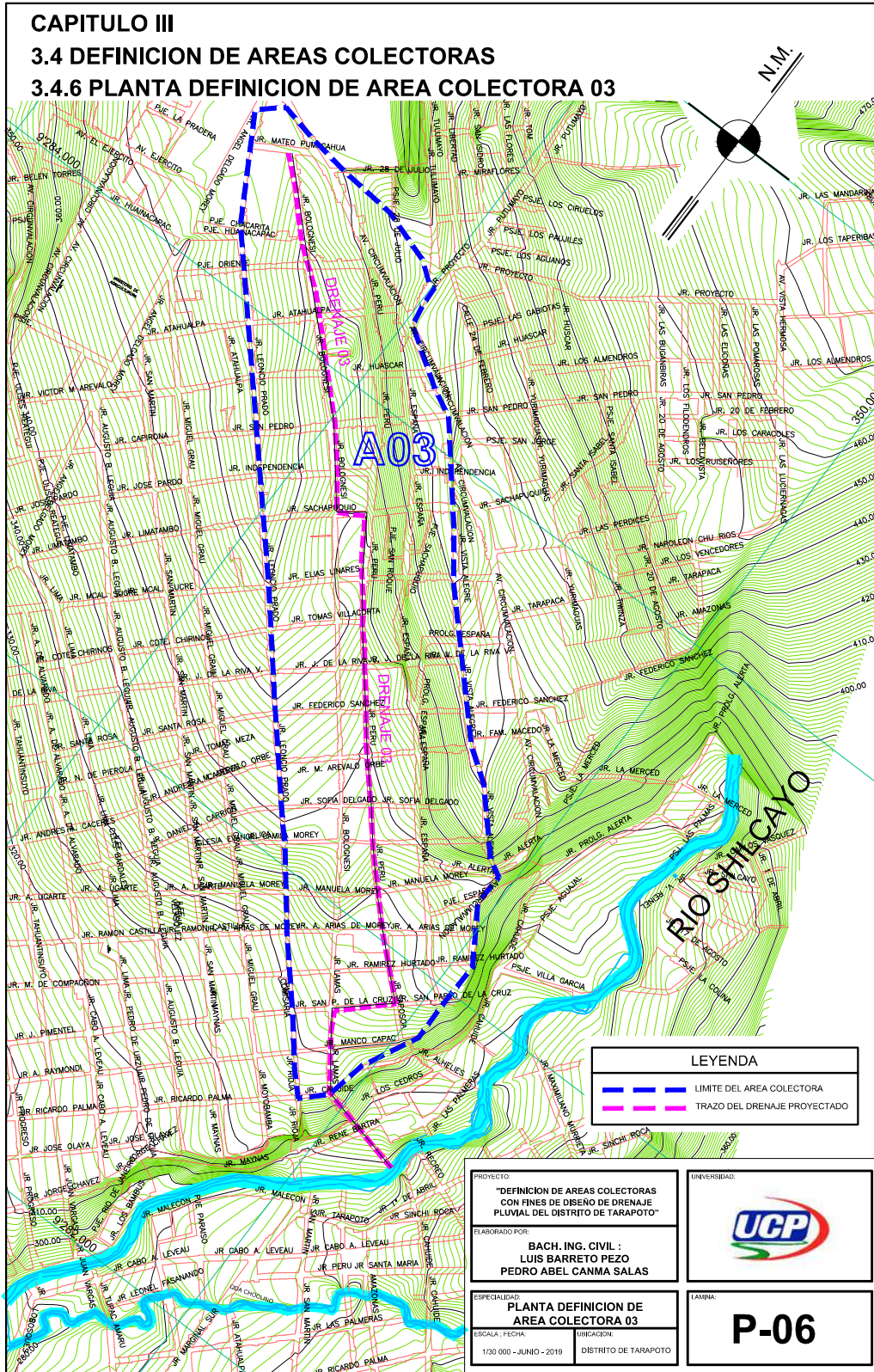
**3.4.5 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 02**



**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

**3.4.6 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 03**



LEYENDA	
	LIMITE DEL AREA COLECTORA
	TRAZO DEL DRENAJE PROYECTADO

PROYECTO:  
**"DEFINICION DE AREAS COLECTORAS  
 CON FINES DE DISEÑO DE DRENAJE  
 PLUVIAL DEL DISTRITO DE TARAPOTO"**

ELABORADO POR:  
**BACH. ING. CIVIL :  
 LUIS BARRETO PEZO  
 PEDRO ABEL CANMA SALAS**



ESPECIALIDAD:  
**PLANTA DEFINICION DE  
 AREA COLECTORA 03**

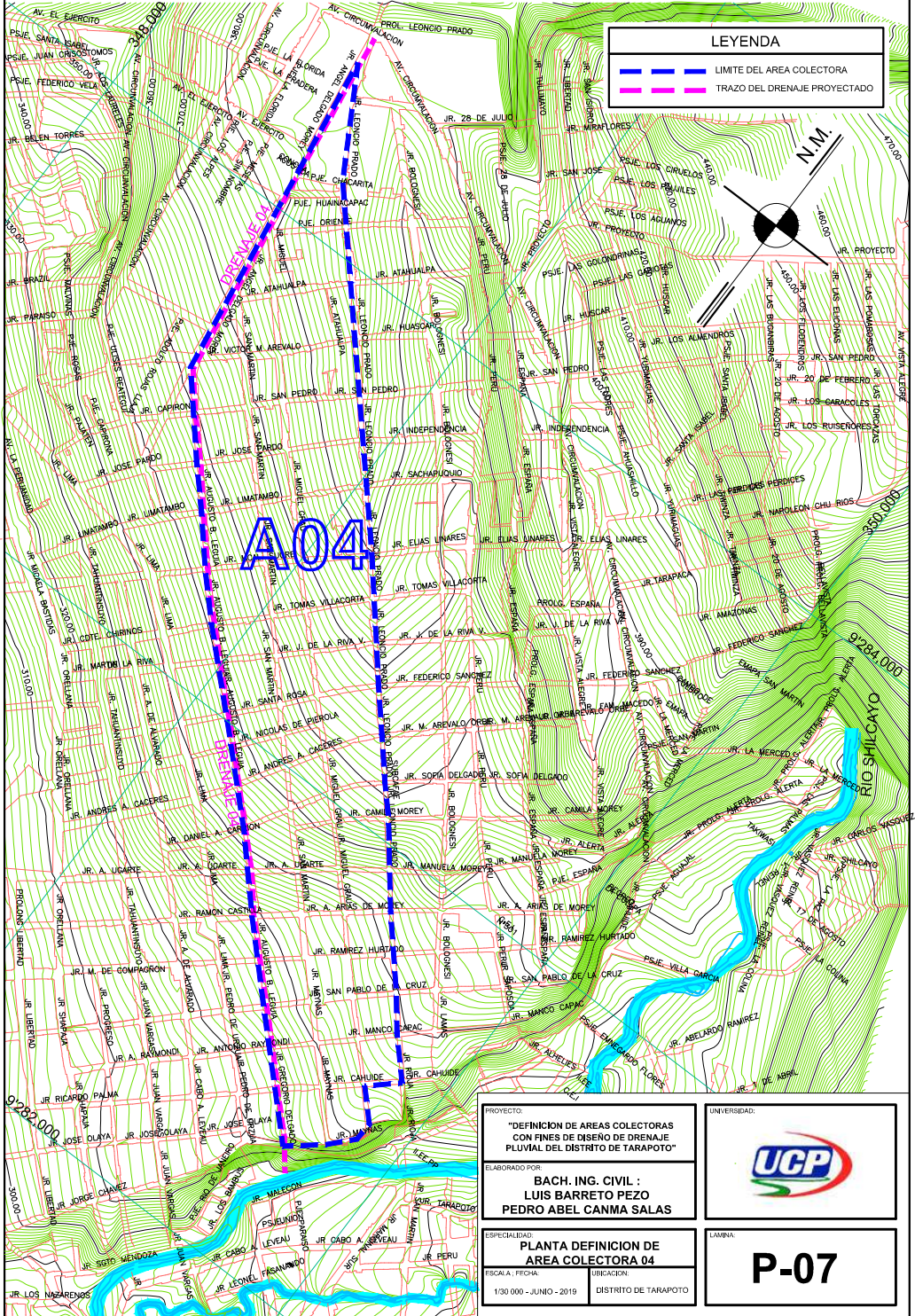
ESCALA: FECHA:  
 1:30 000 - JUNIO - 2019

UBICACION:  
 DISTRITO DE TARAPOTO

TABLA:  
**P-06**



**CAPITULO III**  
**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**  
**3.4.7 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 04**



LEYENDA	
	LIMITE DEL AREA COLECTORA
	TRAZO DEL DRENAJE PROYECTADO

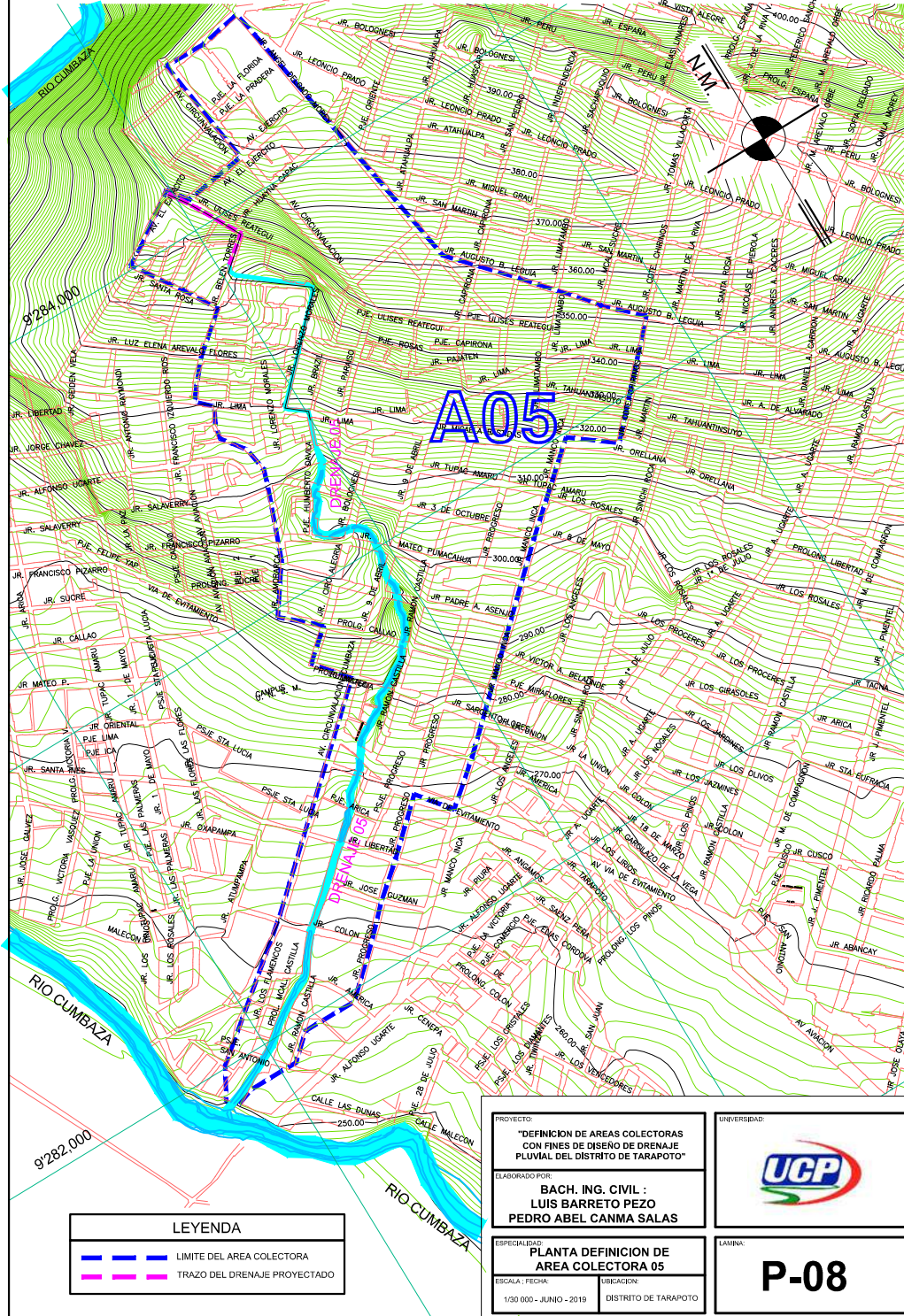
PROYECTO: <b>"DEFINICION DE AREAS COLECTORAS          CON FINES DE DISEÑO DE DRENAJE          PLUVIAL DEL DISTRITO DE TARAPOTO"</b>	UNIVERSIDAD: 
ELABORADO POR: <b>BACH. ING. CIVIL :          LUIS BARRETO PEZO          PEDRO ABEL CANMA SALAS</b>	ESCALA: <b>P-07</b>
ESPECIALIDAD: <b>PLANTA DEFINICION DE          AREA COLECTORA 04</b>	UBICACION: 1/30 000 - JUNIO - 2019      DISTRITO DE TARAPOTO



**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

**3.4.8 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 05**



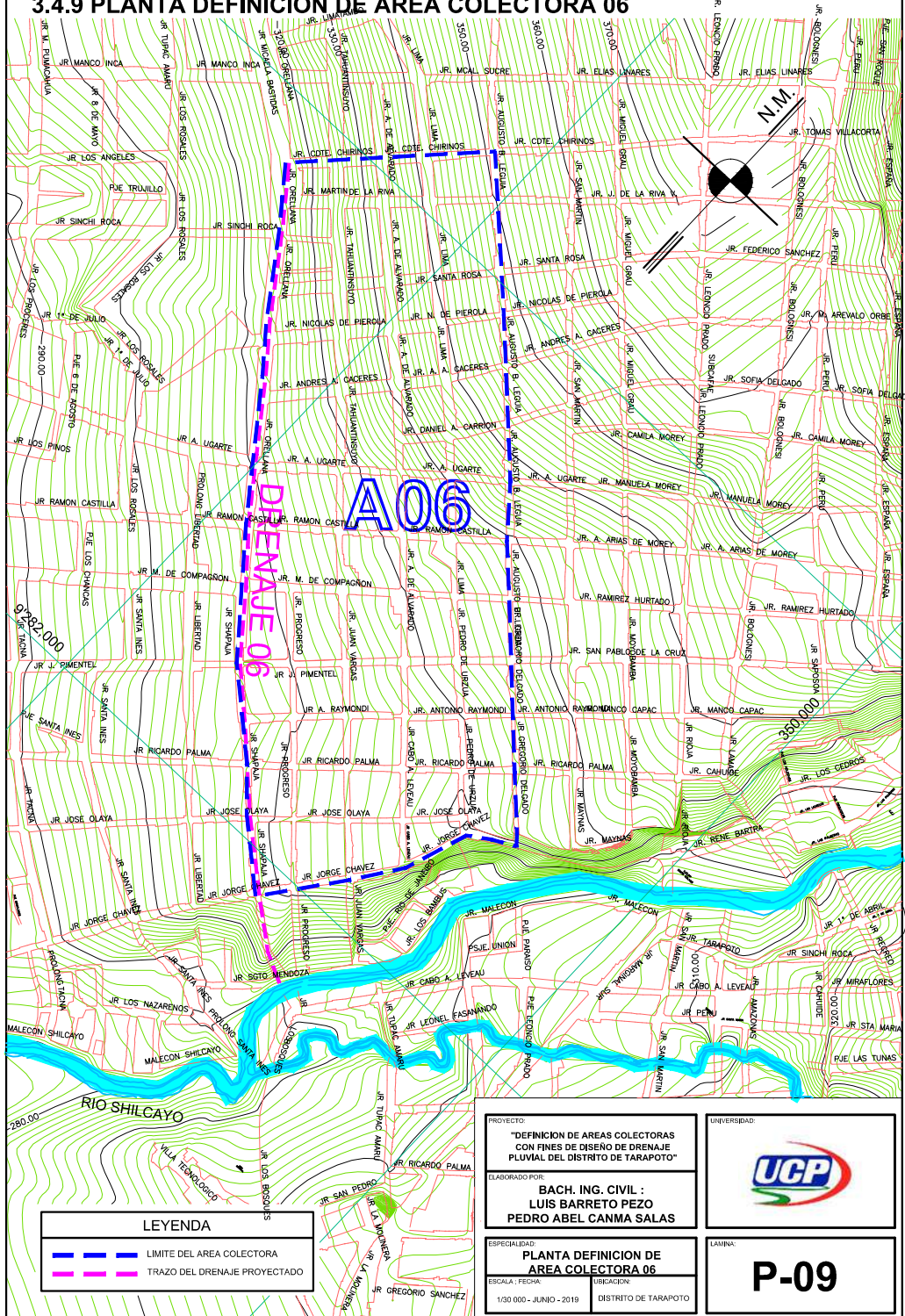
LEYENDA	
	LIMITE DEL AREA COLECTORA
	TRAZO DEL DRENAJE PROYECTADO

PROYECTO: "DEFINICION DE AREAS COLECTORAS CON FINES DE DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL DISTRITO DE TARAPOTO"	UNIVERSIDAD: 
ELABORADO POR: BACH. ING. CIVIL : LUIS BARRETO PEZO PEDRO ABEL CANMA SALAS	
ESPECIALIDAD: PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 05	LAMINA: <b>P-08</b>
ESCALA : FECHA: 1/30 000 - JUNIO - 2019	UBICACION: DISTRITO DE TARAPOTO

**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

**3.4.9 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 06**

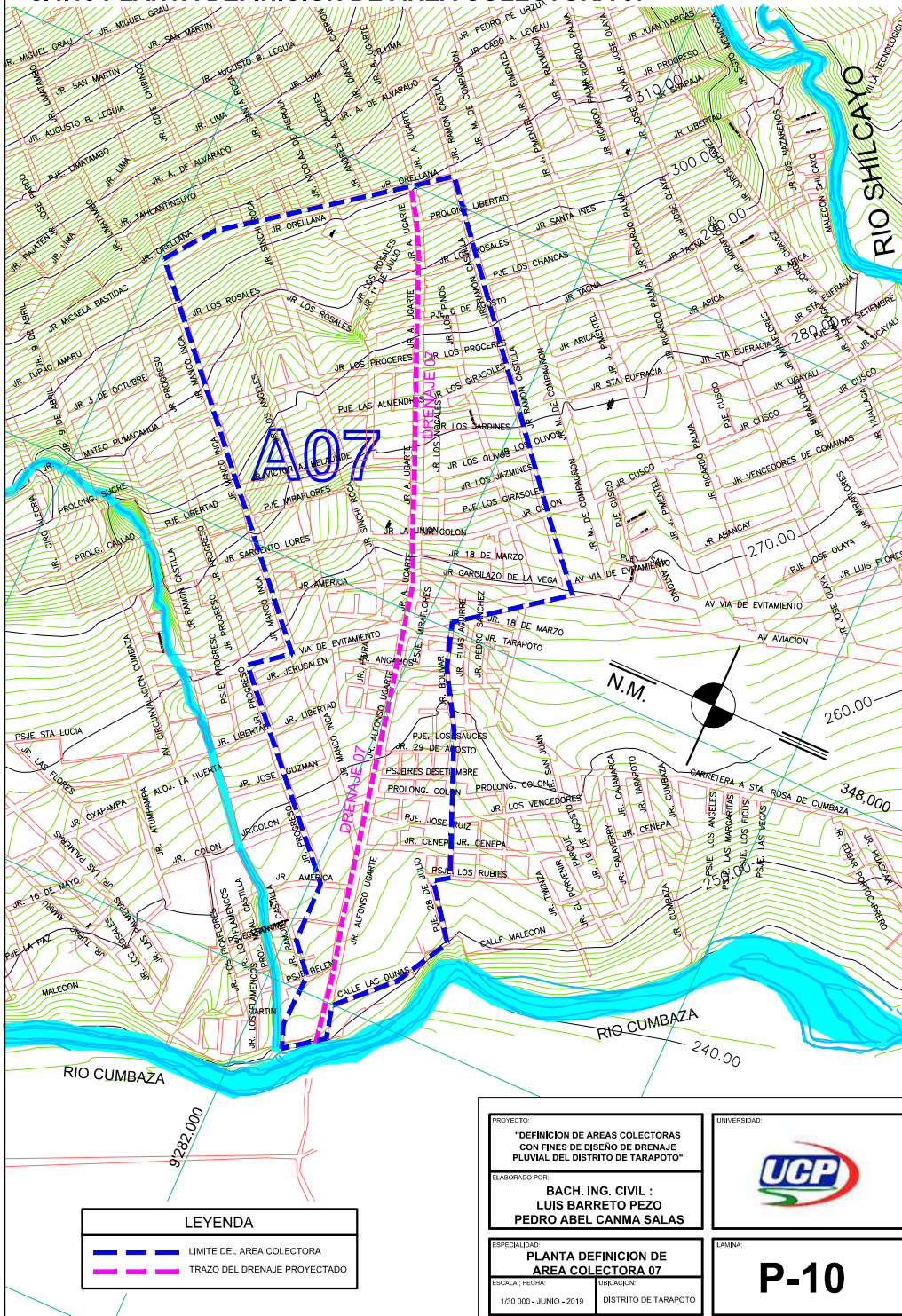




**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

**3.4.10 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 07**

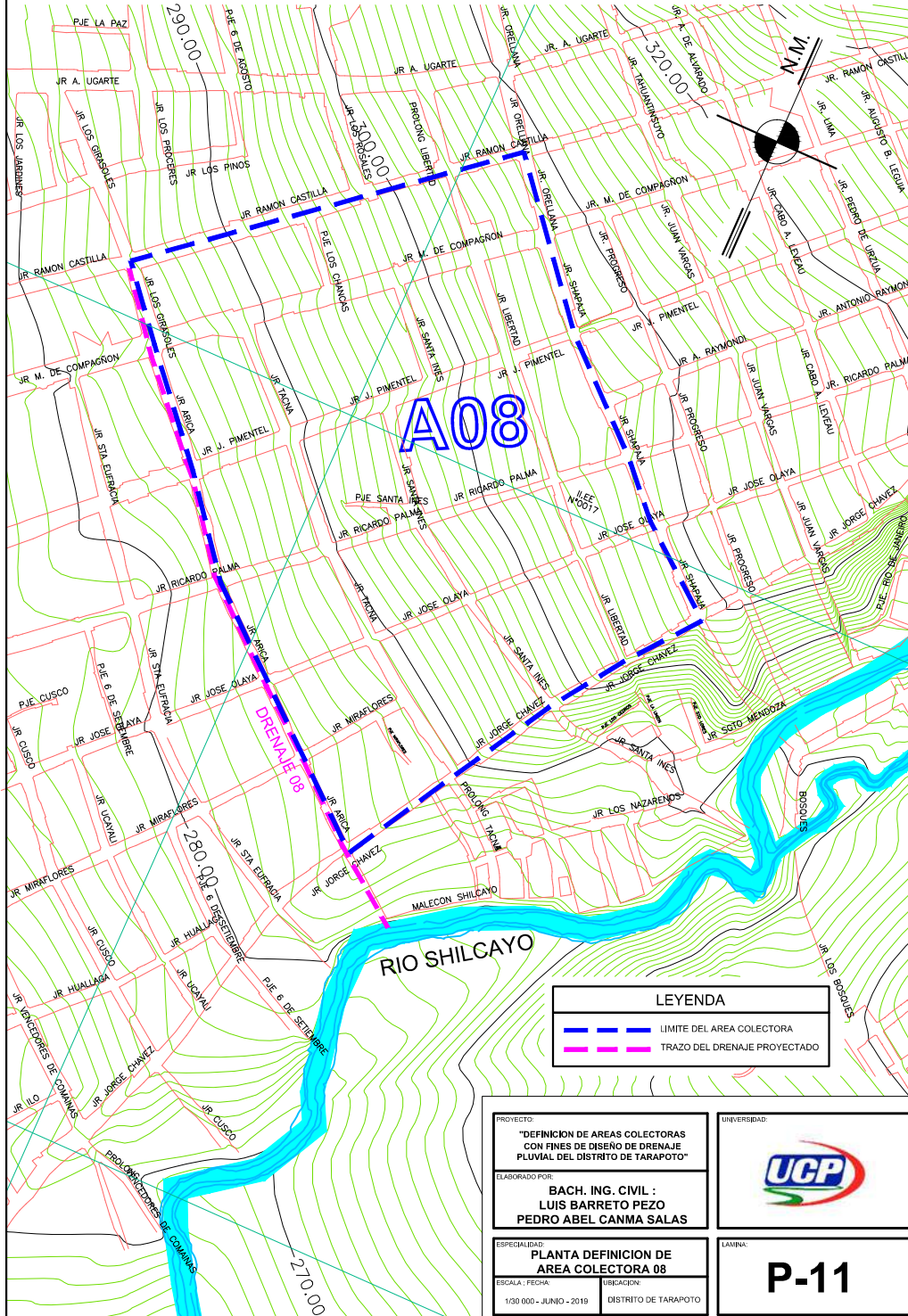




**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

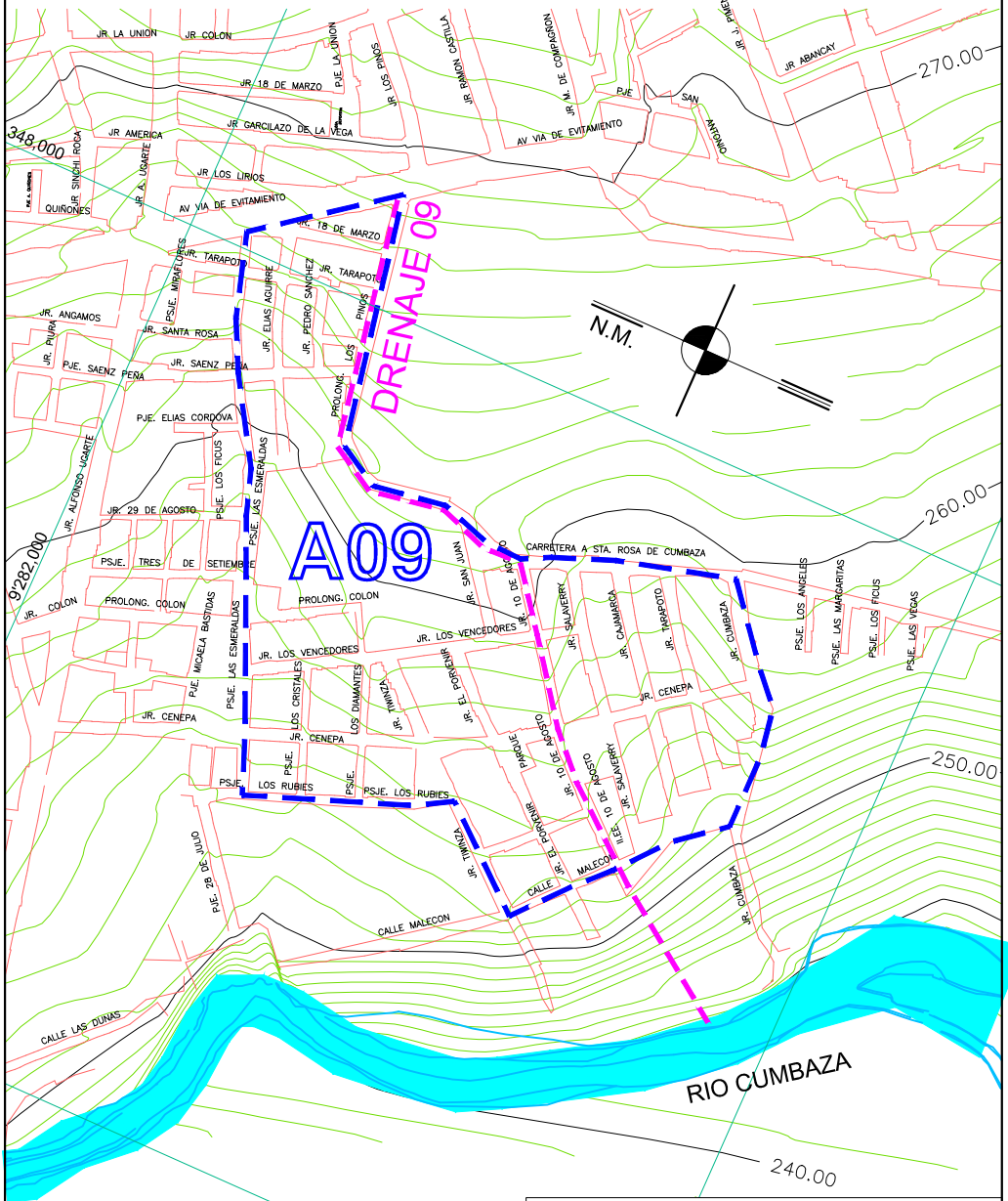
**3.4.11 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 08**



**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

**3.4.12 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 09**



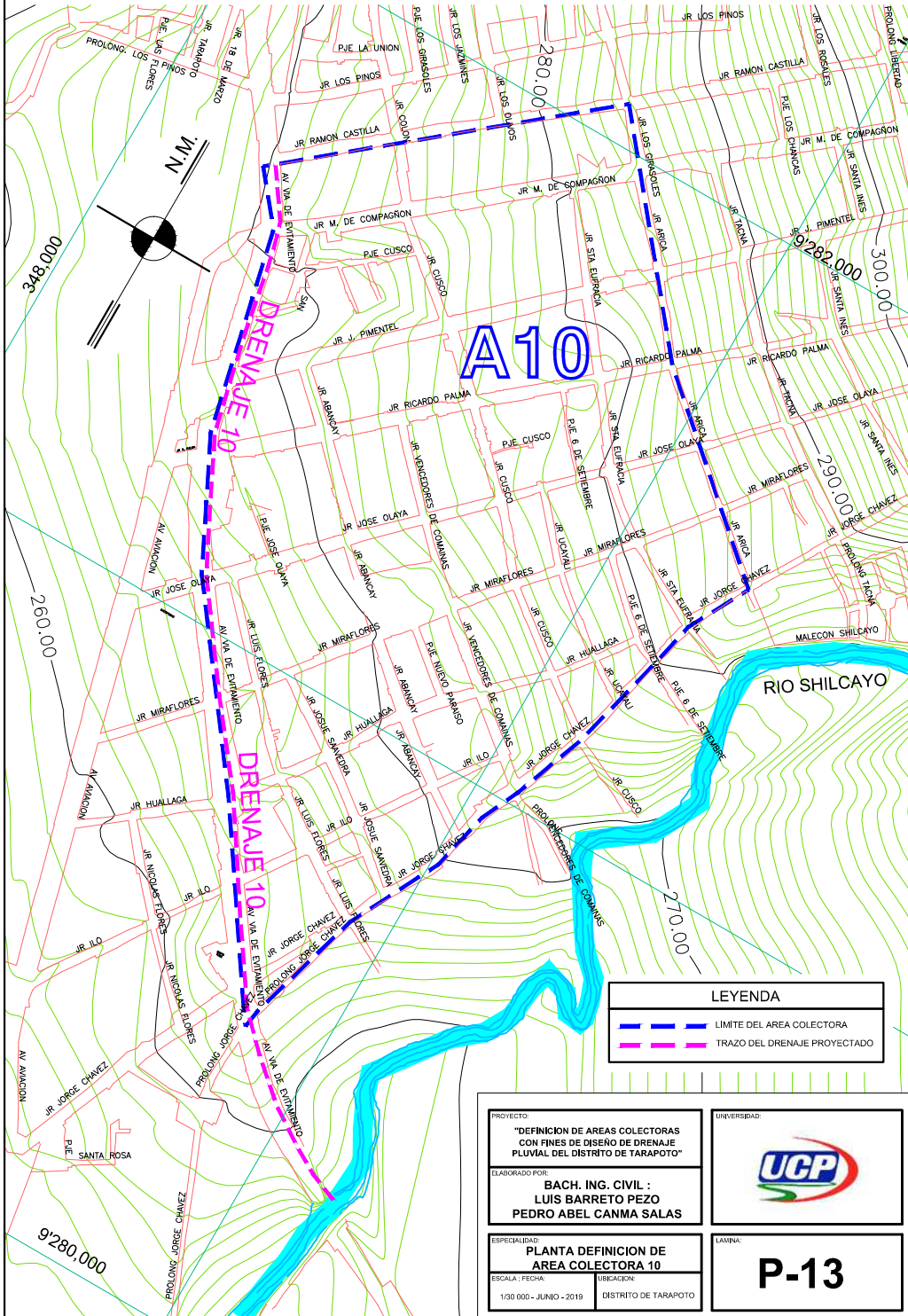
LEYENDA	
	LIMITE DEL AREA COLECTORA
	TRAZO DEL DRENAJE PROYECTADO

PROYECTO: "DEFINICION DE AREAS COLECTORAS CON FINES DE DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL DISTRITO DE TARAPOTO"	UNIVERSIDAD: 
ELABORADO POR: BACH. ING. CIVIL : LUIS BARRETO PEZO PEDRO ABEL CANMA SALAS	LAMINA: <h1 style="text-align: center;">P-12</h1>
ESPECIALIDAD: PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 09	
ESCALA : FECHA: 1/30 000 - JUNIO - 2019	UBICACION: DISTRITO DE TARAPOTO

**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

**3.4.13 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 10**

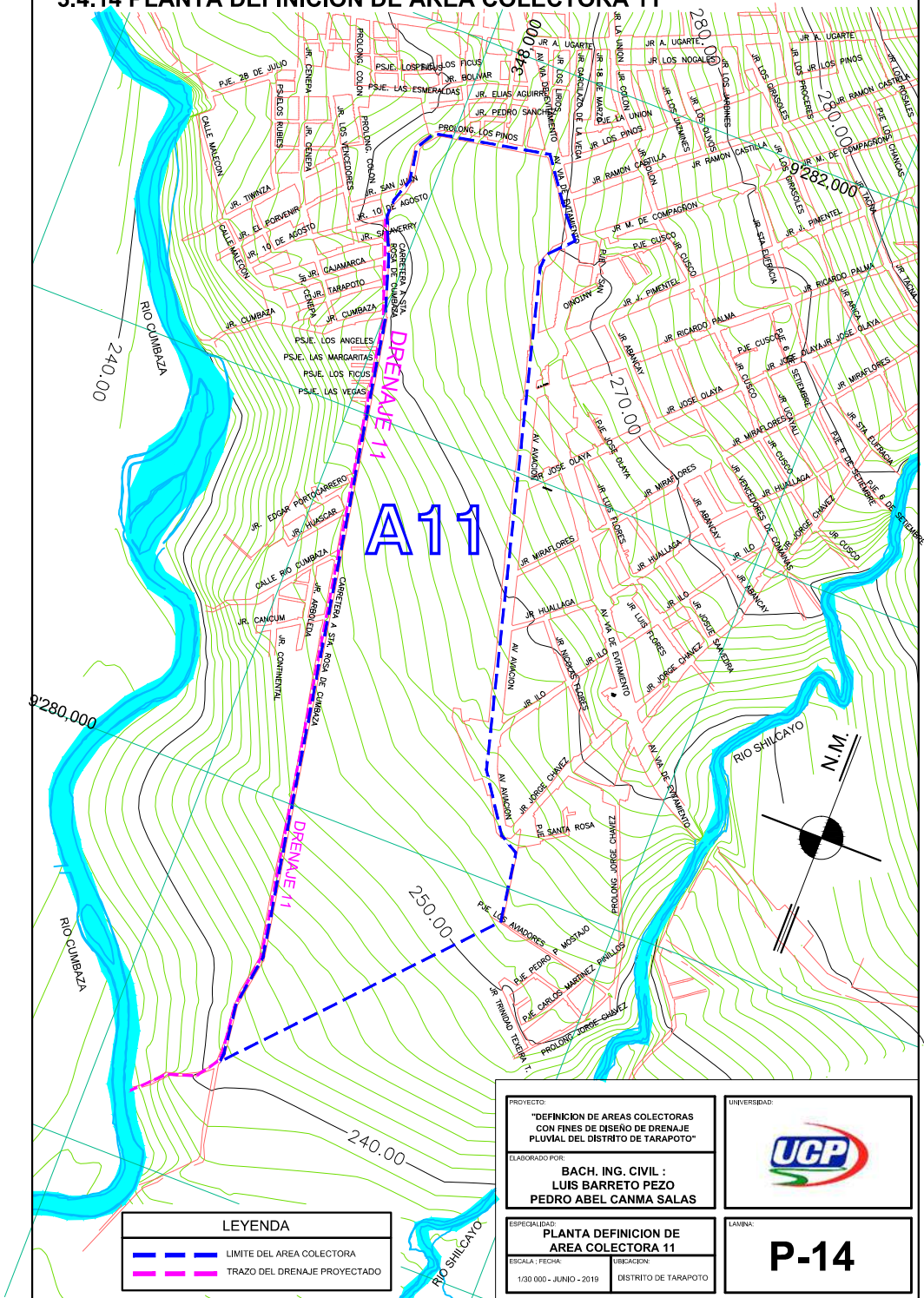




**CAPITULO III**

**3.4 DEFINICION DE AREAS COLECTORAS**

**3.4.14 PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 11**



LEYENDA	
	LIMITE DEL AREA COLECTORA
	TRAZO DEL DRENAJE PROYECTADO

PROYECTO: "DEFINICION DE AREAS COLECTORAS CON FINES DE DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL DEL DISTRITO DE TARAPOTO" ELABORADO POR: BACH. ING. CIVIL : LUIS BARRETO PEZO PEDRO ABEL CANMA SALAS	UNIVERSIDAD: 
ESPECIALIDAD: PLANTA DEFINICION DE AREA COLECTORA 11 ESCALA : FECHA: 1/30 000 - JUNIO - 2019	LAMINA: <b>P-14</b> UBICACION: DISTRITO DE TARAPOTO



### 3.5 DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE DISEÑO.

La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta este punto, cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje. Es decir que para determinarla usando la curva intensidad – duración y frecuencia (IDF), aplicable a la zona de estudio, se usa una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, y la frecuencia igual al recíproco del periodo de retorno del diseño de la obra de drenaje.

Para la determinación de la intensidad de diseño del presente estudio se evalúa el comportamiento de la intensidad en un periodo de 20 años, de esta manera hacer los cálculos respectivos para calcular la precipitación de cálculo con un periodo de retorno de 25 años.

**Tabla 7: Precipitación máxima en 24 horas mensual (mm)**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	Max
1999	79.30	42.50	39.30	16.90	54.40	17.50	27.90	23.00	11.30	17.30	48.80	46.50	79.30
2000	27.50	34.20	15.60	37.40	30.20	12.60	17.50	52.60	82.50	19.40	24.20	30.30	82.50
2001	16.20	32.00	35.00	75.90	40.30	13.80	40.60	21.30	24.30	61.00	30.00	42.20	75.90
2002	9.30	30.00	14.80	39.80	12.50	43.60	36.30	7.10	5.80	32.30	27.50	20.70	43.60
2003	74.00	37.00	54.60	33.10	37.60	27.50	17.80	18.00	18.00	84.50	40.20	52.20	84.50
2004	15.80	64.20	24.00	26.20	48.10	30.70	25.70	25.60	28.20	33.20	46.20	59.90	64.20
2005	15.90	33.70	48.80	44.00	22.40	26.80	16.30	15.50	26.00	45.00	71.00	9.30	71.00
2006	38.50	44.50	41.50	52.00	39.00	17.30	113.30	7.00	18.50	39.20	74.00	28.00	113.30
2007	37.00	7.50	48.00	21.00	45.40	16.50	60.00	46.20	45.20	37.80	63.50	18.50	63.50
2008	25.60	91.00	27.50	51.00	25.60	24.00	9.30	10.40	38.00	17.40	18.00	15.30	91.00
2009	29.40	49.00	28.00	35.50	36.50	47.00	9.10	25.00	31.50	18.40	25.50	42.00	49.00
2010	32.20	62.40	17.60	72.80	31.60	40.60	6.10	44.50	23.90	27.70	98.40	47.80	98.40
2011	42.40	11.80	63.20	51.90	31.50	65.20	49.20	14.50	21.60	24.60	49.20	61.80	65.20
2012	71.70	35.60	53.10	100.50	40.80	28.80	20.00	8.30	31.20	40.20	15.60	82.40	100.50
2013	71.70	32.70	45.30	27.40	32.10	20.10	15.00	49.00	41.80	27.00	64.50	28.40	71.70
2014	33.40	29.50	60.30	37.60	32.10	13.20	32.50	22.40	28.20	89.50	46.10	26.00	89.50
2015	28.40	40.90	16.40	43.70	34.40	40.20	12.80	34.60	13.70	32.90	64.20	60.30	64.20
2016	36.00	40.10	35.90	18.60	32.20	47.50	19.40	10.30	19.00	50.00	27.00	33.50	50.00
2017	51.20	73.60	62.90	51.80	36.00	39.60	19.50	30.80	47.70	15.70	72.50	63.70	73.60
2018	25.60	42.50	55.40	47.40	27.50	35.00	34.20	18.40	34.70	27.50	26.50	69.60	69.60

Fuente: Estación CO Tarapoto

En teoría de probabilidad y estadística la distribución Gumbel (1891 – 1966) es utilizada para modelar la distribución del máximo o el mínimo, por lo que se usa para calcular valores extremos.

**Tabla 8: Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel**

N.º	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			$x_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1999	Enero	79.30	18.275625
2	2000	Septiembre	82.50	55.875625
3	2001	Abril	75.90	0.765625
4	2002	Junio	43.60	987.530625
5	2003	Octubre	84.50	89.775625
6	2004	Febrero	64.20	117.180625
7	2005	Noviembre	71.00	16.200625
8	2006	Julio	113.30	1464.975625
9	2007	Noviembre	63.50	132.825625
10	2008	Febrero	91.00	255.200625
11	2009	Febrero	49.00	677.300625
12	2010	Noviembre	98.40	546.390625
13	2011	Junio	65.20	96.530625
14	2012	Abril	100.50	648.975625
15	2013	Enero	71.70	11.055625
16	2014	Octubre	89.50	209.525625
17	2015	Noviembre	64.20	117.180625
18	2016	Octubre	50.00	626.250625
19	2017	Febrero	73.60	2.030625
20	2018	Diciembre	69.60	29.430625
<b>20</b>		<b>Suma</b>	<b>1500.5</b>	<b>6103.3</b>

Fuente: Elaboración Propia

La media o promedio es una medida de tendencia central. Resulta al realizar una serie de operaciones con un conjunto de números y que, en determinadas condiciones, puede representar por si solo a todo el conjunto ( $\bar{x}$  = media ponderada)

La desviación cuadrática es una medida estadística de la magnitud de una cantidad variable.

La desviación estándar de una variable es la raíz cuadrada de su varianza (S), es una medida que se usa para cuantificar la variación o dispersión de un conjunto de datos numéricos.

**Tabla 9: Cálculo variables probabilísticas**

$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 75.03 \text{ mm}$
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 17.92 \text{ mm}$
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 13.97 \text{ mm}$
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 66.96 \text{ mm}$

Fuente: elaboración propia

**Tabla 10: Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias**

<i>Periodo Retorno</i>	<i>Variable Reducida</i>	<i>Precip. (mm)</i>	<i>Prob. de ocurrencia</i>	<i>Corrección intervalo fijo</i>
<b>Años</b>	<b>YT</b>	<b>XT'(mm)</b>	<b>F(xT)</b>	<b>XT (mm)</b>
2	0.3665	72.0808	0.5000	81.4513
5	1.4999	87.9197	0.8000	99.3492
10	2.2504	98.4064	0.9000	111.1992
25	3.1985	111.6563	0.9600	126.1717
50	3.9019	121.4859	0.9800	137.2791
100	4.6001	131.2430	0.9900	148.3045
500	6.2136	153.7899	0.9980	173.7826

Fuente: Elaboración propia

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$



**Tabla 11: Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias**

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 h	X24	81.4513	99.3492	111.1992	126.1717	137.2791	148.3045	173.7826
18 h	X18 = 91%	74.1207	90.4078	101.1913	100.9373	124.9240	134.9571	158.1422
12 h	X12 = 80%	65.1610	79.4794	88.9594	100.9373	109.8233	118.6436	139.0261
8 h	X8 = 68%	55.3869	67.5575	75.6155	85.7967	93.3498	100.8471	118.1722
6 h	X6 = 61%	49.6853	60.6030	67.8315	76.9647	83.7403	90.4658	106.0074
5 h	X5 = 57%	46.4272	56.6291	63.3835	71.9179	78.2491	84.5336	99.0561
4 h	X4 = 52%	42.3547	51.6616	57.8236	65.6093	71.3851	77.1184	90.3670
3 h	X3 = 46%	37.4676	45.7006	51.1516	58.0390	63.1484	68.2201	79.9400
2 h	X2 = 39%	31.7660	38.7462	43.3677	49.2070	53.5389	57.8388	67.7752
1 h	X1 = 30%	24.4354	29.8048	33.3598	37.8515	41.1837	44.4914	52.1348

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 12: Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma**

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm/h) según el Periodo de Retorno						
horas	minutos	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 h	1440	3.3938	4.1396	4.6333	5.2572	5.7200	6.1794	7.2409
18 h	1080	4.1178	5.0227	5.6217	5.6076	6.9402	7.4976	8.7857
12 h	720	5.4301	6.6233	7.4133	8.4114	9.1519	9.8870	11.5855
8 h	480	6.9234	8.4447	9.4519	10.7246	11.6687	12.6059	14.7715
6 h	360	8.2809	10.1005	11.3053	12.8275	13.9567	15.0776	17.6679
5 h	300	9.2854	11.3258	12.6767	14.3836	15.6498	16.9067	19.8112
4 h	240	10.5887	12.9154	14.4559	16.4023	17.8463	19.2796	22.5917
3 h	180	12.4892	15.2335	17.0505	19.3463	21.0495	22.7400	26.6467
2 h	120	15.8830	19.3731	21.6838	24.6035	26.7694	28.9194	33.8876
1 h	60	24.4354	29.8048	33.3598	37.8515	41.1837	44.4914	52.1348

Fuente: Elaboración Propia

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{i_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$$

### **3.6 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA DE DISEÑO.**

El coeficiente de escorrentía es uno de los parámetros fundamentales de la hidrología superficial, pues representa la porción de la precipitación que se convierte en caudal, es decir, la relación entre el volumen de escorrentía superficial y el de precipitación total sobre un área determinada.

Una forma de visualizar el significado del coeficiente de escorrentía es tratarlo en términos de porcentaje de lluvia. Por ejemplo, un coeficiente de escorrentía de 0.85 representa el 85% de la lluvia total asociada. O, dicho de otra forma, por cada 100 litros por metro cuadrado precipitados en un área determinada, 85 litros por metro cuadrado se convertirán en flujo superficial.

La selección del valor del coeficiente de escorrentía se sustenta en considerar los efectos siguientes:

- Características de la superficie hidrográfica urbana.
- Tipo de área urbana.
- Intensidad de precipitación (para tiempos de retorno específicos)
- Pendiente del terreno.
- Horizonte de vida del proyecto.

En tal sentido, es necesario considerar todos los valores del coeficiente de escorrentía, que abarque todas sus consideraciones necesarias para su selección y se tenga numéricamente todo el rango de valores posibles.

En general las áreas receptoras presentan variedad de suelos, con coberturas, pendientes y permeabilidades variables.

Utilizando la tabla 2 del RNE. NORMA OS. 060, con:

**Tabla 2: Coeficiente de escorrentía para ser usados en el Método Racional**

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>ÁREAS URBANAS</b>							
asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/ Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00

**Fuente: RNE. NORMA OS.060**

Se determinó usar uno de los coeficientes para un periodo de retorno de 25 años y que considera parámetros de expansión urbana, y el tipo de material que se está usando en la pavimentación de las vías, este valor será de 0.86.

### 3.7 CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Para calcular el tiempo de concentración utilizaremos la información de cada área colectora, así como la longitud del cauce mayor y su pendiente, para esto usaremos dos fórmulas más usadas que son:

Ecuación de Kirpich:

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77} \dots \dots \dots (ecuacion 6)$$

Ecuación de Temez:

$$T_c = 0.30 \left( \frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.75} \dots \dots \dots (ecuacion 4)$$

Tabla 13: Resultados del tiempo de concentración

ÁREA COLECTORA	COTA MAYOR	COTA MENOR	H	LONG. RECORRIDO (km)	PENDIENTE (%)	TC KIRPPICH (min.)	TC TEMEZ (min.)
A01	447.88	340.53	107.35	2.163	0.050	22.79	57.24
A02	403.89	285.02	118.87	1.170	0.102	10.78	31.32
A03	385.97	309.03	76.94	2.637	0.029	32.58	73.61
A04	386.64	296.34	90.3	2.635	0.034	30.60	71.36
A05	356.19	247.54	108.65	3.143	0.035	34.93	81.45
A06	317.16	288.66	28.5	1.425	0.020	23.46	49.54
A07	310.12	246.8	63.32	2.207	0.029	28.59	64.50
A08	284.33	275.47	8.86	0.895	0.010	21.49	39.76
A09	268.50	239.83	28.67	1.131	0.025	17.92	39.73
A10	270.07	253.44	16.63	1.59	0.010	32.75	60.90
A11	267.70	245.12	22.58	2.184	0.010	42.01	77.69
A12	259.65	237.83	21.82	2.141	0.010	41.60	76.73
<b>PROMEDIO</b>						<b>28.29</b>	<b>60.32</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El tiempo de concentración que tarda en que la escorrentía llegue de un punto a otro dentro de los modelos propuestos es de 60.32 minutos, tomaremos como referencia 1 hora.

### 3.8 CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO.

De acuerdo a las superficies y pendiente de los cauces de las áreas colectoras, así como el coeficiente de escorrentía adoptado, definido las intensidades de precipitaciones para una duración igual a los tiempos de concentración, se obtienen los caudales de máxima avenida a partir del método racional, expresado por la ecuación 2.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \dots \dots \dots (ecuacion 2)$$

### **Datos área colectora 01**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h. (Tabla 11)

A= 144.55 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 13.07 m<sup>3</sup>/s

### **Datos área colectora 02**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h. (Tabla 11)

A= 16.09 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 1.45 m<sup>3</sup>/s

### **Datos área colectora 03**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h. (Tabla 11)

A= 91.75 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 8.30 m<sup>3</sup>/s

### **Datos área colectora 04**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h. (Tabla 11)

A= 69.99 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 6.33 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 05**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

A= 159.77 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 14.45 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 06**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

A= 52.91 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 4.78 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 07**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

A= 120.07 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 10.86 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 08**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

A= 37.61 ha (área de aporte de agua e hectáreas)

Q= 3.40 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 09**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

A= 25.71 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 2.32 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 10**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

A= 81.25 ha (área de aporte de agua)

Q= 7.35 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 11**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

A= 99.97 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 9.04 m<sup>3</sup>/s

**Datos área colectora 12**

C= 0.86 (Coeficiente de escorrentía óptimo de diseño)

I= 37.85 mm/h (1.05 mm/s) (Tabla 11)

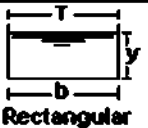
A= 40.46 ha (área de aporte de agua en hectáreas)

Q= 3.66 m<sup>3</sup>/s

### 3.9 CÁLCULO DE SECCIÓN DE ALCANTARILLAS.

Considerando que el canal de evacuación se encuentra dentro del distrito de Tarapoto, se considera que tenga una sección transversal rectangular de máxima eficiencia de concreto armado, para dimensionar la sección de la alcantarilla se utilizará la ecuación de Manning.

Figura 03: Ecuaciones Manning para un canal rectangular

Sección	Área hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$

Fuente: Hidráulica de canales, Fundamentos, Juan H. Cadavid R.

DONDE:

- b = Ancho de la solera
- T = Espejo de agua
- y = Tirante de agua
- A = Área hidráulica
- P = Perímetro mojado
- R = Radio Hidráulico

Para la determinación las características geométricas de la alcantarilla a proyectar se deduce la fórmula de tirante crítico utiliza para canales rectangulares.

$$y = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 x g}} \dots \dots \dots (ecuacion 11)$$



Tabla 14: Resultados Características geométricas calculadas

DESCRIPCIÓN	Q (m <sup>3</sup> /s)	b (m)	y (m)	h (m)	Sección Asumida	
	(caudal obtenido)	(base asumida)	(crítico)	(altura total)	b (m)	h (m)
ÁREA COLECTORA 01	13.70	2.30	1.53	2.05	2.30	2.10
ÁREA COLECTORA 02	1.45	1.00	0.60	0.80	1.00	0.80
ÁREA COLECTORA 03	8.30	2.00	1.21	1.61	2.00	1.70
ÁREA COLECTORA 04	6.33	2.00	1.01	1.34	2.00	1.40
ÁREA COLECTORA 05	14.45	2.40	1.55	2.06	2.40	2.10
ÁREA COLECTORA 06	4.78	1.50	1.01	1.35	1.50	1.35
ÁREA COLECTORA 07	10.86	2.20	1.35	1.81	2.20	1.90
ÁREA COLECTORA 08	3.40	1.50	0.81	1.07	1.50	1.10
ÁREA COLECTORA 09	2.32	1.20	0.72	0.97	1.20	1.00
ÁREA COLECTORA 10	7.35	2.00	1.11	1.48	2.00	1.50
ÁREA COLECTORA 11	9.04	2.00	1.28	1.70	2.00	1.70
ÁREA COLECTORA 12	3.66	1.40	0.89	1.18	1.40	1.20

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV

### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo contiene la descripción de los modelos y resultados obtenidos.

### 4.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados del trabajo de investigación, fueron satisfactorios ya que el diseño de drenaje pluvial basado a las áreas colectoras, planifica de manera integral el drenaje pluvial en el distrito de Tarapoto.

La determinación de las áreas colectoras fue un proceso largo desde la obtención de la información hasta su procesamiento y presentación respectiva, así como también la determinación de una intensidad de diseño adecuada la misma que fue evaluada en un periodo de 20 años, además de la determinación del coeficiente de escorrentía adecuado, estos cálculos se harán con la respectiva guía del reglamento nacional de edificaciones en la norma OS. 060.

Tabla 15: Cuadro Resumen de los resultados obtenidos

AREA COLECTORA	A(has)	C	I (mm/h)	Q (m3/s)	Tc (min.)	Sección Obtenida	
		Coefficiente de escorrentía	Intensidad de Diseño	Caudal obtenido	Tiempo de Concentración	b (m)	h (m)
01	144.55	0.86	37.85	13.70	60	2.30	2.10
02	16.09	0.86	37.85	1.45	60	1.00	0.80
03	91.75	0.86	37.85	8.30	60	2.00	1.70
04	69.99	0.86	37.85	6.33	60	2.00	1.40
05	159.77	0.86	37.85	14.45	60	2.40	2.10
06	52.91	0.86	37.85	4.78	60	1.50	1.40
07	120.07	0.86	37.85	10.86	60	2.20	1.90
08	37.61	0.86	37.85	3.40	60	1.50	1.10
09	25.71	0.86	37.85	2.32	60	1.20	1.00
10	81.25	0.86	37.85	7.35	60	2.00	1.50
11	99.97	0.86	37.85	9.04	60	2.00	1.70
12	40.46	0.86	37.85	3.66	60	1.40	1.20

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO V

### 5.1 DISCUSIÓN

Este capítulo contiene la descripción de los modelos, métodos aplicados y resultados obtenidos.

### 5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los modelos obtenidos mediante la definición de áreas colectoras, son las más adecuadas por que utiliza la depresión en la superficie del área de estudio y están plasmados y definidos gráficamente por curvas de nivel, en donde se identifica la escorrentía natural y el área de influencia a trabajar.

#### ÁREA COLECTORA 01:

Así como se muestra en la lámina P-04, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Shilcayo), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Putumayo cuadra 06 hasta la cuadra 02, luego sigue su recorrido por: jr. 24 de febrero cuadra 01, jr. Las flores cuadra 01, jr. San pedro cuadra 07, av. Circunvalación cuadra 12 hasta la cuadra 06, jr. Federico Sánchez cuadra 08, Jr. La Merced cuadra 01 hasta la cuadra 04, y entrega a la vertiente natural (Rio Shilcayo), en total haciendo un recorrido total de 2248 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 16: Análisis de resultados área colectora 01

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
Jr. Putumayo cuadra 06 y 05	300	0.60	0.60
Jr. Putumayo cuadra 04 hasta la cuadra 02	211	0.80	0.80
Jr. 24 de Febrero cuadra 01	215	1.00	1.00
Jr. Las Flores cuadra 01	127	1.20	1.20
Jr. San Pedro cuadra 07	81	1.40	1.40
Av. Circunvalación cuadra 11 hasta la cuadra 12	223	1.60	1.60
Av. Circunvalación cuadra 08 hasta la cuadra 10	273	1.80	1.80
Av. Circunvalación cuadra 06 hasta la cuadra 07	220	2.00	2.00
Jr. Federico Sánchez cuadra 08	33	2.00	2.00
Jr. La Merced cuadra 01 hasta la cuadra 04	565	2.30	2.10
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>2248</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 02:

Así como se muestra en la lámina P-05, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Cumbaza), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Tulumayo cuadra 01 hasta la cuadra 02, luego sigue su recorrido por: jr. 28 de julio cuadra 01, sigue su recorrido a través de terrenos eriazos, y entrega a la vertiente natural (Rio Cumbaza), en total haciendo un recorrido total de 1149 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 17: Análisis de resultados área colectora 02

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
Jr. Tutumayo cuadras 01 y 02	236	0.60	0.60
Jr. 28 de Julio cuadra 01	53	0.80	0.80
Trazo a través de terrenos eriazos	860	1.00	0.80
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>1149</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 03:

Así como se muestra en la lámina P-06, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Shilcayo), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Bolognesi cuadra 17 hasta la cuadra 11, luego sigue su recorrido por: jr. Sachapuquio cuadra 04, jr. Perú cuadra 10 hasta la cuadra 01, jr. Saposoa cuadra 01, jr. San Pablo de la Cruz cuadra 03, jr. Lamas cuadras 02 hasta la cuadra 05, y entrega a la vertiente natural (Rio Shilcayo), en total haciendo un recorrido total de 2651 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 18: Análisis de resultados área colectora 03

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
Jr. Francisco Bolognesi cuadra 17 y 16	274	0.60	0.60
Jr. Francisco Bolognesi cuadra 15 al 13	365	0.80	0.60
Jr. Francisco Bolognesi cuadra 12 y 11	210	1.00	0.80
Jr. Sachapuquio cuadra 04	71	1.00	0.80
Jr. Perú cuadras 10 y 09	258	1.20	1.00
Jr. Perú cuadras 08 y 07	213	1.20	1.00
Jr. Perú cuadras 06 y 05	220	1.40	1.10
Jr. Perú cuadras 04 y 03	201	1.40	1.10
jr. Perú cuadras 02 y 01	186	1.60	1.30
Jr. Sapoosa cuadra 01	80	1.60	1.30
Jr. San Pablo de la Cruz cuadra 03	148	1.80	1.50
Jr. Lamas cuadras 02 y 03	201	1.80	1.50
Jr. Lamas cuadras 04 y 05	224	2.00	1.70
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>2651</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

#### ÁREA COLECTORA 04:

Así como se muestra en la lámina P-07, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Shilcayo), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Ángel Delgado cuadra 07 hasta la cuadra 03, luego sigue su recorrido por: jr. Augusto B. Leguía cuadra 13 hasta la cuadra 01, jr. Gregorio delgado cuadra 01 hasta la cuadra 04, y entrega a la vertiente natural (Rio Shilcayo), en total haciendo un recorrido total de 2805 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 19: Análisis de resultados área colectora 04

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
jr. Ángel Delgado cuadra 07 y 06	410	0.60	0.60
jr. Ángel Delgado cuadra 05 y 04	260	0.80	0.80
jr. Ángel Delgado cuadra 03	260	0.80	0.80
jr. Augusto B. Leguía cuadra 13	125	1.00	1.00
jr. Augusto B. Leguía cuadra 12 y 11	226	1.00	1.00
jr. Augusto B. Leguía cuadra 10 y 09	260	1.20	1.20
jr. Augusto B. Leguía cuadra 08 y 07	206	1.20	1.20
jr. Augusto B. Leguía cuadra 06 y 05	163	1.40	1.20
jr. Augusto B. Leguía cuadra 04 y 03	195	1.40	1.20
jr. Augusto B. Leguía cuadra 02 y 01	206	1.60	1.20
jr. Gregorio Delgado cuadra 01 y 02	201	1.80	1.40
jr. Gregorio Delgado cuadra 03 y 04	293	2.00	1.40
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>2805</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

#### ÁREA COLECTORA 05:

Así como se muestra en la lámina P-08, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Cumbaza), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Ángel Delgado cuadra 07 hasta la cuadra 03, luego sigue su recorrido por: jr. Ulises Reategui cuadra 09 hasta la cuadra 07, jr. Belén Torres cuadra 04, jr. Lorenzo Morales cuadras 06 hasta la cuadra 01, jr. Micaela Bastidas cuadra 07, y entrega a la vertiente natural de la quebrada Amorarca y esta a su vez a la vertiente natural del Rio Cumbaza, en total haciendo un recorrido total de 3143 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 20: Análisis de resultados área colectora 05

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
jr. Ulises Reategui cuadra 09 y 08	150	0.80	0.80
jr. Ulises Reategui cuadra 07	78	1.00	1.00
jr. Belén Torres cuadra 04	112	1.20	1.20
Jr. Lorenzo Morales cuadra 06 y 05	240	1.40	1.40
Jr. Lorenzo Morales cuadra 04 y 03	143	1.60	1.60
Jr. Lorenzo Morales cuadra 02 y 01	196	1.80	1.80
Jr. Micaela Bastidas cuadra 07	89	2.00	1.80
Quebrada Amorarca	2135	2.40	2.10
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>3143</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 06:

Así como se muestra en la lámina P-09, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Shilcayo), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Orellana cuadra 07 hasta la cuadra 01, luego sigue su recorrido por: jr. Shapaja cuadra 01 hasta la cuadra 05, y entrega a la vertiente natural (Rio Shilcayo), en total haciendo un recorrido total de 1435 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 21: Análisis de resultados área colectora 06

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
jr. Orellana cuadra 07 y 06	220	0.80	0.80
jr. Orellana cuadra 05 y 04	193	0.80	0.80
jr. Orellana cuadra 03 y 02	225	1.00	1.00
jr. Orellana cuadra 01	110	1.00	1.00
jr. Shapaja cuadra 01	119	1.10	1.00
jr. Shapaja cuadra 02 y 03	269	1.30	1.20
jr. Shapaja cuadra 04 y 05	299	1.50	1.40
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>1435</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 07:

Así como se muestra en la lámina P-10, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Cumbaza), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Alfonso Ugarte cuadra 06 hasta la cuadra 22, y entrega a la vertiente natural (Rio Cumbaza), en total haciendo un recorrido total de 2210 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 22: Análisis de resultados área colectora 07

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
jr. Alfonso Ugarte cuadra 06 y 07	227	0.60	0.60
jr. Alfonso Ugarte cuadra 08 y 09	241	0.80	0.60
jr. Alfonso Ugarte cuadra 10 y 11	230	1.00	0.70
jr. Alfonso Ugarte cuadra 12 y 13	192	1.20	0.90
jr. Alfonso Ugarte cuadra 14 y 15	251	1.40	1.10
jr. Alfonso Ugarte cuadra 16 y 17	145	1.60	1.30
jr. Alfonso Ugarte cuadra 18 y 19	385	1.80	1.50
jr. Alfonso Ugarte cuadra 20 y 21	229	2.00	1.70
jr. Alfonso Ugarte cuadra 22	310	2.20	1.90
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>2210</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 08:

Así como se muestra en la lámina P-11, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Shilcayo), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Los Girasoles cuadra 03, luego sigue su recorrido por: jr. Arica, cuerdas 01 al 06, y entrega a la vertiente natural (Rio Shilcayo), en total haciendo un recorrido total de 909 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:



Tabla 23: Análisis de resultados área colectora 08

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
jr. Los Girasoles cuadra 03	118	0.60	0.60
jr. Arica cuadra 01	167	0.80	0.60
jr. Arica cuadra 02 y 03	280	1.10	0.80
jr. Arica cuadra 04 y 05	238	1.30	0.80
jr. Arica cuadra 06	106	1.50	1.10
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>909</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 09:

Así como se muestra en la lámina P-12, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Cumbaza), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el jr. Los Pinos cuadra 08 hasta la cuadra 14, luego sigue su recorrido por: jr. 10 de agosto cuadras 01 al 04, y entrega a la vertiente natural (Rio Cumbaza), en total haciendo un recorrido total de 1127 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 24: Análisis de resultados área colectora 09

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
jr. Los Pinos cuadra 08 y 09	108	0.60	0.60
jr. Los Pinos cuadra 10 y 11	98	0.80	0.80
jr. Los Pinos cuadra 12 y 13	226	0.80	0.80
jr. Los Pinos cuadra 14	115	1.00	0.80
jr. 10 de Agosto cuadra 01	86	1.00	0.80
Jr. 10 de Agosto cuadra 02 y 03	206	1.00	0.80
jr. 10 de Agosto cuadra 04	288	1.20	1.00
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>1127</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 10:

Así como se muestra en la lámina P-13, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Shilcayo), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en el Av. Vía de Evitamiento cuadra 09 hasta la cuadra 20, y entrega a

la vertiente natural (Río Shilcayo), en total haciendo un recorrido total de 1715 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 25: Análisis de resultados área colectora 10

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
Av. Vía de Evitamiento cuadra 09 y 10	165	1.00	0.80
Av. Vía de Evitamiento cuadra 11 y 12	202	1.20	1.00
Av. Vía de Evitamiento cuadra 13 y 14	330	1.40	1.00
Av. Vía de Evitamiento cuadra 15 y 16	350	1.60	1.10
Av. Vía de Evitamiento cuadra 17 y 18	300	1.80	1.30
Av. Vía de Evitamiento cuadra 19 y 20	368	2.00	1.50
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>1715</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

### ÁREA COLECTORA 11:

Así como se muestra en la lámina P-14, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Río Cumbaza), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en jr. Los Pinos cuadra 15 hasta la cuadra 24, luego sigue su recorrido por: carretera a Santa Rosa de Cumbaza, y entrega a la vertiente natural (Río Cumbaza), en total haciendo un recorrido total de 2466 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 26: Análisis de resultados área colectora 11

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
jr. Los Pinos cuadra 15 y 16	117	0.80	0.60
jr. Los Pinos cuadra 17 y 18	133	1.00	0.80
jr. Los Pinos cuadra 19 y 20	131	1.40	1.00
jr. Los Pinos cuadra 21 y 22	87	1.60	1.20
jr. Los Pinos cuadra 23 y 24	217	1.80	1.50
Carretera a Santa Rosa de Cumbaza	1781	2.00	1.70
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>2466</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

## ÁREA COLECTORA 12:

Así como se muestra en la lámina P-14, donde se describe el trazo de la escorrentía que discurren hacia la vertiente natural (Rio Shilcayo), el trazo del sistema de drenaje quedo definido por: Inicia en Prolongación Martínez de compañón, luego sigue su recorrido por: Av. Aviación cuadra 01 hasta la cuadra 6, jr. Los Aviadores cuadra 01, y entrega a la vertiente natural (Rio Shilcayo), en total haciendo un recorrido total de 2251 metros; La sección de las alcantarillas queda definida por el siguiente cuadro:

Tabla 27: Análisis de resultados área colectora 12

TRAMO	DISTANCIA RECORRIDA (m)	SECCION	
		b(m)	h(m)
Prolongación Martínez de Compañón	361	0.60	0.60
Av. Aviación cuadra 01 y 02	301	0.80	0.80
Av. Aviación cuadra 03 y 04	363	1.00	1.00
Av. Aviación cuadra 05 y 06	600	1.20	1.20
jr. Los Aviadores cuadra 01	350	1.40	1.20
<b>TOTAL, RECORRIDO</b>	<b>2275</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del trabajo de investigación, fueron satisfactorios ya que nos ayuda a planificar de manera integral el drenaje dentro del distrito de Tarapoto, se puede observar que en el área colectora 05, lo que existe supera las dimensiones calculadas debido a que abarca mayor área colectora, haciendo que se construyan alcantarillas sobredimensionadas esto generado por la falta de planificación de otros drenajes colectores que alivien su caudal.

## **CAPÍTULO VI**

### **6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El presente capítulo se establece las conclusiones del desarrollo de la tesis.

### **6.2 CONCLUSIONES**

El tema de investigación realizado se pudo concluir, que, al determinar la definición de las áreas colectoras con fines de diseño de drenaje pluvial en el distrito de Tarapoto; la misma que fue planificado de manera integral, y sin dejar de lado ninguna área que signifique un aporte de agua considerable para el diseño de drenaje pluvial; permite que este sea optimo ya que en el análisis se aprovechó conocimientos básicos sobre topografía, hidrología, entre otros, de esta manera obtener secciones de alcantarillas que satisfacen las condiciones de diseño planteadas de acuerdo a la zona de estudio.

### **6.3 RECOMENDACIONES**

Mediante los análisis realizados al área de estudio en la determinación de las áreas colectoras, se recomienda comparar los resultados obtenidos con programas de ingeniería, así como el software Arc GIS, Google Earth, entre otros, los cuales utilizan la inteligencia artificial para la generación de las áreas de aporte de agua.

Mediante el análisis del diseño de la sección de alcantarilla se usó el método racional – Tirante crítico, se recomienda comprar los resultados con softwares de ingeniería que utilizan un método dinámico para el cálculo de las secciones y de esta manera evaluar los resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1). Antonio García Martín, Manuel F. Rosique Campoy, Francisco E. Segado Vázquez, Topografía Básica para Ingenieros, servicio de publicaciones, universidad de Murcia, 1994.
- (2). Chávez Aguilar, Fernando Javier, tesis, Simulación y Optimización de un Sistema de Alcantarillado Urbano, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima Perú 2006.
- (3). Cadavid R, Juan H., Hidráulica de canales Fundamentos, primera edición 2006.
- (4). Calderón Pillaca, Oliver Edward, tesis, Diseño de un modelo Meta heurístico para la determinación de caudales de máxima avenida en cuencas urbanas, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho Perú 2016.
- (5). Díaz Ortiz, Jaime Ernesto, Mecánica de fluidos e hidráulica primera edición, abril 2006.
- (6). Noriega Dávila, José Luis, tesis, Diseño Hidráulico del sistema de drenaje pluvial urbano de la ciudad de calzada, Universidad Nacional de San Martín, 2002.
- (7). Pérez Carmona, Diseño y Construcción de Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Drenaje en Carreteras, primera edición, octubre de 2013.
- (8). Rendón Dávila, Víctor Oscar, tesis master, Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca (sector los Virreyes) – Puno Perú 2013.
- (9). Villón Béjar, Máximo, Drenaje, primera edición, Costa Rica 2007.
- (10). Reglamento Nacional de Edificaciones, Título II.3 Obras de Saneamiento, Norma OS.060, Drenaje Pluvial Urbano, 2006.

## ANEXOS

**ANEXO N°01:** Solicitud de información meteorológica (director de la Dirección Zonal 9 - San Martín) SENAMHI.

Tarapoto, 11 de Abril del 2019

SENAMHI  
DIRECCION ZONAL 9  
N° de Registro: .....  
12 ABR. 2019  
RECIBIDO  
13:01  
SOLICITO INFORMACION  
METEOROLOGICA PARA TRABAJO  
DE INVESTIGACION (TESIS)

**SEÑOR:**  
**ING. MSC. DANIEL ENRIQUE SANCHEZ LAUREL**  
**DIRECTOR DE LA DIRECCION ZONAL 9 – SAN MARTIN**

**PRESENTE.-**

Yo, Pedro Abel Canma Salas identificado con DNI N° 07535844 y Luis Barreto Pezo identificado con DNI N° 43210585; Bachilleres en Ingeniería Civil, nos presentamos ante Ud. Señor Director para solicitarle lo siguiente:

Que, teniendo que desarrollar nuestro trabajo de tesis siendo nuestro tema: **"Definición de las Áreas Colectoras con fines de Diseño de los Sistemas de Drenaje Pluvial en el Distrito de Tarapoto"** para la obtención del Título Profesional en Ingeniería Civil, en la cual tenemos que trabajar para los cálculos correspondientes con datos oficiales sobre la **precipitación máxima de 24 horas anual hasta por un periodo de 20 años, desde el año 1999 hasta el año 2018;** de la Estación de Tarapoto, por lo que recurrimos a su Despacho con la finalidad de solicitarle se nos proporcione dicha información que nos servirá para los cálculos estrictamente académicos y de investigación; comprometiéndonos cumplir con todos los requisitos exigidos por Ley.

Por todo lo expuesto a usted señor Director:

Sírvase acceder nuestra solicitud por considerarlo justo y necesario, siendo propicia la oportunidad para expresarle las muestras de nuestra más distinguida consideración y estima personal.

Atentamente,

  
PEDRO ABEL CANMA SALAS  
DNI N° 07535844

  
LUIS BARRETO PEZO  
DNI N° 43210585

**ANEXO N°02:** Oficio UCP – solicitando Información Meteorológica (director de la Dirección Zonal 9 - San Martín) SENAMHI.

**Universidad Científica del Perú**

“AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD”

Tarapoto, 10 de abril de 2019

**OFICIO N° 005-2019/UCP-I**

**ING. Msc. DANIEL ENRIQUE SANCHEZ LAUREL**  
**DIRECTOR DE LA DIRECCIÓN ZONAL 9 - SENAMHI**

**PRESENTE.**

**ASUNTO: SOLICITO DATOS PRECIPITACION MÁXIMA DE 24 HORAS DEL AÑO 1,999 AL AÑO 2018, CON FINES DE INVESTIGACIÓN (TESIS).**

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, para expresarle mi cordial saludo, y al mismo tiempo solicitarle proporcionar los datos de **Precipitación Máxima de 24 horas Anual** del periodo **1,999 al 2018 (20 Años)**, con fines estrictamente académicos y de investigación, de la Estación de Tarapoto, para los Bachilleres en Ingeniería Civil Pedro Abel Canma Salas y Luis Barreto Pezo, quienes vienen trabajando su Tesis: **“Definición de las Áreas Colectoras con fines de Diseño de los Sistemas de Drenaje Pluvial en el Distrito de Tarapoto”** para optar el Título de Ingenieros Civiles en la Universidad Científica del Perú-sede Tarapoto.

Es propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi más distinguida consideración y estima personal.

Atentamente,

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ  
FILIAL - TARAPOTO  
Ing. Isaac D. Castillo Chalco  
DIRECTOR ACADÉMICO

### ANEXO N°03: Información Pluviométrica Estación CO- Tarapoto.



PERU

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de  
Meteorología e Hidrología  
del Perú - SENAMHI

2018

#### ESTACION CO "TARAPOTO"

Latitud : 06° 28'  
Longitud : 78° 22'  
Altura : 356 m.s.n.m.

Departamento : San Martín  
Provincia : San Martín  
Distrito : Tarapoto

#### PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS MENSUAL (m.m.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1999	79.3	42.5	39.3	16.9	54.5	17.5	27.9	23.0	11.3	17.3	48.8	46.5	79.3
2000	27.5	34.2	15.6	34.7	30.2	12.8	17.5	52.6	62.5	19.4	24.2	30.3	82.5
2001	16.2	32.0	35.0	75.9	40.3	13.8	40.6	21.3	24.3	81.0	30.0	42.2	75.9
2002	9.3	30.0	14.8	39.8	12.5	43.6	36.3	7.1	5.8	32.3	27.5	20.7	43.6
2003	74.0	37.0	54.6	33.1	37.6	27.5	17.8	18.0	18.0	84.5	40.2	52.2	84.5
2004	15.8	64.2	24.0	26.2	48.1	30.7	25.7	25.6	28.2	33.2	48.2	59.9	64.2
2005	15.9	33.7	48.8	44.0	22.4	28.8	16.3	15.5	26.0	45.0	71.0	9.3	71.0
2006	38.5	44.5	41.5	52.0	39.0	17.3	113.3	7.0	18.5	39.2	74.0	28.0	113.3
2007	37.0	7.5	48.0	21.0	45.4	16.5	80.0	46.2	45.2	37.8	63.5	18.5	63.5
2008	25.8	91.0	27.5	51.0	25.8	24.0	9.3	10.4	38.0	17.4	18.0	15.3	91.0
2009	29.4	49.0	28.0	35.5	36.5	47.0	9.1	25.0	31.5	18.4	25.5	42.0	49.0
2010	32.2	62.4	17.6	72.8	31.6	40.6	6.1	44.5	23.9	27.7	98.4	47.8	98.4
2011	42.4	11.8	63.2	51.9	31.5	65.2	49.2	14.5	21.8	24.6	49.2	61.8	65.2
2012	71.7	35.6	53.1	100.5	40.8	28.8	20.0	8.3	31.2	40.2	15.6	82.4	100.5
2013	71.7	32.7	45.3	27.4	32.1	20.1	15.0	49.0	41.8	27.0	64.5	28.4	71.7
2014	33.4	29.5	60.3	37.6	32.1	13.2	32.5	22.4	28.2	89.5	48.1	28.0	89.5
2015	28.4	40.9	16.4	43.7	34.4	40.2	12.8	34.6	13.7	32.9	64.2	60.3	64.2
2016	36.0	40.1	35.9	18.8	32.2	47.5	19.4	10.3	19.0	50.0	27.0	33.5	60.0
2017	51.2	73.6	62.9	51.6	36.0	39.6	19.5	30.8	47.7	15.7	72.5	63.7	73.6
2018	25.6	42.5	55.4	47.4	27.5	35.0	34.2	18.4	34.7	27.5	26.5	89.6	69.6

NOTA: LA PRESENTE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA SOLO SERÁ EMPLEADA PARA EL PROPOSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.



**ANEXO N°04: Solicitud Municipalidad Provincial de San Martín.**

Tarapoto, 22 de Mayo del 2019

**SOLICITO INFORMACION OFICIAL  
PARA DESARROLLAR TRABAJOS  
DE INVESTIGACION (TESIS)**

**SEÑOR:  
ALCALDE PROVINCIAL DE SAN MARTIN  
ARQ. TEDDY DEL AGUILA GRONERTH**

**ATENCION: OFICINA DE INFRAESTRUCTURA Y OBRAS**

**PRESENTE.-**



Yo, Pedro Abel Canma Salas identificado con DNI N° 07535844 y Luis Barreto Pezo identificado con DNI N° 43210585; Bachilleres en Ingeniería Civil, nos presentamos ante Ud. Señor Alcalde para solicitarle lo siguiente:

Que, teniendo que desarrollar nuestro trabajo de tesis siendo nuestro tema: **"Definición de las Áreas Colectoras con fines de Diseño de los Sistemas de Drenaje Pluvial en la ciudad de Tarapoto"** para la obtención del **Título Profesional en Ingeniería Civil**, en la cual tenemos que trabajar para los cálculos correspondientes con datos oficiales sobre los relieves del terreno, el uso de suelos y el catastro de la ciudad; motivo por el cual recurrimos a su Despacho con la finalidad de solicitarle se nos proporcione la siguiente información:

- Plano Catastral de la ciudad de Tarapoto
- Plano de Uso de Suelos de la ciudad de Tarapoto
- Levantamiento Topográfico de la ciudad de Tarapoto.

Dicha información nos servirá para los cálculos estrictamente académicos y de investigación; comprometiéndonos cumplir con todos los requisitos exigidos por Ley.

Por todo lo expuesto a usted señor Alcalde:

Sírvase acceder nuestra solicitud por considerarlo justo y necesario, siendo propicia la oportunidad para expresarle las muestras de nuestra más distinguida consideración y estima personal.

Atentamente,

  
PEDRO ABEL CANMA SALAS  
DNI N° 07535844

  
LUIS BARRETO PEZO  
DNI N° 43210585

**ANEXO N°05:** Carta donde se remite la información requerida MP5M.



## MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MARTÍN

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Tarapoto, 24 de Mayo del 2019

CARTA N° 255 -2019-GIPU-MP5M.

SEÑORES:

PEDRO ABEL CANMA SALAS

LUIS BARRETO PEZO.

CIUDAD.-

ASUNTO : REMITE INFORMACIÓN SOLICITADA.

REF. : Expediente Administrativo con Registro de Ingreso N° 09876, de fecha 22.05.2019.

Es grato dirigirme a usted, para saludarle cordialmente, y a la vez hacer de su conocimiento que, se ha recepcionado el expediente administrativo con Registro de ingreso N° 09876, de fecha 22.05.2019, en la que solicitan información esencial para desarrollar proyecto de tesis denominado: "Definición de las áreas colectoras con fines de diseño de los sistemas de drenaje pluvial en la ciudad de Tarapoto".

Sobre el particular, se remite la información solicitada, detallada en:

- Plano catastral de la ciudad de Tarapoto.
- Plano de Uso de suelo de la ciudad de Tarapoto.
- Levantamiento topográfico de la ciudad de Tarapoto.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle mi reiterado saludo y estima.

Atentamente,



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN MARTÍN  
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA  
*[Firma]*  
Ing. Daniel Navarro Amashuco  
REG. CIP. N° 8227  
GERENTE

DNA/GIMP5MT  
c.c.  
Archivo.-

# ANEXO N°06: Planos de uso de suelos del distrito de Tarapoto.

