



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE PARCO**  
**DISTRITO DE PARCO PROVINCIA DE BAGUA REGIÓN AMAZONAS**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

**Bach. Stalin García Saurin**

**Bach. Osmán Isaías Gonzáles Gamonal**

**ASESOR:**

**Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz**

**Tarapoto - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE PARCO**  
**DISTRITO DE PARCO PROVINCIA DE BAGUA REGION AMAZONAS**


**Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil**

**AUTORES:**

**Bach. Stalin García Saurin**

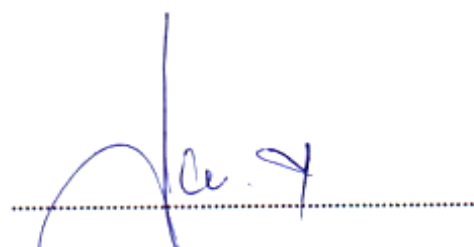
**Bach. Osmán Isaías Gonzáles Gamonal**

**Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 02 de mayo del 2018**

  
-----  
**Ing. NÉSTOR RAÚL SANDOVAL SALAZAR**  
Presidente

  
-----  
**Ing. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMÍREZ**  
Secretario

  
-----  
**Ing. CARLOS ENRIQUE CHUNG ROJAS**  
Miembro

  
-----  
**Ing. JORGE ISAACS RIOJA DÍAZ**  
Asesor

## Declaratoria de Autenticidad

**Osmin Isaías Gonzáles Gamonal** identificado con el DNI N° 46451794 y **Stalin Garcia Saurin** identificado con el DNI N° 40532281, egresados de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE PARCO DISTRITO DE PARCO PROVINCIA DE BAGUA REGIÓN AMAZONAS.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto

Tarapoto, 02 de mayo del 2018



*Gonzáles Gamonal, O.*

DNI N° 46451794



*Garcia Saurin, S.*

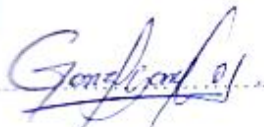
DNI N° 40532281

## DECLARACIÓN JURADA

**Osmaín Isaias Gonzáles Gamonal** identificado con el DNI N° 46451794 con domicilio legal Jr. Cerro Alegre N° 286 – Morales y **Stalin García Saurín** identificado con el DNI N° 40532281 con domicilio legal Jr. Miguel Grau N° 625 – Partido Alto, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento o omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por la cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 02 de mayo del 2018



Firma



Firma





Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

|  |                     |
|--|---------------------|
| Apellidos y nombres: GARCÍA SAURIN STALIN    |                     |
| Código de alumno : 203126                    | Teléfono: 961689851 |
| Correo electrónico : stalinlumis@hotmail.com | DNI: 40532281       |

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

|  |
|--|
| Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA |
| Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL     |

3. Tipo de trabajo de investigación

|                                    |     |                          |     |
|------------------------------------|-----|--------------------------|-----|
| Tesis                              | (X) | Trabajo de investigación | ( ) |
| Trabajo de suficiencia profesional | ( ) |                          |     |

4. Datos del Trabajo de investigación

|   |
|---|
| Título: DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE PARCO DISTRITO DE PARCO PROVINCIA DE BAGA REGIÓN AMAZONAS |
| Año de publicación: 2018  |

5. Tipo de Acceso al documento

|                       |     |         |     |
|-----------------------|-----|---------|-----|
| Acceso público *      | (X) | Embargo | ( ) |
| Acceso restringido ** | ( ) |         |     |

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

|  |
|--|
|  |
|--|

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

  
.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

06 / 12 / 2018



.....  
Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

\* **Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.**

**1. Datos del autor:**

|  |                     |
|--|---------------------|
| Apellidos y nombres: GONZÁLEZ GAMONAL OSMÁN ISAÍAS |                     |
| Código de alumno : 083153                          | Teléfono: 975079858 |
| Correo electrónico : 2505100688@gmail.com          | DNI: 46451794       |

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

|  |
|--|
| Facultad de: INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA |
| Escuela Profesional de: INGENIERÍA CIVIL     |

**3. Tipo de trabajo de investigación**

|                                    |       |                          |     |
|------------------------------------|-------|--------------------------|-----|
| Tesis                              | ( X ) | Trabajo de investigación | ( ) |
| Trabajo de suficiencia profesional | ( )   |                          |     |

**4. Datos del Trabajo de investigación**

|  |
|--|
| Título: DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE PARCO DISTRITO DE PARCO PROVINCIA DE BAGUA REGIÓN AMAZONAS |
| Año de publicación: 2018   |

**5. Tipo de Acceso al documento**

|                       |       |         |     |
|-----------------------|-------|---------|-----|
| Acceso público *      | ( X ) | Embargo | ( ) |
| Acceso restringido ** | ( )   |         |     |

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

|  |
|--|
|  |
|  |

**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



### 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


  
.....  
Firma del Autor

### 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

06 / 12 / 2018



  
.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM - T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi familia; a mi querida madre la Sra. Noemi Saurin Araujo por su constante apoyo y ejemplo de superación, a mi querido Padre el Sr. Miguel García López por sus consejos de vida, a mi esposa Mónica Toribia Macedo Coquinche por su apoyo incondicional y a mis pequeños hijos Kim Nash García Macedo, Kem Bill García Macedo y mi hija Mía Raysa García Macedo los cuales son mi motor a seguir superándome.

**Stalin**

A mis Padres: el Sr. Marino Gonzáles Zamora y la Sra. María Ulalia Gamonal Terrones, quienes me enseñaron a luchar por un sueño en donde me apoyaron con la enseñanza de grandes virtudes y perseverancia gracias por sus grandes consejos por su experiencia, me sirvió para poder lograr mi meta y convertirme en un profesional

**Osmán Isaías**

## AGRADECIMIENTO

A mi papá, por todo lo que me está enseñando de la vida, demostrándome que nada es fácil y si quiero obtener algo, que sea con esmero y dedicación.

A mi mamá, por ser mi complemento, mi compañera en todo momento.

A mi querida esposa y mis adorables hijas por ser el motor y motivo de seguir luchando.

**Stalin**

Le agradezco a Dios y a mis padres por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencia y sobre todo felicidad.

A los docentes de la facultad de ingeniería civil y arquitectura de la universidad nacional de San Martín, porque todos han aportado a mi formación, por sus consejos, sus enseñanzas.

Al Ing., asesor de la presente tesis, por su apoyo incondicional, tanto moral como académico, para lograr el presente objetivo.

Algunas están aquí conmigo familiares, amigos y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

A la municipalidad distrital de Parco por brindarnos todas las facilidades para la ejecución del proyecto.

**Osmán Isaías**



## INDICE

|   |          |
|---|----------|
| DEDICATORIA.....  | vi       |
| AGRADECIMIENTO.....   | vii      |
| ÍNDICE.....   | viii     |
| RESUMEN.....  | xvii     |
| ABSTRACT.....   | xviii    |
| <b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b> |
| 1.1 Generalidades.....  | 1        |
| 1.2 Exploración Preliminar Orientando la Investigación.....                           | 1        |
| 1.2.1 Topografía.....   | 2        |
| 1.2.2 Hidrología e hidráulica.....  | 2        |
| 1.2.3 Estructuras.....  | 3        |
| 1.2.4 Drenaje.....  | 3        |
| 1.3 Aspectos generales del estudio.....   | 3        |
| 1.3.1 Características generales.....  | 3        |
| 1.3.2 Descripción de la localidad.....  | 5        |
| 1.3.3 Vías de acceso.....   | 5        |
| 1.3.4 Población beneficiaria.....   | 5        |
| 1.3.5 Evolución de la población.....  | 5        |
| 1.3.6 Características del problema principal por el cual se requiere el proyecto..... | 6        |
| <b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>   | <b>7</b> |
| 2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación, formulación del problema.....          | 7        |
| 2.1.1 Antecedentes del Problema.....  | 7        |
| 2.1.2 Planteamiento del Problema.....   | 7        |
| 2.1.3 Delimitación del Problema.....  | 8        |
| 2.1.4 Formulación del Problema.....   | 8        |
| 2.1.5 Características de las obras a ejecutarse para resolver el problema.....        | 8        |
| 2.2 Objetivos.....  | 9        |
| 2.2.1 Objetivo general.....   | 9        |
| 2.2.2 Objetivos Específicos.....  | 9        |
| 2.3 Justificación de la Investigación.....  | 9        |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.3.1      | Justificación teórica.....                                    | 9  |
| 2.3.2      | Justificación viable.....                                     | 10 |
| 2.3.3      | Justificación practica.....                                   | 10 |
| 2.3.4      | Justificación social.....                                     | 10 |
| 2.4        | Delimitación de la Investigación.....                         | 10 |
| 2.4.1      | Delimitación geográfica.....                                  | 10 |
| 2.4.2      | Delimitación temporal.....                                    | 10 |
| 2.4.3      | Delimitación conceptual.....                                  | 11 |
| 2.5        | Marco Teórico.....  | 11 |
| 2.5.1      | Antecedentes de la Investigación.....                         | 11 |
| 2.4.4      | Marco teórico Fundamentación teórica de la investigación..... | 12 |
| 2.4.4.1    | Conceptos básicos sobre drenaje pluvial.....                  | 13 |
| 2.4.4.1.1  | Flujo de canales.....   | 13 |
| 2.4.4.1.2  | Descarga.....   | 13 |
| 2.4.4.1.3  | Velocidad promedio.....                                       | 14 |
| 2.4.4.1.4  | Área mojada o sección mojada.....                             | 14 |
| 2.4.4.1.5  | Perímetro mojado.....   | 14 |
| 2.4.4.1.6  | Radio hidráulico.....   | 14 |
| 2.4.4.1.7  | Tirante hidráulico.....                                       | 14 |
| 2.4.4.1.8  | Tirante critico.....  | 15 |
| 2.4.4.1.9  | Ancho de la solera “B”.....                                   | 15 |
| 2.4.4.1.10 | Coefficiente de rugosidad.....                                | 16 |
| 2.4.4.1.11 | Borde libre (BL).....   | 17 |
| 2.4.4.1.12 | Carga de velocidad “Hv”.....                                  | 18 |
| 2.4.4.1.13 | Carga real de velocidad.....                                  | 18 |
| 2.4.4.1.14 | Carga especifica de energía “He”.....                         | 18 |
| 2.4.4.1.15 | Salto hidráulico.....   | 19 |
| 2.4.4.1.16 | Longitud de salto hidráulico.....                             | 20 |
| 2.4.4.1.17 | Sección de máxima eficiencia hidráulica.....                  | 20 |
| 2.4.4.2    | El método racional.....                                       | 22 |
| 2.4.4.3    | Coefficientes de escorrentía.....                             | 22 |
| 2.4.4.3.1  | Intensidad de las lluvias.....                                | 24 |
| 2.4.4.3.2  | Curva intensidad-duración-frecuencia.....                     | 24 |
| 2.4.4.3.3  | Selección del periodo de retorno.....                         | 25 |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.4.4.4                                       | Análisis estadísticos de datos hidrológicos.....                            | 27        |
| 2.4.4.5                                       | Distribución Log Pearson tipo III.....                                      | 27        |
| 2.4.4.5.1                                     | Distribución Gumbel tipo I.....   | 28        |
| 2.4.4.6                                       | Tiempo de concentración.....  | 29        |
| 2.4.4.7                                       | Diseño estructural de cunetas.....  | 29        |
| 2.4.4.8                                       | Cuando la cuneta esta sin agua, terreno seco.....                           | 30        |
| 2.4.4.9                                       | Cuando la cuneta está llena hasta la cota superior de la pared lateral..... | 32        |
| 2.4.4.10                                      | Calculo de refuerzo.....  | 34        |
| 2.4.4.10.1                                    | Criterios generales para el diseño.....                                     | 34        |
| 2.4.4.10.1.1                                  | Refuerzo de repartición por contracción y temperatura (Ast).....            | 34        |
| 2.4.4.10.2                                    | Refuerzo mínimo de elementos sujetos a tracción (Asmin).....                | 35        |
| 2.4.4.10.2.1                                  | Recubrimiento de concreto para el refuerzo.....                             | 35        |
| 2.4.4.10.3                                    | Elementos rectangulares con refuerzo de tracción únicamente.....            | 36        |
| 2.4.4.10.4                                    | Resistencia a la rotura por fuerza cortante (t).....                        | 37        |
| 2.4.5   | Definición de términos básicos.....   | 38        |
| 2.4.5.1                                       | Hidrología.....   | 38        |
| 2.4.5.2                                       | Precipitación, intensidad y duración.....                                   | 38        |
| 2.4.5.3                                       | Cuenca hidrológica.....   | 39        |
| 2.4.5.4                                       | Esguerrimiento.....   | 39        |
| 2.4.6   | Marco teórico.....  | 41        |
| 2.5   | Hipótesis a demostrar.....  | 41        |
| <b>CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....</b> |   | <b>42</b> |
| 3.1   | Materiales.....   | 42        |
| 3.1.1   | Recursos humanos.....   | 42        |
| 3.1.2   | Recursos materiales.....  | 42        |
| 3.1.2.1                                       | Material de estudio.....  | 42        |
| 3.1.2.2                                       | Material de escritorio.....   | 42        |
| 3.1.3   | Recursos de equipos .....   | 42        |
| 3.1.4   | Otros recursos .....  | 43        |
| 3.2   | Metodología.....  | 43        |
| 3.2.1   | Universo, muestra, población.....   | 43        |
| 3.2.2   | Sistema de variable.....  | 43        |
| 3.2.2.1                                       | Variable independiente.....   | 43        |



|             |  |    |
|-------------|--|----|
| 3.2.2.2     | Variable dependiente.....  | 43 |
| 3.2.3       | Diseño experimental de la investigación.....                     | 44 |
| 3.2.4       | Diseño de instrumental.....                                      | 44 |
| 3.2.5       | Fuentes.....   | 44 |
| 3.2.5.1     | Técnicas.....  | 45 |
| 3.2.5.2     | Instrumentos.....  | 45 |
| 3.2.6       | Procesamiento de la información.....                             | 45 |
| 3.2.7       | Características generales de la cartografía.....                 | 45 |
| 3.2.7.1     | Norte: geográfico (verdadero norte).....                         | 45 |
| 3.8         | Proyección U.T.M.(unidad transversal de mercator).....           | 47 |
| 3.9         | Sistema de referencia: ED50 (European Datum 1950).....           | 48 |
| 3.9.1       | Altura: Ortometrica (Geoide UB91).....                           | 48 |
| 3.9.2       | Trabajo topográfico de campo.....                                | 49 |
| 3.10        | Trabajo topográfico de gabinete.....                             | 52 |
| 3.10.1      | Cálculos analíticos.....   | 52 |
| 3.10.2      | Compensación de los errores.....                                 | 52 |
| 3.10.3      | Calculo de las coordenadas x,y,z de cada punto.....              | 53 |
| 3.10.4      | Situación de los puntos en el plano.....                         | 55 |
| 3.10.5      | Calculo de la distancia entre dos puntos.....                    | 55 |
| 3.10.6      | Calculo de la superficie.....                                    | 56 |
| 3.10.7      | Calculo de las curvas de nivel.....                              | 57 |
| 3.10.8      | Delineación automática digital.....                              | 57 |
| 3.11        | Equipo básico utilizado.....                                     | 59 |
| 3.2.6.1     | Información básica requerida.....                                | 61 |
| 3.2.6.1.1   | Topografía.....  | 61 |
| 3.2.6.1.2   | Hidrología.....  | 61 |
| 3.2.6.1.2.1 | Precipitación.....   | 61 |
| 3.2.6.1.2.2 | Análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 horas..... | 62 |
| 3.2.6.1.2.3 | Calculo del tiempo de concentración.....                         | 65 |
| 3.2.6.2     | Caudal de escurrimiento.....                                     | 65 |
| 3.2.6.2.1   | Calculo del caudal de diseño.....                                | 65 |
| 3.2.6.2.1.1 | Método racional.....   | 65 |
| 3.2.6.2.1.2 | Método de Mac Math.....  | 67 |
| 3.2.6.2.2   | Criterios generales para el diseño.....                          | 67 |

|   |  |            |
|---|--|------------|
| 3.2.6.2.2.1   | Drenaje longitudinal.....                          | 68         |
| 3.2.6.2.2.2   | Drenaje transversal.....                           | 68         |
| 3.2.6.2.3   | Diseño hidráulico de cunetas y alcantarillas.....  | 68         |
| 3.2.6.2.3.1   | Diseño hidráulico de alcantarillas.....            | 68         |
| 3.2.6.2.3.2   | Diseño hidráulico de cunetas.....                  | 69         |
| 3.2.6.2.4   | Diseño estructural de cunetas y alcantarillas..... | 69         |
| 3.2.6.2.4.1   | Diseño estructural de cunetas.....                 | 69         |
| 3.2.6.2.4.1.1   | Diseño estructural de cunetas 0.50x0.50.....       | 70         |
| 3.2.6.2.4.1.2   | Diseño estructural de cuneta 0.70x0.80.....        | 80         |
| <b>CAPÍTULO IV RESULTADOS.....</b>                        |  | <b>90</b>  |
| 4.1   | Estudio hidrológico e hidráulico para drenaje..... | 90         |
| 4.2   | Objetivos y fines.....                             | 90         |
| 4.3   | Finalidad del sistema de drenaje.....              | 91         |
| 4.4   | Drenaje superficial.....                           | 92         |
| 4.4.1   | Antecedentes.....                                  | 92         |
| 4.4.2   | Caracterización climática.....                     | 93         |
| 4.4.3   | Estación meteorológica.....                        | 93         |
| 4.5   | Precipitaciones.....                               | 94         |
| 4.6   | Temperaturas.....                                  | 95         |
| 4.7   | Calculo hidráulico.....                            | 97         |
| 4.8   | Periodo de retorno.....                            | 97         |
| 4.9   | Riesgo de obstrucción.....                         | 99         |
| 4.10  | Velocidad máxima del agua.....                     | 99         |
| 4.11  | Cunetas.....                                       | 100        |
| <b>CAPÍTULO V ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b> |  | <b>106</b> |
| 5.1   | Análisis y discusión de resultados.....            | 106        |
| 5.2   | Selección de alternativa.....                      | 108        |
| 5.3   | Contrastación de hipótesis.....                    | 108        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                |  | <b>109</b> |
| 6.1   | Conclusiones.....                                  | 109        |
| 6.2   | Recomendaciones .....                              | 109        |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>REFERENCIA BIBLIOGRAFIA</b> ..... | 111 |
| <b>ANEXOS</b> .....                  | 113 |
| Estudio de mecánica de suelos.....   | 114 |
| Datos pluviométrico.....             | 262 |
| Planos.....                          | 270 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| <b>Tabla 1 :</b> | Ancho de solera (b).....  | 16  |
| <b>Tabla 2 :</b> | Coeficientes de rugosidad según el material.....  | 17  |
| <b>Tabla 3 :</b> | Secciones de máxima eficiencia hidráulica.....  | 21  |
| <b>Tabla 4 :</b> | Valores del coeficiente de escorrentía según método racional.....                           | 23  |
| <b>Tabla 5 :</b> | Valores de la determinación del coeficiente de escorrentía según el método<br>Mac Math..... | 24  |
| <b>Tabla 6 :</b> | Valores de periodo de retorno T (años).....   | 27  |
| <b>Tabla 7 :</b> | Recubrimientos.....   | 36  |
| <b>Tabla 8 :</b> | Ocurrencia cronológica de la precipitación.....   | 62  |
| <b>Tabla 9 :</b> | Ordenamiento y análisis estadístico de la información pluviométrica.....                    | 64  |
| <b>Tabla 10:</b> | Estaciones pluviométricas.....  | 94  |
| <b>Tabla 11:</b> | Precipitación máxima en 24 horas (mm).....  | 94  |
| <b>Tabla 12:</b> | Serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas.....                                 | 95  |
| <b>Tabla 13:</b> | Temperatura media mensual (2012-2017).....  | 96  |
| <b>Tabla 14:</b> | Registro climatológico (SENAMHI).....   | 96  |
| <b>Tabla 15:</b> | Valores de periodo de retorno T (años).....   | 98  |
| <b>Tabla 16:</b> | Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje.....                           | 99  |
| <b>Tabla 17:</b> | Velocidad máxima del agua.....  | 100 |
| <b>Tabla 18:</b> | Coeficientes de escorrentía-método racional.....  | 103 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Figura 1 :</b> | Ubicación del proyecto.....   | 4  |
| <b>Figura 2 :</b> | Elementos de geométricos de canal.....  | 16 |
| <b>Figura 3 :</b> | Esquema de energía en un tramo.....   | 19 |
| <b>Figura 4 :</b> | Salto hidráulico.....   | 20 |
| <b>Figura 5 :</b> | Vida útil vs periodo de retorno.....  | 26 |
| <b>Figura 6 :</b> | Sección típica de cuneta.....   | 30 |
| <b>Figura 7 :</b> | Poza sin agua, terreno seco.....  | 30 |
| <b>Figura 8 :</b> | Diagrama de momentos para el caso I y caso II.....                            | 31 |
| <b>Figura 9 :</b> | Poza llena hasta la cota superior de las paredes laterales, terreno seco..... | 32 |
| <b>Figura 10:</b> | Diseño experimental de la investigación.....                                  | 44 |
| <b>Figura 11:</b> | Registro pluviométrico-estación Bagua Chica.....                              | 95 |
| <b>Figura 12:</b> | Calculo hidráulico.....   | 97 |

## ÍNDICE DE PLANOS

|   |          |
|---|----------|
| Planta y perfil longitudinal Av. Tupac Amaru.....   | PPL - 01 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. San Martin.....  | PPL - 02 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Huáscar.....   | PPL - 03 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Atahualpa.....   | PPL - 04 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Alfonso Ugarte.....  | PPL - 05 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Amazonas.....  | PPL - 06 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Bagua.....   | PPL - 07 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Jorge Chávez.....  | PPL - 08 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Simón Bolivia.....   | PPL - 09 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. José Olaya.....  | PPL - 10 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Calle S/N 01.....  | PPL - 11 |
| Planta y perfil longitudinal Jr. Calle S/N 02.....  | PPL - 12 |
| Plano clave pluvial.....  | DP - 01  |
| Plano drenaje pluvial Av. Tupac Amaru Cuadra 01 AL 04.....                                    | DP - 02  |
| Plano drenaje pluvial Av. Tupac Amaru Cuadra 06 AL 09.....                                    | DP - 03  |
| Plano drenaje pluvial Jr. San Martin Cuadra 01 AL 04.....                                     | DP - 04  |
| Plano drenaje pluvial Jr. José Olaya, Jorge Chávez, Bagua.....                                | DP - 05  |
| Plano drenaje pluvial Jr. Amazonas, Alfonso Ugarte, Atahualpa, Huáscar y Calle S/N<br>01..... | DP - 06  |
| Diagrama de flujo.....  | DF - 01  |
| Áreas de influencia.....  | AI - 01  |

## RESUMEN

El crecimiento poblacional acelerado en la mayoría de las ciudades del país durante los últimos años, ha traído como consecuencia el aumento de la demanda de mayores y mejores servicios públicos, entre los cuales tienen especial importancia los excedentes de aguas pluviales; conocido como drenaje pluvial urbano.

El proyecto de tesis denominado: **Diseño del drenaje pluvial en la localidad de Parco distrito de Parco provincia de Bagua región Amazonas**, busca dar solución integral a los graves problemas de deterioro progresivo de las rasantes de las vías públicas, plataformas de las obras de artes existentes, que se producen en el sector de la Localidad de Parco en el Distrito de Parco; cuando se presentan precipitaciones pluviales ordinarias y extraordinarias. En el presente trabajo de tesis, se ha realizado levantamientos topográficos en la zona urbana actual, información que nos permitió obtener los planos del proyecto.

Se determinó el caudal de diseño utilizando los métodos Racional Y Mac Math, en función al Coeficiente de escorrentía, áreas colectoras, pendiente del terreno, la Intensidad de diseño correspondiente a un tiempo de retomo  $Tr = 25$  años.

Con el caudal de diseño, pendiente y rugosidad, calculamos la geometría de las secciones de cada tramo de colector, los mismos que hacen su entrega final.

El presente trabajo servirá de base para la ejecución de obras de drenaje pluvial urbano, los mismos que se plantea su ejecución a corto y mediano plazo, por la magnitud de los costos de construcción.

El trabajo de Tesis **Diseño del drenaje pluvial en la localidad de Parco distrito de Parco provincia de Bagua región Amazonas**, se realizó como un aporte más para el beneplácito de la universidad nacional de San Martín – Facultad de ingeniería civil.

**Palabras claves:** diseño, drenaje pluvial, Parco [distrito], Bagua [Provincia], Región Amazonas.

## ABSTRACT

The fast population growth in most cities of the country during the last years, has brought as consequence the increase of the demand of greater and better public services, among which the surplus of rainwater have special importance; known as urban stormwater drainage.

The thesis project titled as: **Design of the pluvial drainage in the town of Parco district of Parco province of Bagua Amazonas region** seeks to give an integral solution to the serious problems of progressive deterioration of the gradients in public roads, works platforms arts existing, which occur in the sector of Parco Locality in Parco District; when ordinary and extraordinary rain falls. In this thesis work, topographical surveys have been carried out in the current urban area, information that allowed us to obtain the project plans.

The design flow rate was determined using the Rational and Mac Math methods, based on the runoff coefficient, collector areas, slope of the terrain, the design intensity corresponding to a return time of  $Tr = 25$  years.

With the flow of design, slope and roughness, we calculate the geometry of the sections of each section of collector, the same ones that make their final delivery.

The following work will serve as the basis for the execution of urban drainage works, the same ones that its execution would be in a short and medium term, due to the magnitude of the investment.

This Thesis work **Design of the pluvial drainage in the locality of Parco district of Parco province of Bagua Amazonas region**, was developed as a contribution more for the approval of the national university of San Martin - Faculty of civil engineering.

**Keywords:** design, pluvial drainage, Parco [district], Bagua [Province], Amazon Region.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCION

### **1.1 Generalidades**

El distrito de Parco, así como en toda la Región Amazonas soporta precipitaciones pluviales de diferentes intensidades debido a su clima tropical. Muchas veces estas lluvias pueden causar deterioros de las vías, inundación de las viviendas, así como puede crear focos infecciosos de enfermedades debido al empozamiento de las aguas.

El distrito de Parco así como muchos distritos de dicha Región, busca tener una mejor calidad en la transitabilidad peatonal y vehicular para poder fomentar el crecimiento económico. Parte de la mejora de esta calidad de transitabilidad depende de un buen diseño de drenaje pluvial que permita discurrir de manera eficiente la escorrentía superficial.

Debido al crecimiento demográfico se puede aumentar el incremento de habilitaciones urbanas y de viviendas aledañas al distrito de Parco. Justificando aún más la necesidad de un correcto servicio de transitabilidad urbana.

Debido a este contexto, el presente trabajo de tesis se desarrolla para aporte y contribución a la sociedad, conscientes de la problemática en el distrito de Parco que por falta de un buen sistema de drenaje dificulta la transitabilidad. Siendo esta una limitante para el desarrollo socio económico del distrito

Nuestro aporte básicamente consiste en una propuesta técnica que comprende el diseño hidráulico y estructural para apoyar el desarrollo y bienestar de los pueblos de la región, en especial del Distrito de Parco. Ayudando a las entidades pertinentes con información técnica para un futuro ser utilizadas en la formalización de proyectos de inversión pública.

### **1.2 Exploración preliminar orientando la investigación**

En la actualidad nuestro país aprecia una tendencia orientada al desarrollo integral de los pueblos en base de la vigencia y calidad de servicios, nuestra región no es ajena esa disposición. Uno de los factores de desarrollo de un país en gran medida la calidad de su transitabilidad vehicular y peatonal. En nuestro caso concreto tocaremos la parte del drenaje pluvial. Un eficiente sistema de evacuación de agua de lluvia ayuda a la interacción básica a las actividades del individuo como movilización de las personas, transportes de carga,



mercaderías, el turismo, actividades que contribuyen al progreso social, político, económico y cultural del pueblo.

Para comprender la investigación debemos partir de los estudios de ingeniería básica, que comprende lo siguiente:

### **1.2.1 Topografía**

Realizados en forma directa e indirecta de acuerdo a los requerimientos de la investigación. Incluirá la información cartográfica geo referenciada correspondiente, a las escalas requerida, considerando las áreas levantadas, longitud de poligonales, magnitud de los errores de cierre, puntos de control enlazados a la red geodésica nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y geográficas comprendiendo básicamente lo siguiente:

Definición de la franja a levantar, teniendo en cuenta, el área del proyecto y considerando los retiros establecidos por la Municipalidad del Distrito.

Establecimiento de una red de puntos ubicados a distancias no mayores de 20 metros o según establezca los Tesitas

Detalles planimétricos, altimétricos, planos topográficos, levantamientos complementarios, y otros, de acuerdo a los requerimientos.

### **1.2.2 Hidrología e hidráulica**

Contendrán los resultados del estudio hidrológico de la zona del proyecto y diseño hidráulico de la obra de drenaje y complementarias al trabajo de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo otros, el diseño de las obras de drenaje requeridas que comprenda los planos y memoria de cálculo correspondiente, cumpliendo con las disposiciones del manual de carreteras: Hidrología, Hidráulica y drenaje vigente, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

Estudio del régimen hidráulico en los sectores previstos en los resultados obtenidos del estudio hidrológico y establecimiento de los parámetros de diseño.

Justificación técnica de las obras de drenaje superficial y subterráneas requeridas por el proyecto.

Evaluación del estado de las obras de drenaje existentes, en cuanto a su capacidad de carga, sección, condición, etc.

### **1.2.3 Estructuras**

Consiste en el diseño de los diferentes tipos de estructuras del proyecto, tales como cunetas y alcantarillas, debiendo cumplir la normatividad vigente sobre la materia, conteniendo la memoria de cálculo, planos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

Los criterios de diseño utilizados

La normatividad aplicada

La justificación técnica

Resúmenes de los principales resultados y justificaciones

### **1.2.4 Drenaje**

Obtendrá los resultados de diseño hidráulico de las obras de drenaje requeridas por el proyecto, tales como alcantarillas, cunetas, zanjas de coronación, etc. Contendrá memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

Diseño de los sistemas de drenaje requeridos, cuyo funcionamiento debe ser integral y eficiente

Diseño de manejo adecuado de la precipitación pluvial, que posibilite el establecimiento de la cobertura vegetal

## **1.3 Aspectos generales del estudio**

### **1.3.1 Características generales**

#### **A. Ubicación geográfica y política**

El proyecto se encuentra ubicado en:

Localidad : El Parco

Distrito : El Parco

Provincia : Bagua

Departamento : Amazonas

El Distrito de El Parco, lugar donde se desarrollará el presente proyecto, es de relieve accidentado, constituido básicamente por los contrafuertes de las cordilleras occidental y oriental de los Andes y los valles que descienden de estos contrafuertes hacia la hoya amazónica. Las variaciones en el relieve determinan que la morfología de la provincia de Bagua sea de dos tipos: Morfología de los Andes Septentrionales o Paramo: corresponde a

los terrenos de levada altura los que van de 1000 a 4000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas que oscilan entre los 6°C y 17°C como promedio. Son áreas geográficas marcadas por la cadena andina del norte punto de origen o nacimiento del río Huallabamba.

Morfología en la región Yunga Tropical (Rupa Rupa): corresponde a la zona de los valles de los ríos interandinos con afluencia en río selváticos como es el caso del río Utcubamba (con origen en chota).

### Mapa de localización



### Mapa de ubicación



*Figura 1:* Ubicación del proyecto

### **1.3.2 Descripción de la localidad**

La localidad que abarca el presente proyecto pertenece al distrito de El Parco ubicada en la Región Amazonas, Departamento de Amazonas, Provincia de Bagua.

El distrito de El Parco no cuenta con ninguna calle pavimentada, ni alguna obra de drenaje pluvial lo que representa una gran incomodidad de la población por la intransitabilidad de sus calles y la escasa o nula evacuación de las aguas pluviales causan inundaciones en épocas de lluvia que viene a ser un peligro para la población en general.

### **1.3.3 Vías de acceso**

El Distrito de El Parco, Provincia de Bagua, tiene acceso desde la carretera Fernando Belaúnde Terry mediante un desvío a la altura del Reposo, llegando hasta la localidad de Bagua desde el Reposo a una distancia aproximada de 18 km, y el tramo Bagua – El Parco es vía carretera afirmada en regular estado de conservación a 9Km.

El Pavimentado de El Distrito El Parco. Se considerará la **Avenida Túpac Amaru, Calle San Martín, Jr. José Olaya, Jr. Bolívar, Jr. Jorge Chávez, Jr. Bagua, parte del Jr. Amazonas, y Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Atahualpa, Jr. Huáscar y Jr. S/N 01 y 02** se debe mantener la doble vía, para el caso de las avenidas; los jirones y calles será de un solo carril.

### **1.3.4 Población beneficiaria**

La población a beneficiar en forma directa serán los pobladores de las localidades de El Parco.

La población actual de la localidad a beneficiaria es de 1757 habitantes.

La gran mayoría de esta población se dedica a la agricultura, ganadería, complementada con crianza de aves menores en menor escala.

### **1.3.5 Evolución de la Población**

La evolución de la población, en el último periodo inter censal muestra la tasa de crecimiento poblacional del Distrito de El Parco con una tasa de crecimiento de 4.10%, calculada en base a la población según el INEI.

| POBLACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|---|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| PROVINCIA / DISTRITO                          | %             | POBLACIÓN    |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|   |               | 2007*        | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         | 2021         | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         |
| DISTRITO EL PARCO                             | 100.00        | 1,274        | 1,688        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| EL PARCO                                      | 104.10        | 1,274        | 1,757        | 1,829        | 1,904        | 1,982        | 2,063        | 2,148        | 2,236        | 2,328        | 2,423        | 2,523        | 2,626        |
| <b>Total</b>                                  | <b>104.10</b> | <b>1,274</b> | <b>1,757</b> | <b>1,829</b> | <b>1,904</b> | <b>1,982</b> | <b>2,063</b> | <b>2,148</b> | <b>2,236</b> | <b>2,328</b> | <b>2,423</b> | <b>2,523</b> | <b>2,626</b> |

\* Fuente: Censos Nacionales 2007 IX de Población IV de Vivienda (INEI)

La Población proyectada, teniendo en cuenta la tasa de crecimiento intercensal calculada a partir de la proyección del INEI (1981-1993)

**Supuesto** : La Tasa de crecimiento poblacional de (1981 a 1993), se mantiene al 2010.

Formula General:  $P_f = P_p \times (TC + 1)^{(f-p)}$        $P_t$ : Población en el año 2015      TC: 0.041      En el Distrito el Parco

**Fuente:** Elaboración propia.

## Composición de la Población

La población estimada de El Distrito el Parco es de 1,757 habitantes.

### 1.3.6 Características del problema principal por el cual se requiere el proyecto

Actualmente en la localidad de El Parco no existe ninguna obra de pavimentación y mucho menos de drenaje pluvial y ornato público (áreas verdes, alameda), y por tal motivo los pobladores muestran su incomodidad por la intransitabilidad de sus calles, el ornato de su localidad y el gran peligro que representa las aguas pluviales.

Los pobladores de este distrito están propensos a sufrir desastres naturales, enfermedades de la piel, epidemias y parasitosis, como consecuencia de la falta de evacuación de las aguas de lluvia.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema**

##### **2.1.1 Antecedentes del problema**

La situación de la infraestructura física negativa que presenta las Avenidas, Calles y Jirones del Distrito El Parco, da origen al problema como la inadecuada transitabilidad, afectando directamente a las familias afincadas en esta a través de la emisión de partículas suspendidas, tránsito restringido, formación de lodos, charcos, desalineamiento de la vía; afectando el acceso también a las vías de su entorno ,y a la población que está dentro del radio de influencia ya que dificulta el desplazamiento normal de las personas y vehículos.

La Municipalidad Distrital de El Parco a través del presente proyecto, intenta incorporar una nueva forma de producir desarrollo urbano en el espacio público para consolidar la localidad, articulando la participación de diferentes actores, y buscando elevar la calidad de vida y participación ciudadana.

El propósito del proyecto está orientado a reducir la deficiencia de la infraestructura de esta avenida a nivel de su pavimentación de calzada, áreas verdes, veredas, y drenaje Pluvial, con la finalidad de mejorar la accesibilidad a las viviendas, el tránsito vehicular y peatonal y de esta manera fortalecer el nivel social y la organización local, y mejorar la calidad ambiental del entorno.

##### **2.1.2 Planteamiento del problema**

El distrito de Parco en los últimos años ha logrado un crecimiento demográfico y económico que debe de ir a la par con sus servicios básicos y de transitabilidad. Las lluvias provocan el deterioro de las calles, produciéndose así malestar en la población y los visitantes.

Es preciso levantar información técnica respecto a este problema ya que en la actualidad no existe un proyecto que busque solucionar este problema. Es por ello que resulta relevante desarrollar la presente tesis y sentar la base técnica para un futuro proyecto de inversión pública.



### 2.1.3 Delimitación del problema

#### **Delimitación geográfica**

El presente proyecto está delimitado en un primer plano al contexto distrital, dentro del territorio geográfico del distrito de Parco, provincia de Bagua, Región Amazonas.

#### **Delimitación temporal**

Esta investigación es de actualidad, por cuanto el tema del drenaje pluvial en la Localidad de Parco se hace necesario lo más pronto posible para mejorar la calidad de vida de los pobladores. El tiempo programado para su elaboración es de cinco meses.

#### **Delimitación conceptual**

Esta investigación se delimitará al diseño hidráulico del drenaje pluvial del Centro de la Localidad de Parco.

### 2.1.4 Formulación del problema

Debido a lo expuesto, considerando los perjuicios que causan el no contar con un buen sistema de drenaje pluvial. Se presenta la siguiente interrogante: **¿se podrá desarrollar una alternativa de diseño del sistema de drenaje en la Localidad de Parco Distrito de Parco Provincia de Bagua Región Amazonas que permita mejorar la transitabilidad de las calles y evitar el deterioro de las viviendas?**

### 2.1.5 Características de las obras a ejecutarse para resolver el problema

Se construirá 13022.43 m<sup>2</sup> de pavimento rígido incluyendo los estacionamientos temporales en las calles principales avenidas y jirones, con el fin de renovar totalmente el estado actual de estas vías de tránsito como son: Av. Túpac Amaru, Av. San Martín, Jr. José Olaya. Jr. Bolívar, Jr. Jorge Chávez, Jr. Bagua. Jr. Amazonas, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Atahualpa, Jr. Huáscar, y Calles S/N 1 y 2 las cuales son indispensables para la transitabilidad vehicular y peatonal en este distrito.

Se construirá el sistema de drenaje pluvial urbano del distrito El Parco que consta de 1912.83 ml de canaletas techadas de concreto armado con respectivas tapas de inspección de concreto prefabricadas de 0.50 x 0.60 m y rejillas metálicas de inspección de 0.70 x 1.00 que son indispensables para la evacuación de las aguas de lluvia y así mejorar la calidad de vida de la población.

Se construirá áreas en todos los jirones del distrito y una alameda en las cuadras 06 a 09 de la av. Túpac Amaru lo cual mejorará el ornato público del distrito y la comodidad de los vecinos parquinos.

Se construirá las veredas matillos y rampas de todas las calles pavimentadas del distrito en total 4383.89 m<sup>2</sup> de veredas con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

## **2.2 Objetivos**

### **2.2.1 Objetivo general**

Proponer y desarrollar una alternativa técnica de diseño del sistema de drenaje pluvial en la Localidad de Parco que permita evitar los daños ocasionados por las precipitaciones pluviales y su posterior empleo en la elaboración del PIP del proyecto por parte de las autoridades locales.

### **2.2.2 Objetivos específicos**

Realizar el estudio hidrológico correspondiente para poder determinar el caudal de diseño de las cunetas y alcantarillas.

Realizar el estudio topográfico correspondiente para poder diseñar y proyectar el sistema de drenaje

Desarrollo estructural de todas las obras de drenaje pluvial

## **2.3 Justificación de la investigación**

El presente trabajo se justifica por las siguientes razones:

### **2.3.1 Justificación teórica**

Brinda la oportunidad de aplicar los conocimientos de hidrología y de drenaje urbano, y de verificar su aplicabilidad a la Localidad de Parco.

Parco tiene una superficie menor de trece kilómetros cuadrados, por lo cual es posible aplicar el método racional, además de permitir contrastar la distribución de log Pearson tipo III y la distribución Gumbel tipo I

### **2.3.2 Justificación viable**

Los resultados de la presente tesis puede ser utilizada para la elaboración del proyecto a ser llevada a su ejecución por las autoridades locales entre ellos el alcalde del distrito de Parco . Cuyo presupuesto puede obtenerse según las gestiones que se realicen, ya que es una obra necesaria con miras hacia el futuro desarrollo urbanístico de la zona.

### **2.3.3 Justificación practica**

El diseño un sistema drenaje pluvial permite una mejor transitabilidad de los vehículos en épocas de lluvia, evitando la hidroplaneacion de los mismos.

Evita que las aguas que escurren a través de las vías ingresen a las viviendas, evitando así daños a los pobladores que puedan repercutir en su salud y economía.

Se evita el deterioro masivo de las calles que puedan ser causados por la infiltración, socavación y/o la aparición de charcos.

### **2.3.4 Justificación social**

Al dar un tratamiento a las aguas pluviales del distrito de Parco, se le brinda una mayor calidad de vida a la población. Además de que esta zona tiene mucha actividad turística, con unas calles en buen estado y con mejor transitabilidad se incrementan las posibilidades de tener más visitantes que por ende representan más ingresos para los pobladores.

## **2.4 Delimitación de la investigación**

### **2.4.1 Delimitación geográfica**

El presente proyecto está delimitado en un primer plano al contexto distrital, dentro del territorio geográfico del distrito de Parco, Provincia de Bagua Región Amazonas.

### **2.4.2 Delimitación temporal**

Esta investigación es de actualidad, por cuanto el tema del drenaje pluvial en Parco se hace necesario lo más pronto posible para mejorar la calidad de vida de los pobladores. El tiempo programado para su elaboración es de cinco meses.

### **2.4.3 Delimitación conceptual**

Esta investigación se delimitará al diseño hidráulico del drenaje pluvial de las vías de la Localidad de Parco.

## **2.5. Marco teórico**

### **2.5.1. Antecedentes de la investigación**

**Gálvez Álvarez, Hugo Alejandro (2004)**, en su tesis de investigación sobre “planificación y diseño de los sistemas de drenaje sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasaco, Jutiapa”, esta tesis manifiesta que para poder diseñar y construir deben tomarse en cuenta todos los factores humanos y los posibles impactos ambientales que puedan existir; esto implica gran responsabilidad al realizar proyectos de infraestructura en las comunidades, comenzando con llenar sus necesidades sin afectar otros aspectos y que las normas de diseño de instituciones públicas que se dedican a diseñar drenajes, se pudo establecer que es preferible la construcción de sistemas separativos de alcantarillado, con el propósito de facilitar el tratamiento de las aguas servidas, hasta un determinado nivel, tal que al verterlas a ríos o drenes naturales no causen contaminación.

**Beltrán Juárez, José Rafael (2010)**, en su tesis de investigación sobre “propuesta de mejoramiento del drenaje pluvial de la planta de tratamiento de aguas residuales”, esta tesis trata sobre la planta de tratamiento Ingeniero Arturo Pazos Sosa de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos brinda el servicio de sanear las aguas residuales domésticas de la población de la colonia Aurora II. Tiene como fines permitir a los estudiantes de la maestría efectuar ensayos de tratamiento, comparar los diferentes procesos y capacitar a los operadores de otras plantas, asimismo esta planta presenta un problema, debido a la gran intensidad de las precipitaciones, el drenaje pluvial no es capaz de drenar toda el agua, lo que causa la erosión del suelo y pone en peligro las estructuras de los diferentes tratamientos para las aguas residuales. Para solucionar este problema se debe realizar un estudio y verificar la capacidad del sistema de drenar el agua y hacer un nuevo diseño, además incorporar obras para disipar la energía del flujo y proteger los taludes.

**De León Acosta, Erik Braulio (2009)**, en su tesis de investigación sobre “proyecto para la rehabilitación del drenaje pluvial en motozintla Chiapas”, esta tesis tiene como objetivo incrementar la colocación de tuberías de agua potable y la construcción de alcantarillado de

aguas pluviales ya que la falta de estos servicios es una problemática existente en el municipio. Esto se pretende hacer mejorando la administración de sus órganos operativos a nivel municipal y cuidando la infraestructura existente. Motozintla- Chiapas-Mexico-2009.

**Antonio Carpio, Henry (2011)**, en su tesis sobre propuesta de diseño del drenaje pluvial, alcantarillado sanitario y planta de tratamiento para las aguas residuales del casco urbano y colonia “la entrevista” del municipio san Cayetano Istepeque, departamento de San Vicente-San Salvador; en este trabajo se presenta una propuesta de diseño del alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial y una planta de tratamiento para las aguas residuales

**Granda Acha, Rudy Rolandy (2013)**, “tesis en análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la urb. Angamos”, la presente tesis plantea el análisis de una red de drenaje en particular de la ciudad de Piura a través de uno de los modelos numéricos, la cual hace referencia a la evolución del concepto de drenaje urbano y a una de las principales causas de inundaciones urbanas en la actualidad como es la mala gestión del desarrollo urbano y hace una descripción general de la modelación numérica en hidráulica, así como del modelo numérico de drenaje urbano empleado para la simulación y análisis de la red propuesta en este trabajo. El área de donde se ha desarrollado la presente tesis, se encuentra ubicada en la Localidad de Parco el mismo que a lo largo de su recorrido va colectando las aguas pluviales provenientes de las áreas urbanas, tributarias en ambas márgenes.

El crecimiento del Distrito de Parco ha motivado la ocupación de espacios territoriales, que en su mayoría, al estado natural eran zonas topográficamente favorables para el escurrimiento de agua de lluvia, pero al realizarse la construcción de viviendas, estos han sido cerrados casi en su totalidad, creando dificultades en normal escurrimiento de las aguas pluviales. Este fenómeno ha motivado que en la actualidad las aguas de lluvia que caen el Distrito discurren por las calles sin un rumbo bien definidos, motivando el deterioro masivo de las calles e inundación de algunas viviendas menos favorecidas por la topografía.

#### **2.4.4 Marco teórico o fundamentación teórica de la investigación**

Cuando hablamos de investigación o estudios de diferentes tipos, siempre aparece el concepto abstracto. El mismo puede ser definido como aquel conjunto de ideas o teorías que tomara el investigador para guiar su trabajo para darle un marco ordenado y claro, esta será el espacio en el que esas ideas se pondrán en cuestión o se analizaran.

En el presente trabajo de investigación, se aplicarán teorías referidos a los estudios básicos de ingeniería:

Teorías de Hidrología superficial: Teoría de Gumbell, Log Pearson Tipo III.

Teorías de Mecánica de suelos: Teoría de la capacidad portante del suelo.

Teorías de la topografía: Teoría de levantamiento topográfico de áreas continentales, etc.

#### **2.4.4.1 Conceptos básicos sobre drenaje pluvial**

##### **2.4.4.1.1 Flujo de canales [1]**

**Canal uniforme:** es el de sección transversal constante.

**Flujo uniforme:** es cuando la pendiente de la superficie del agua es la misma del canal, por lo tanto, el tirante en cualquier lugar del canal permanece constante con el tiempo.

**Flujo estable:** ocurre si el tirante en cualquier lugar del canal permanece constante con el tiempo.

**Flujo continuo:** cuando la descarga es constante  $Q = V_1A_1 = V_2A_2$ , donde los sub índices representan diferentes secciones del canal. Esta situación se conoce como ecuación de continuidad para flujo estable.

**Flujo variado:** ocurre cuando el perfil longitudinal de la superficie del agua no está paralelo al fondo del canal, este flujo existente entre dos límites de las curvas de remanso, dentro de un salto hidráulico y en el canal con pendiente o descargas cambiantes.

##### **2.4.4.1.2 Descarga**

Se define como el volumen de agua que pasa por la sección por unidad de tiempo, se expresa en m<sup>3</sup>/s.

$$Q=VA$$

**Dónde:** V= Velocidad promedio en m/seg.

A= Área transversal del flujo en m<sup>2</sup>



#### 2.4.4.1.3 Velocidad Promedio

Se define como la descarga dividida entre el área de flujo

$$V=Q/A$$

#### 2.4.4.1.4 Área mojada o sección mojada

También llamada área hidráulica de un conducto, es el área de escurrimiento transversal.

#### 2.4.4.1.5 Perímetro mojado

Es la longitud en m, de una línea que limita el área transversal del flujo, menos la anchura libre de superficie.

#### 2.4.4.1.6 Radio hidráulico

Es la relación entre el área mojada y el perímetro mojado

#### 2.4.4.1.7 Tirante hidráulico

Es la distancia vertical en m, desde el fondo del canal hasta la superficie del agua.

Este tirante es exclusivo para condiciones específicas de descarga y del canal. Puede calcularse por tanteos cuando se conoce la forma, pendiente, rugosidad y descarga del canal.

Se expresa:

$$AR^{2/3} = Qn/s^{1/2}$$

**Dónde:**

A=0 Área del flujo en m<sup>2</sup>

R= radio hidráulico en m

Q= Cantidad de flujo o descarga en m<sup>3</sup>/seg.

N= Coeficiente de rugosidad de Manning

S= pendiente de la rasante de energía perdida de carga, en m, debidas a la fricción por ml de canal

#### 2.4.4.1.8 Tirante crítico (Yc) [2]

Es el tirante de flujo que, para un valor dado de energía específica, de la máxima descarga o, a la inversa, para descarga dada, la energía específica es mínima para el tirante crítico.

En la sección de pendiente suave corriente arriba del punto de tirante crítico, el tirante normal es mayor que el crítico, el flujo subcrítico, lo cual indica que la velocidad es menor que en el tirante crítico.

En la sección de pendiente más fuerte más abajo del punto de tirante crítico el tirante normal es menor que el crítico, el flujo se llama flujo supercrítico, la velocidad excede de la que hay en el tirante crítico.

El tirante crítico para cualquier sección puede calcularse por tanteos por la ecuación:

$$\frac{A^3}{T} = \frac{Q^2}{g}$$

Donde T = anchura en la parte superior del canal en m

Para canales rectangulares el tirante crítico puede calcularse por la ecuación:

$$dc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}}$$

#### **Dónde:**

dc = Profundidad crítica en m

Q = cantidad de flujo o descarga en m<sup>3</sup>/seg

b = Anchura del canal en m

La energía específica inicial es alta cuando el canal es plano debido al tirante normal grande, conforme disminuye el tirante corriente abajo, la energía específica también se reduce y llega a un mínimo.

#### 2.4.4.1.9 Ancho de la solera “B” [3]

Viene a ser la medida de la base o fondo del canal, también conocido como plantilla.

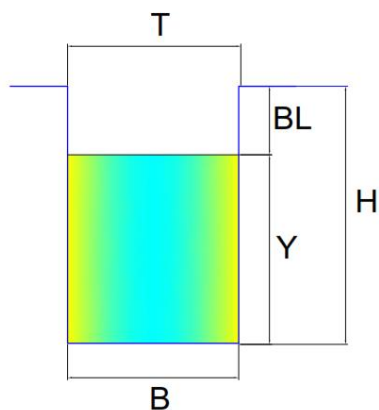
B = plantilla

T= espejo de agua

y = Tirante de agua

BL= Borde libre

H= Altura interior total de la estructura (Y+BL)



**Figura 2:** Elementos de geométricos de canal

**Tabla 1**

*Ancho de solera (b)*

| <b>Caudal Q m<sup>3</sup>/seg.</b> | <b>Plantilla (B) en m</b> |
|------------------------------------|---------------------------|
| Menor de 0.10                      | 0.30                      |
| Entre 0.10 y 0.20                  | 0.50                      |
| Entre 0.20 y 0.4                   | 0.75                      |
| Mayor a 0.4                        | 1.00                      |

**Fuente:** Ing. Máximo Villón Béjar, Hidráulica de Canales Pág. 137

#### **2.4.4.1.10 Coeficiente de rugosidad**

La rugosidad de un canal no permanece constante con el tiempo ni tampoco con el tirante de flujo, por el deterioro de la superficie y la acumulación de cuerpos extraños.

**Tabla 2***Coefficientes de rugosidad según el material*

| <b>TIPOS DE MATERIAL</b>          | <b>RUGOSIDAD (n)</b> |
|-----------------------------------|----------------------|
| Tierra: alineada y uniforme       | 0.025                |
| Roca: lisos y uniformes           | 0.033                |
| Dragados: con saliente            | 0.040                |
| Roca: con salientes               | 0.028                |
| Tierra con taludes ásperos        | 0.030                |
| Mampostería con piedra labrada    | 0.018                |
| Mampostería con piedra de cantera | 0.017                |
| Hormigón y concreto               | 0.016                |

**Fuente:** Ricardo Alfredo López, Diseño de acueductos y alcantarillados, Pág. 281

Si se quiere que un canal tenga un valor razonable constante durante toda su duración útil, es importante implantar un programa continuo de mantenimiento.

Por lo tanto, los valores promedios de  $n$  dados, sólo se recomiendan para canales bien conservados.

#### **2.4.4.1.11 Borde libre (BL) [4]**

Es la distancia vertical del extremo superior del borde del canal hasta la superficie del agua, a fin de absorber los niveles extraordinarios que puedan presentarse por encima del caudal de diseño. Esta distancia deberá ser suficiente, para prevenir el oleaje o fluctuaciones de la superficie líquida cuando existan aumentos del caudal.

Para conductos cerrados, funcionamiento a sección llena.

Para conductos abiertos el BL varía de 30 a 50 cm.

El BL varía de 30 cm para canales pequeños y de 120 cm para canales de 85 m<sup>3</sup>/seg.

El BL varía del 5 al 30% del tirante.

No existe una regla general para la determinación del BL., este parámetro será a juicio del proyectista según las fluctuaciones líquidas en el canal puedan originarse por diversos factores que son incontrolables.

#### **2.4.4.1.12 Carga de velocidad “Hv” [5]**

Se expresa  $H_v = V^2/2g$

Dónde: V= velocidad promedio en m

g = Aceleración debido a la gravedad en m/seg<sup>2</sup>

#### **2.4.4.1.13 Carga real de velocidad [6]**

Donde a es el llamado coeficiente de Coriolis, es un coeficiente empírico que representa el grado de turbulencia. Este puede variar desde alrededor de 1.03 a 1.36 para canales prismáticos, pero por lo general se toma 1.00 para trabajos hidráulicos prácticos.

#### **2.4.4.1.14 Carga específica de energía “He” [7]**

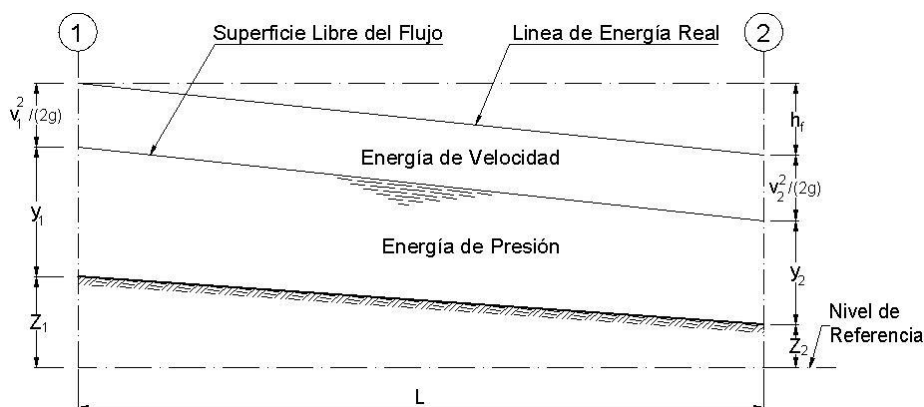
Viene a ser la energía total por kg de agua con relación con el fondo del canal en una sección vertical, se expresa en m.  $H_e = d + v^2/2g$

Dónde: d = Tirante del flujo en cualquier punto

$V^2/2g$  = carga de velocidad

Un perfil longitudinal de la elevación de la carga específica de energía se llama rasante de energía o línea de carga total.

Un perfil longitudinal de la superficie del agua se llama línea piezométrica



**Figura 3:** Esquema de energía en un tramo (Fuente: Frederick, Manual del Ingeniero Civil, Pág. 21-48)

#### 2.4.4.1.15 Salto hidráulico [8]

Viene a ser el aumento abrupto en el tirante de agua que circula con gran rapidez. El flujo en el salto cambia de una etapa supercrítica a una subcrítica, con pérdida de energía cinética.

Un salto hidráulico es el único medio por el cual el tirante puede cambiar de menos de crítica a más de crítica en un canal uniforme.

Un salto ocurre por dos condiciones:

Cuando exista flujo supercrítico en un canal de pendiente subcrítica, esta condición ocurre cuando existe cambio abrupto en la pendiente del canal.

Cuando un canal de mucha pendiente entra a un depósito. Esta condición ocurre cuando el flujo en el canal de pendiente pronunciada está bloqueado por una obstrucción.

El cambio en el tirante ocurre sobre una distancia finita, conocida como longitud del salto.

El tirante antes de un salto es el tirante inicial y el tirante después del salto es el tirante subsiguiente. La energía específica para el tirante subsiguiente es menor que para el tirante inicial debido a la disipación de energía dentro del salto.

La pérdida de carga en cualquier salto es igual que la diferencia en su carga de

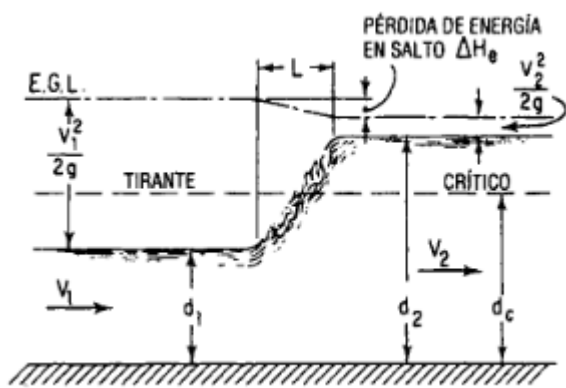
Energía específica antes y después del salto. La diferencia se expresa:

$$\Delta H_e = H_{e1} - H_{e2}$$

**Dónde:**

He1 = carga de energía específica de la corriente antes del salto en m

He2 = carga de energía específica de la corriente después del salto en m



**Figura 4:** Salto hidráulico (Fuente: Frederick, Manual del Ingeniero Civil, Pág. 21-57)

#### 2.4.4.1.16 Longitud de salto hidráulico

Viene a ser la distancia horizontal desde el extremo de aguas arriba de la onda, hasta un punto en la superficie elevada inmediatamente aguas debajo de la cesación de la turbulencia violenta.

#### 2.4.4.1.17 Sección de máxima eficiencia hidráulica [9]

Se dice que una sección es de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área, pendiente y calidad de paredes deja pasar un gasto máximo. O bien, es aquella que para el mismo gasto, pendiente y calidad de paredes tiene un área mínima.

Así, por ejemplo, en un canal rectangular  $z = 0$ , de donde  $m = 2$ . Significa esto que en un canal rectangular la máxima eficiencia hidráulica se obtiene cuando el ancho es igual al doble del tirante.

A continuación, se presenta el siguiente cuadro con los datos de diferentes secciones de Máxima eficiencia hidráulica:

**Tabla 3***Secciones de máxima eficiencia hidráulica*

| <b>Sección</b>                       | <b>Área<br/><math>A</math></b> | <b>Perímetro<br/>Mojado<br/><math>P</math></b> | <b>Radio<br/>Hidráulico<br/><math>R</math></b> | <b>Ancho<br/>Superficial<br/><math>T</math></b> | <b>Tirante<br/>Hidráulico<br/><math>d</math></b> | <b>Factor<br/>Hidráulico<br/><math>Z</math></b> |
|--------------------------------------|--------------------------------|--|--|---|--|---|
| Trapezio<br>(mitad de un hexágono)   | $\sqrt{3}y^2$                  | $2\sqrt{3}y$                                   | $\frac{y}{2}$                                  | $\frac{4}{3}\sqrt{3}y$                          | $\frac{3}{4}y$                                   | $\frac{3}{2}y^{\frac{5}{2}}$                    |
| Rectángulo<br>(Mitad de un cuadrado) | $2y^2$                         | $4y$   | $\frac{y}{2}$                                  | $2y$  | $y$  | $2y^{\frac{5}{2}}$                              |
| Triángulo<br>(Mitad de un cuadrado)  | $y^2$                          | $2\sqrt{2}y$                                   | $\frac{1}{4}\sqrt{2}y$                         | $2y$  | $\frac{y}{2}$                                    | $\frac{\sqrt{2}}{2}y^{\frac{5}{2}}$             |
| Semicírculo                          | $\frac{\pi}{2}y^2$             | $\pi y$  | $\frac{1}{2}y$                                 | $2y$  | $\frac{\pi}{4}y$                                 | $\frac{\pi}{4}y^{\frac{5}{2}}$                  |
| Parábola<br>$T = 2\sqrt{2}y^2$       | $\frac{4}{3}\sqrt{2}y^2$       | $\frac{8}{3}\sqrt{2}y$                         | $\frac{1}{2}y$                                 | $2\sqrt{2}y$                                    | $\frac{2}{3}y$                                   | $\frac{8}{9}\sqrt{3}y^{\frac{5}{2}}$            |
| CATENARIA                            | $1.39586y^2$                   | $2.9836y$                                      | $0.46784y$                                     | $1.917532y$                                     | $0.72795y$                                       | $1.19093y^{\frac{5}{2}}$                        |

**Fuente:** Rocha Felices Arturo, Hidráulica de Tuberías y Canales, Pág. 315



#### 2.4.4.2 El método racional

Se utiliza este método si el área a drenar son no mayores a 13 km<sup>2</sup>

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente  $c$  (coef. Escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Considerar que la duración de  $P$  es igual al  $T_c$ .

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278CIA$$

#### Dónde:

Q: Descarga máxima de diseño ( $m^3/s$ )

C: coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

#### 2.4.4.3 Coeficientes de escorrentía

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

Características de la superficie.

Tipo de área urbana

Intensidad de lluvia teniendo en cuenta su tiempo de retorno

Pendiente del terreno

Condición futura dentro del horizonte de vida del proyecto.

El diseñador puede tomar en cuenta otros efectos que considere apreciables como la proximidad del nivel freático, porosidad del subsuelo, almacenamiento por depresiones del terreno, etc.

Las siguientes tablas 1a, 1b, 1c, pueden usarse para la determinación de los coeficientes de escorrentía

**Tabla 4***Valores del coeficiente de escorrentía según el método racional*

| <b>Tipo de área de drenaje</b>       | <b>“C”</b>  |
|--------------------------------------|-------------|
| <b>Comerciales</b>                   |             |
| Negocios                             | 0.70 - 0.95 |
| Zonas de vecindario                  | 0.50 - 0.70 |
| <b>Residenciales</b>                 |             |
| Zonas unifamiliares                  | 0.30 - 0.50 |
| Zonas multifamiliares separadas      | 0.40 - 0.60 |
| Zonas multifamiliares contiguas      | 0.60 - 0.75 |
| <b>Residencial suburbana</b>         | 0.25 - 0.40 |
| <b>Zonas residenciales de dptos.</b> | 0.50-0.70   |
| <b>Zonas industriales</b>            |             |
| Poco densas                          | 0.50 - 0.80 |
| Densas                               | 0.60 - 0.90 |
| <b>Césped, suelo arenoso</b>         |             |
| LLANO, 2%                            | 0.05 -0.10  |
| Mediano, 2%-7%                       | 0.10 - 0.15 |
| Escarpado, 7%                        | 0.15 - 0.20 |
| <b>Césped, suelo, gravoso</b>        |             |
| LLANO, 2%                            | 0.13 - 0.17 |
| Mediano, 2%-7%                       | 0.18 - 0.22 |
| Escarpado, 7%                        | 0.25 - 0.35 |

**Fuente:** Delgado Ramírez, Fernando y Sánchez Pérez, Lleni. Tesis: “Diseño Hidráulico y Estructural del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano del Sector Progreso – Margen Izquierda Quebrada Chocllino en la Banda de Shilcayo”; Pág. 12

Los parámetros para la determinación del valor del coeficiente de escorrentía según el método Mac Math, se encuentran plasmados en la siguiente tabla

**Tabla 5**

*Valores de la determinación del coeficiente de escorrentía según el método Mac Math*

| <b>Vegetación</b>  | <b>C1</b> | <b>Suelo</b>      |      | <b>Topografía</b>  | <b>C3</b> |
|--------------------|-----------|-------------------|------|--------------------|-----------|
| <b>Cobertura %</b> |           | <b>Textura C2</b> |      | <b>Pendiente %</b> |           |
| 100                | 0.08      | Arenosa           | 0.08 | 0.00 – 0.20        | 0.04      |
| 80 - 100           | 0.12      | Ligera            | 0.12 | 0.20 – 0.50        | 0.06      |
| 50 – 80            | 0.16      | Mediana           | 0.16 | 0.50 – 2.00        | 0.06      |
| 20 – 50            | 0.22      | Fina              | 0.22 | 2.00 – 5.00        | 0.10      |
| 0 – 20             | 0.30      | Pesada            | 0.30 | 5.00 – 10.00       | 0.15      |

**Fuente:** Delgado Ramírez, Fernando y Sánchez Pérez, Lleni. Tesis: “Diseño Hidráulico y Estructural del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano del Sector Progreso – Margen Izquierda Quebrada Chocliño en la Banda de Shilcayo”; Pág. 12

#### **2.4.4.3.1 Intensidad de las lluvias [10]**

La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de la lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto y cuyo periodo de retorno es igual al diseño de la obra de drenaje.

Es decir que para determinarla usando la curva de intensidad – duración – frecuencia (IDF) aplicable a la zona urbana 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.

#### **2.4.4.3.2 Curva intensidad – duración – frecuencia**

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la

duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{Td}$$

Donde P es la profundidad de lluvia (mm) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del período de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor valor observado correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

#### **2.4.4.3.3 Selección del periodo de retorno [11]**

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

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

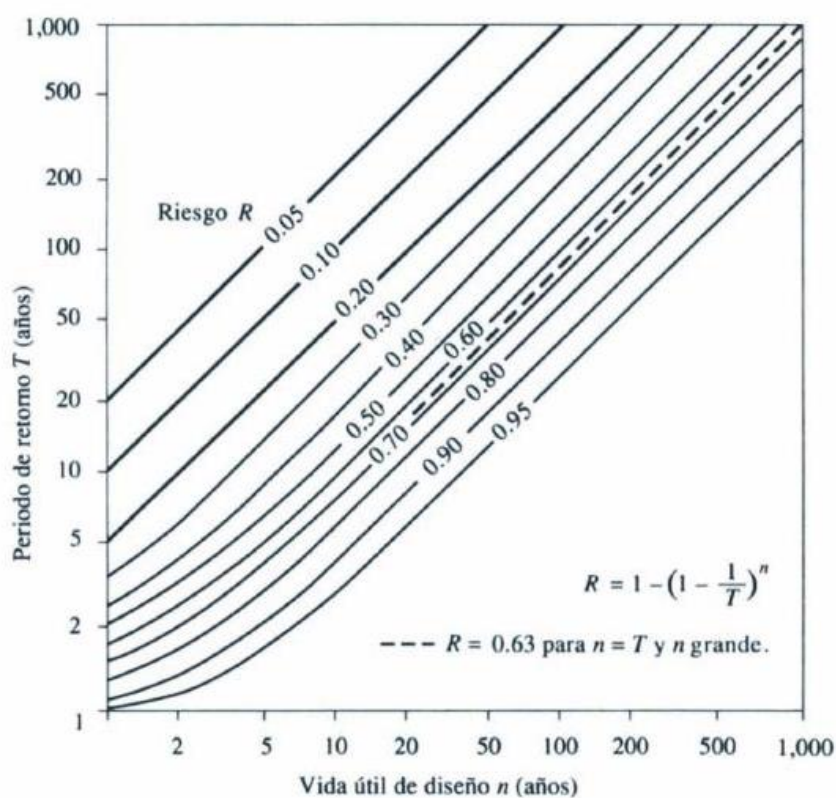
El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un

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

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

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

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



**Figura 5:** Vida útil vs periodo de retorno (Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “Manual de Hidráulica y Drenaje”; Pág. 24)

En la Tabla 6 se presenta el valor  $T$  para varios riesgos permisibles  $R$  y para la vida útil  $n$  de la obra.

**Tabla 6***Valores de periodo de retorno T (años)*

| <b>Riesgo<br/>admisible</b> | <b>Vida útil de las obras (n años)</b> |      |      |      |     |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|--|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
|                             | <b>R</b>                               | 1    | 2    | 3    | 5   | 10   | 20   | 25   | 50   | 100  |
| 0.01                        | 100                                    | 199  | 299  | 498  | 995 | 1990 | 2488 | 4975 | 9950 | 9900 |
| 0.02                        | 50                                     | 99   | 149  | 248  | 495 | 990  | 1238 | 2475 | 4950 | 9900 |
| 0.05                        | 20                                     | 39   | 59   | 98   | 195 | 390  | 488  | 975  | 1950 | 3900 |
| 0.10                        | 10                                     | 19   | 29   | 48   | 95  | 190  | 238  | 475  | 950  | 1899 |
| 0.20                        | 5                                      | 10   | 14   | 23   | 45  | 90   | 113  | 225  | 449  | 897  |
| 0.25                        | 4                                      | 7    | 11   | 18   | 35  | 70   | 87   | 174  | 348  | 695  |
| 0.50                        | 2                                      | 3    | 5    | 8    | 15  | 29   | 37   | 73   | 154  | 289  |
| 0.75                        | 1.3                                    | 2    | 2.7  | 4.1  | 7.7 | 15   | 18   | 37   | 73   | 144  |
| 0.99                        | 1                                      | 1.11 | 1.27 | 1.66 | 2.7 | 5    | 5.9  | 11   | 22   | 44   |

**Fuente:** Ministerio de Transportes y comunicaciones, “Manual de Hidráulica y Drenaje”; Pág. 24

#### 2.4.4.4 Análisis estadístico de datos hidrológicos [12]

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

#### 2.4.4.5 Distribución Log Pearson tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Valido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < x$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Dónde:

$x_0$ : *parámetro de escala*

$\gamma$ : *parámetro de forma*

$\beta$ : *parámetro de escala*

#### 2.4.4.5.1 Distribución Gumbel tipo I

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

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

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

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Dónde:

$\alpha$ : *Parámetro de concentracion*

$\beta$ : *Parámetro de localizacion*

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

**Dónde:**

$x$ : *valor con una probabilidad dada*

$\bar{x}$ : *media de la serie*

$k$ : *factor de frecuencia*

#### 2.4.4.6 Tiempo de concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica igual al tiempo de concentración  $t_c$ . El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

El tiempo de concentración puede ser determinado usando una ecuación empírica desarrollada por Kirpich

$$T_c = (0.871 * L^3 / H)^{0.385} \dots\dots (1)$$

**Donde:**

$T_c$  = Tiempo de concentración en (hrs.)

$L$  = Longitud del curso de agua más largo en kilómetros (km.)

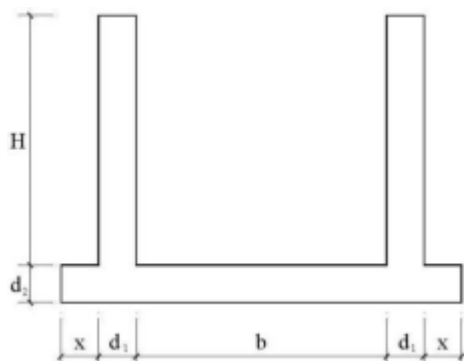
$H$  = Desnivel máximo del curso de aguas más largo en metros

#### 2.4.4.7 Diseño estructural de cunetas [13]

Consiste en determinar las dimensiones y cantidades de refuerzo que contendrá la cuneta en función de las sollicitaciones de carga que se presentan.

Sección típica a de una cuneta:



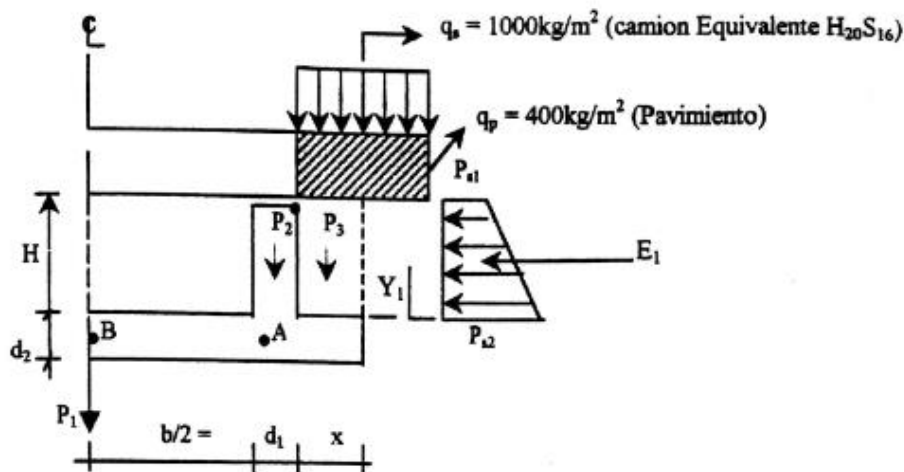


**Figura 6:** Sección típica de cuneta

En el cálculo estructural se tiene en cuenta los diferentes casos extremos que pueden presentarse durante la vida útil de la obra de arte, los casos extremos que se podrían presentar, son los siguientes:

#### 2.4.4.8 Cuando la cuneta esta sin agua, terreno seco

Con relleno a ambos lados de las paredes laterales, una sobrecarga equivalente del camión de diseño H20 S16 ( $q_s = 1000 \text{ Kg/m}^2$ ). Tal como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 7:** Poza sin agua, terreno seco

El momento en el punto A se genera por las presiones. Las expresiones de los esfuerzos que se generan son las siguientes:

$$K_a = Tg^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots (2)$$

$$P_{s1} = k_a \gamma_s h_{s/c} = k_a \gamma_s \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s} = k_a (q_s + q_p) \dots \dots (3)$$

$$h_{s/c} = \frac{(q_s + q_p)}{\gamma_s} \dots \dots (4)$$

$$P_{s2} = k_a \gamma_s (H + h_{s/c}) \dots \dots (5)$$

$$M_A = E_1 Y_1 \dots \dots (6)$$

**Dónde:**

$K_a$  = Coeficiente de empuje activo

$P_{si}$  = Presiones debidas a los empujes activos correspondientes ( $kg/m^2$ )

$\phi$  = Angulo de fricción interna en grados sexagesimales

$\gamma_s$  = Peso específico del suelo

$h_{s/c}$  = Altura equivalente en metros debido a la sobrecarga del camión H20s16 y del pavimento

$\gamma_a$  = Peso específico del agua ( $\gamma_a = 1000 \text{ Kg}/m^3$ )

$E_i$  = Empujes activos (Kg/m)

$y_i$  = Posición de los empujes activos respecto a la cara superior de la loza inferior del canal (m)

$H$  = Altura de las paredes laterales de la cuneta (m)

$M_A$  = Momento en el punto "A" (Kg -m)

El momento en el punto "B"

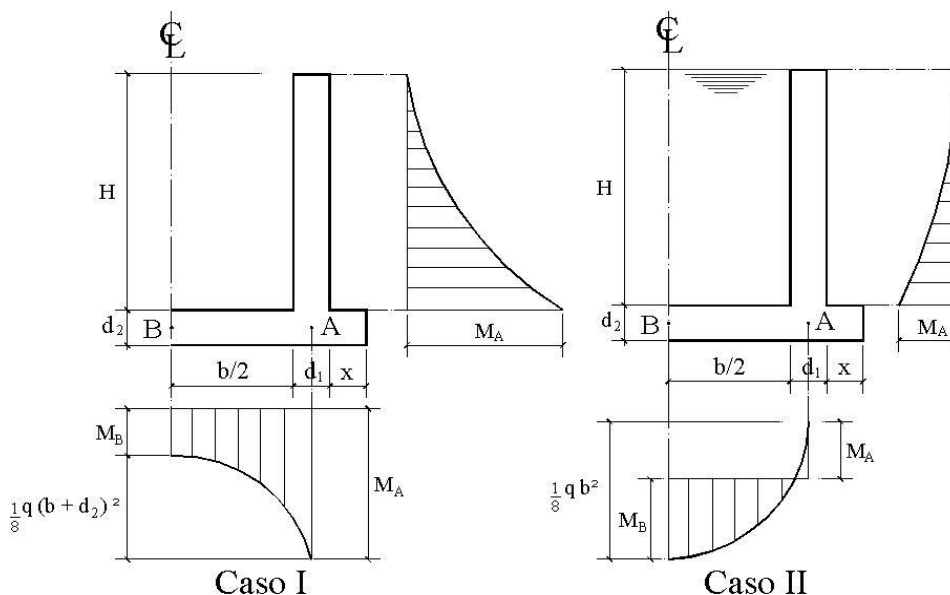
Se calcula tomando en cuenta  $M_A$  y sub-presión "q" ( $Kg/m^2$ )

$$q = \gamma_a (h + d_2) \dots \dots (7)$$

Luego según el gráfico siguiente se obtiene

$$M_B = M_A - \frac{1}{8} q (b + d_1)^2 \dots \dots (8)$$

El momento en el punto "B" puede ser positivo o negativo. A continuación, se muestra los diagramas de momentos para ambos casos (Caso I y Caso II):



**Figura 8:** Diagrama de momentos para el caso I y caso II

El peso de la estructura debe ser mayor que la sub-presión del agua, para evitar que la estructura vaya a flotar. El parámetro “F” es el denominado factor de seguridad contra la sub-presión y este factor tiene que ser mayor o igual a 1.10.

El peso de la estructura se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2\gamma_c \dots\dots\dots (9)$$

$$P_2 = d_1H\gamma_c \dots\dots\dots (10)$$

$$P_3 = \gamma_s Hx \dots\dots\dots (11)$$

Dónde:  $\gamma_c$  =Peso específico del concreto,  $\gamma_c = 2400 \text{ Kg/cm}^3$

La sub presión en Kg/m se puede expresar así

$$Q = q(b + 2d_1 + 2x) \dots\dots\dots (12)$$

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3 - Q}{(b + 2d_1 + 2x)10000} \dots\dots\dots (13)$$

Luego debe cumplirse que:

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} \geq 2 \dots\dots\dots (14)$$

$\sigma_T$  = Presión de la estructura sobre el terreno ( $\text{Kg/cm}^2$ )

$\sigma_t$  = Capacidad portante del suelo ( $\text{Kg/cm}^2$ )

#### 2.4.4.9 Cuando la cuneta está llena hasta la cota superior de la pared lateral

Con relleno a ambos lados de las paredes laterales, pero con el nivel freático por debajo de las cimentaciones y de estructura una sobrecarga del pavimento  $q_p = 400 \text{ kg/m}^2$ . Tal como se muestra en el gráfico a continuación:

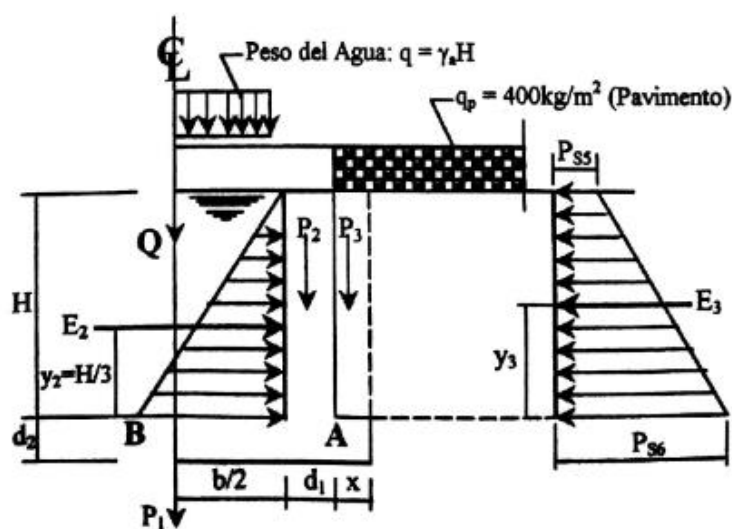


Figura 9: Poza llena hasta la cota superior de las paredes laterales, terreno seco

Para iniciar el cálculo se estima un primer valor para el espesor de las paredes y loza. Tomando una recomendación práctica, tanto para las paredes y loza con un valor inicial  $d=h/15$ , donde  $h$  es la altura de las paredes laterales.

Sin embargo, por razones constructivas (vaciado del concreto), se tiene que tomar como mínimo  $d_{mín} = 0.15m$

Luego se calcula para cada caso (caso I y caso II):

El momento en el punto A,

El momento en el punto B

La seguridad contra la sub-presión.

La presión de la estructura sobre el terreno.

El momento en el punto "A" se calcula según el gráfico, de donde se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$h' = \frac{q_p}{\gamma_s} \dots\dots (15)$$

$$Y_5 = \frac{H^2 + 3Hh'}{3(H + 2h')} \dots\dots (16)$$

Empuje del agua  $E_4 (Kg/m)$

$$E_4 = \frac{1}{2} \gamma_a H^2 \dots\dots (17)$$

$$E_5 = \frac{1}{2} K_a \gamma_s (H + 2h') H \dots\dots (18)$$

El momento en el punto "A"

$$M_A = \frac{1}{3} H E_4 - E_5 Y_5 \dots\dots (19)$$

El Momento en el punto "B" se calcula la siguiente ecuación:

$$M_B = -M_A + \frac{1}{8} q b^2 \dots\dots (20)$$

Dónde:

$$q = \gamma_a H \dots\dots (21)$$

Seguridad contra la sub-presión:

No es necesario porque en este caso la capa freática está por debajo de la losa del canal.

Presión de la estructura sobre el terreno ( $\sigma_t$ )

**Se tiene:**

$$P_1 = (b + 2d_1 + 2x)d_2\gamma_c \dots\dots\dots (22)$$

$$P_2 = d_1H\gamma_c \dots\dots\dots (23)$$

$$P_3 = \gamma_s Hx \dots\dots\dots (24)$$

$$Q = \gamma_a Hb \dots\dots\dots (25)$$

**Entonces:**

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2d_1 + 2x)10000} \dots\dots\dots (26)$$

Luego, el Factor de seguridad “F” debe cumplir lo siguiente:

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} \geq 2.00$$

Dónde:

$\sigma_T$  = Presión de la estructura sobre el terreno ( $Kg/cm^2$ )

$\sigma_t$  = Capacidad portante del suelo ( $Kg/cm^2$ )

#### **2.4.4.10 Cálculo de refuerzo**

El refuerzo se calcula conforme a la norma para concreto ciclópeo y armado del Reglamento Nacional de Construcciones y en base al diseño a la rotura. La calidad del concreto será  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y la calidad de la armadura  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

##### **2.4.4.10.1 Criterios generales para el diseño**

###### **2.4.4.10.1.1 Refuerzo de repartición por contracción y temperatura (Ast)**

Es el refuerzo perpendicular al principal. Los espaciamientos “S” permisibles son:

$$0.45m > S < 5d \dots\dots\dots (27)$$

$$S = A_b / A_s \dots\dots\dots (28)$$

Cuantías Mínimas a usar, serán:

$$\text{Para muros: } \rho_{\text{mint}^\circ} = 0.0025 \dots\dots\dots (29)$$

$$\text{Para losas: } \rho_{\text{mint}^\circ} = 0.0018 \dots\dots\dots (30)$$

Luego las áreas de refuerzo por temperatura “ $As_{t^{\circ}}$ ” serán:

**Para muros:  $As_{t^{\circ}} = 0.0025bd_T$ ..... (31)**

**Para losas:  $As_{t^{\circ}} = 0.0018bd_T$ ..... (32)**

**Dónde:**

$S$  = Espaciamiento entre barras de acero, distribuidos en un metro de ancho.

$d_T$  = Altura total o espesor total del elemento en (cm)

$As$  = Área total del refuerzo (cm<sup>2</sup>)

$b$  = Ancho del elemento, para nuestro caso  $b = 100$  cm

#### **2.4.4.10.2 Refuerzo mínimo de elementos sujetos a tracción ( $As_{min}$ )**

Las Cuantías Mínimas a usar para  $f_y = 4\ 200$  kg/cm<sup>2</sup>, serán:

**Para muros:  $\rho_{mint^{\circ}} = 0.0017$ ..... (33)**

**Para losas:  $\rho_{mint^{\circ}} = 0.0015$ ..... (34)**

Luego las áreas de refuerzo por temperatura “ $As_{min}$ ” serán:

**Para muros:  $As_{min} = 0.0015bd$ ..... (35)**

**Para losas:  $As_{min} = 0.0017bd$ ..... (36)**

**Dónde:**

$d$  = Distancia de la fibra extrema en compresión al centro del refuerzo de tracción (cm).

#### **2.4.4.10.2.1 Recubrimiento de concreto para el refuerzo**

Consideramos lo siguiente:

**Tabla 7***Recubrimientos*

|          |   |
|----------|---|
| r=0.075m | Para el refuerzo de zapatas y otros miembros estructurales principales en los que el concreto se deposita contra el suelo.          |
| r=0.050m | Para barras mayores que la N° 5(ø5/8”) en superficie de concreto que van a estar en contacto con el suelo después del desencofrado. |
| r=0.050m | Para barras menores que la N° 4(ø1/2”) en superficie de concreto que van a estar en contacto con el suelo después del desencofrado. |

**Fuente:** Elaboración del autor

**2.4.4.10.3 Elementos rectangulares con refuerzo de tracción únicamente**

$$As = \frac{Mu}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \dots \dots (37)$$

$$a = \frac{As f_y}{0.85 f'_c b} \dots \dots (38)$$

Dónde:

$As$  = Área del refuerzo en tracción (cm<sup>2</sup>)

$f_y$  = Límite de fluencia del refuerzo, se usará  $f_y = 4\ 200\text{ kg/cm}^2$

$d$  = Distancia de la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tracción (cm)

$a$  = Profundidad del prisma rectangular de esfuerzos (cm)

$f'_c$  = Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, se usará  $f'_c = 2100\text{ kg/cm}^2$

$b$  = Ancho de la cara en compresión de un elemento sujeto a flexión (cm), para nuestro caso

$b = 100\text{ cm}$

$\phi$  = Factor de reducción de capacidad, se usará el factor para flexión y tracción simple  $\phi = 0.90$

La cuantía ( $\rho$ ) del refuerzo no excederá de 0.75 de la cuantía balanceada ( $\rho_b$ ), que produce la condición de falla balanceada, o sea debe cumplirse.

$$\rho = \frac{A_s}{bd} < 0.75\rho_b \dots\dots (39)$$

$$\rho_b = \frac{0.85\beta f'_c}{f_y} \cdot \frac{6100}{6100+f_y} \dots\dots 40$$

**Dónde:**

$\beta = 0.85$  Para  $f'_c$  hasta  $280 \text{ kg/cm}^2$  y se reducirá de 0.05 por cada  $70 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia en exceso de  $280 \text{ kg/cm}^2$

Para concreto de  $f'_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$  y  $f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ , la  $\rho_{min} = 0.016$

#### 2.4.4.10.4 Resistencia a la rotura por fuerza cortante ( $\tau$ )

El esfuerzo cortante nominal en la rotura " $\tau_u$ ", como medida de la tracción diagonal, es:

$$\tau_u = \frac{Vu}{bd}$$

El esfuerzo cortante nominal que tomará el concreto " $\tau_c$ " es:

$$\tau_c = 0.50\phi \sqrt{f'_c}$$

**Dónde:**

$$Vu = 1.8V$$

$V$  = Cortante en el elemento, producto del análisis estructural

$\phi$  = Factor de reducción,  $\phi = 0.85$  (para elementos sometidos a tracción diagonal, adherencia y anclaje)

Debe cumplirse lo siguiente:

$$\tau_u < \tau_c (ok)$$



## **2.4.5 Definición de términos básicos**

### **2.4.5.1 Hidrología [14]**

Ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas, físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo los seres vivos.

La hidrología es utilizada principalmente en relación con el diseño y construcción de estructuras hidráulicas. Para la determinación de caudales máximos que se pueden esperar en un vertedor en una alcantarilla de un sistema de alcantarillado urbano. La capacidad que se requiere para asegurar el suministro adecuado de agua para una zona de riego o para el abastecimiento de una ciudad. El efecto que producen los embalses y otras obras de control sobre las avenidas. El agua que puede bobearse sin sobre explotar un acuífero.

La lluvia o precipitación que cae al suelo se distribuye de diferentes formas:

Almacén superficial

Almacenamiento por filtración en el suelo (retención y detención)

El almacenamiento por retención se sostiene por un periodo largo y se agota por evaporación

El almacenamiento por detención es por un periodo corto que se agota por el flujo hacia fuera del almacenamiento

El flujo fuera del almacenamiento de detención puede ser:

Flujo no saturado a través del suelo no saturado, cerca de la superficie terrestre.

Flujo de aguas subterráneas, a través de los acuíferos saturados más profundos

Escurrimiento superficial, a través de la superficie terrestre

### **2.4.5.2 Precipitación, intensidad y duración [15]**

Se llama precipitación a aquellos procesos mediante los cuales el agua cae de la atmosfera a la superficie de la tierra en forma de lluvia (precipitación pluvial), nieve o granizo. La precipitación es la componente principal en la generación del escurrimiento superficial y subterráneo.

La magnitud de los escurrimientos superficiales está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial. Por este motivo, los estudios de alcantarillado parten del estudio de la precipitación para estimar los gastos de diseño que permiten dimensionar las obras de alcantarillado.

La medición de la precipitación se ha llevado a cabo principalmente con aparatos climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos. Ambos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm), la cual se interpreta como la altura del nivel del agua que se acumularía sobre el terreno sin infiltrarse o evaporarse sobre un área unitaria. La diferencia entre los dispositivos de medición consiste en que el primero mide la precipitación acumulada entre un cierto intervalo de tiempo de lectura (usualmente 24h) y el segundo registra en una gráfica (pluviograma) la altura de la lluvia acumulada de acuerdo al tiempo, lo que es más útil para el diseño de obras de alcantarillado.

La ventaja de usar registros de los pluviógrafos con respecto de los pluviómetros radica en que se pueden calcular intensidades máximas de lluvia para duraciones predeterminadas que posteriormente pueden ser transformadas en gasto de diseño para estructuras de alcantarillado.

La intensidad de la lluvia y duración son dos conceptos asociados entre sí.

Intensidad. Se define como lámina o altura de lluvia acumulada por unidad de tiempo usualmente se especifica en mm/h.

Duración. Es el intervalo de tiempo que dura la lluvia, definiéndose en minutos

#### **2.4.5.3 Cuenca hidrológica [16]**

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

Una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Aparicio, 1997)

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

#### **2.4.5.4 Escurrimiento [17]**

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca.

El agua proveniente de la precipitación que llega hasta la superficie terrestre, una vez que una parte ha sido interceptada y evaporada, sigue diversos caminos hasta llegar a la salida

de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo.

Una vez que la precipitación alcance la superficie del suelo, se infiltra hasta que las capas superiores del mismo se saturan. Posteriormente, se comienzan a llenar las depresiones del terreno y al mismo tiempo el agua comienza a escurrir sobre su superficie. Este escurrimiento, llamado flujo en la superficie del terreno se produce mientras el agua no llegue a cauces bien definidos (es decir, que no desaparecen entre dos tormentas sucesivas). En su trayectoria hacia la corriente más próxima, el agua que fluye sobre el terreno se sigue infiltrando, e incluso se evapora en pequeñas cantidades. Una vez que llega a un cauce bien definido se convierte en escurrimiento en corrientes.

El flujo sobre el terreno, junto con el escurrimiento en corrientes, forma el escurrimiento superficial. Una parte del agua de precipitación que se infiltra escurre cerca de la superficie del suelo y más o menos paralelamente a él. A esta parte del escurrimiento se le llama escurrimiento subsuperficial; la otra parte, que se infiltra hasta niveles inferiores al freático, se denomina escurrimiento subterráneo.

De los tres tipos de escurrimiento, el superficial es el que llega más rápido hasta la salida de la cuenca. Por ello está relacionado directamente con una tormenta particular y entonces se dice que proviene de la precipitación en exceso o efectiva y que constituye el escurrimiento directo. El escurrimiento subterráneo es el que de manera más lenta llega hasta la salida de la cuenca (puede tardar años en llegar), y, en general, difícilmente se le puede relacionar con una tormenta particular, a menos que la cuenca sea demasiado pequeña y su suelo muy permeable. Debido a que se produce bajo el nivel freático, es el único que alimenta a las corrientes cuando no hay lluvias y por eso se dice que forma el escurrimiento base.

El escurrimiento sub superficial puede ser casi tan rápido como el superficial o casi tan lento como el subterráneo, dependiendo de la permeabilidad de los estratos superiores del suelo; por ello es difícil distinguido de los otros dos. Cuando es relativamente rápido se le trata junto con el escurrimiento superficial, y cuando es relativamente lento se le considera parte del subterráneo.

La clasificación anterior, aunque ilustrativa, no deja de ser arbitraria. El agua puede comenzar su viaje hacia la corriente como flujo superficial e infiltrarse en el camino, terminando como escurrimiento subsuperficial o subterráneo. A la inversa, el escurrimiento sub superficial puede emerger a la superficie si en su camino se encuentra con un estrato muy permeable que aflora en una ladera. Lo importante en realidad es la rapidez con que

una cuenca responde a una tormenta, pues esto es lo que determina la magnitud de las correspondientes avenidas.

#### **2.4.6 Marco histórico**

El distrito de Parco, no ha tenido un sistema de drenaje pluvial debido a la falta de apoyo técnico y económico de sus autoridades. Los pobladores se han visto en problemas debido al estancamiento de las aguas pluviales y el deterioro de sus calles. La infiltración del agua de lluvia en el sistema de desagüe provoca el colapso de las redes, provocando que las aguas servidas salgan a la superficie.

A esto se suma a que la superficie del distrito de Parco cuenta con muy poca pendiente, haciendo de suma urgencia que se cuente con un proyecto integral del drenaje pluvial para que la municipalidad pueda proyectar obras de mejoramiento por etapas.

Hasta el momento no han existido más proyectos de mejoramiento pluvial, siendo este el primero.

#### **2.5 Hipótesis a demostrar**

Para el desarrollo de este proyecto de Investigación nos planteamos la siguiente hipótesis;

“Con los resultados del Estudio Hidrológico, Estudio Topográfico y de Mecánica de suelos, es posible diseñar el sistema de drenaje pluvial urbano en el Distrito de Parco, Provincia de Bagua – Región Bagua, que permita evacuar los caudales producidos por las precipitaciones pluviales en la zona del proyecto.”

# **CAPÍTULO III**

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Materiales**

#### **3.1.1 Recursos humanos**

Autores del Proyecto

Asesor Metodológico

Personal auxiliar de Campo

Personal de Laboratorio de Suelos

#### **3.1.2 Recursos Materiales**

##### **3.1.2.1 Material de estudio**

Muestras de suelo del ámbito urbano del distrito de Parco.

Planos topográficos del área urbana.

Datos del Senamhi sobre la precipitación máxima en 24 horas en el ámbito del área del proyecto.

##### **3.1.2.2 Material de escritorio**

2 memorias USB

Papel (bond A4 de 75gr)

Libretas de apunte

Bibliografía

#### **3.1.3 Recursos de equipos**

Equipos de oficina.

Equipos de cómputo.

Equipo topográfico.

Cámara digital.

Impresora.

### **3.1.4 Otros recursos**

Software Microsoft Excel versión 2013.

Software Microsoft Word versión 2013.

Software Microsoft Autocad versión 2013.

Software S10 versión 2005.

Software SAP 2000 versión 19

Movilidad local y hacia la zona de estudio.

Copias, impresión, ploteos, anillados y empastados

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Universo, muestra, población**

**Universo:** Precipitación máxima en 24 horas

**Población:** Precipitación Máxima en el distrito de Parco.

**Muestra:** precipitación máxima los últimos 20 años en el distrito de Parco.

### **3.2.2 Sistema de variable**

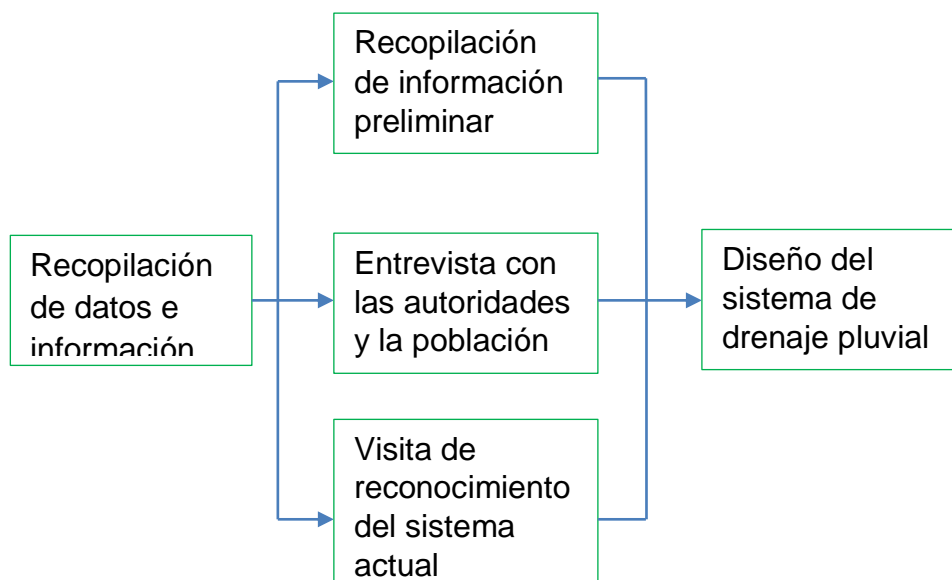
#### **3.2.2.1 Variable independiente**

Sistema de Drenaje Pluvial del Distrito de Parco.

#### **3.2.2.2 Variable dependiente**

Adecuado Sistema de Drenaje Pluvial que solucionara el problema del encauzamiento deficiente de las aguas pluviales, evitando así el deterioro de las calles, el colapso del sistema de desagüe y el deterioro de las viviendas

### 3.2.3 Diseño experimental de la investigación



*Figura 10:* Diseño experimental de la investigación (Fuente: elaboración del Autor)

### 3.2.4 Diseño Instrumental

Para la recolección de datos que permitan verificar la hipótesis, se procedió a ubicar las fuentes de datos. Se precisaron las técnicas e instrumentos para la captación de la información requerida, estos son los siguientes:

### 3.2.5 Fuentes

Testimonio directo proporcionado por los pobladores de distrito de Parco por las molestias ocasionadas por la falta del sistema de drenaje.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la cual proporciono los datos de precipitación máxima de la estación Bagua Chica de un total de 25 años que luego serán utilizadas para el cálculo de los caudales de diseño

Municipalidad Distrital de Parco, proporciono el estudio de zonificación mediante la capacidad portante del distrito, necesario para el diseño de las estructuras que serán necesarias para el sistema de drenaje.

Los datos topográficos fueron recolectados mediante la visita de campo y el estudio topográfico con estación total.

### **3.2.5.1 Técnicas**

Calculo de la precipitación máxima para el diseño de la sección de las cunetas

Calculo estructural con el estudio de zonificación del distrito de Parco.

### **3.2.5.2 Instrumentos**

Estudio de Zonificación según la Capacidad Portante del Suelo del distrito de Parco.

Planos topográficos Para determinar las pendientes de las cunetas y alcantarillas.

### **3.2.6 Procesamiento de información**

Luego de recopilar la información se empezó al procesamiento de los datos en forma computarizada, empleando programas de ingeniería como el programa de dibujo automatizado Auto Cad, hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel y el programa de textos Microsoft Word utilizando formulas necesarias expuestas en el marco teórico.

### **3.2.7 Características generales de la cartografía**

#### **3.2.7.1 Norte: geográfico (verdadero norte)**

El norte señala hacia el norte geográfico en la cartografía presentada, el verdadero norte. Está situado en el polo norte y su dirección es la formada por los paralelos terrestres.

Por lo tanto, se han efectuado las correcciones debidas al magnetismo y se ha calculado la declinación entre el ángulo indicado por la brújula magnética del teodolito y el norte geográfico. El eje magnético terrestre está inclinado varios grados con respecto al eje geográfico. De aquí que los polos geográficos norte y sur no coincidan con los polos magnéticos norte y sur, ni el ecuador geográfico con el ecuador magnético. El extremo de una brújula que señala hacia el norte apunta siempre hacia la dirección general del polo norte magnético. Debido a las numerosas irregularidades del campo magnético, y por lo tanto, en la configuración de las líneas de fuerza, la brújula magnética está sujeta a muchas irregularidades locales que se han de corregir. Según el día y la hora en que se han efectuado las observaciones, y el lugar donde estemos situados, la dirección que toma el extremo de la aguja de la brújula que señala hacia la norte forma un determinado azimuth (llamado declinación magnética) con respecto al meridiano que indica el verdadero norte, el norte geográfico.



La declinación magnética no es constante en cada punto de la Tierra, sino que experimenta variaciones periódicas y continuas en el transcurso del tiempo. Para las primeras se distingue un periodo diario, dependiente de la rotación de la Tierra, y otro anual, que obedece al movimiento de la Tierra alrededor del Sol.

Los cálculos realizados, en este trabajo, para indicar el norte geográfico en la cartografía presentada tienen correcciones a las lecturas realizadas desde cada estación que son las siguientes:

#### **a) Corrección anual**

En los mapas a escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, se puede encontrar una anotación marginal en la que se da la declinación del año en el que se publicó el mapa y el valor y la dirección de la variación anual. Los valores indicados corresponden, todos ellos, al punto del centro del mapa.

Para nuestros cálculos utilizaremos este valor indicado ya que el error acumulado se puede considerar despreciable.

Para calcular la declinación magnética hay que multiplicar la corrección anual por el número de años transcurridos y obtener, así, el valor correcto de la declinación magnética.

Expresado en términos matemáticos, si denominamos:

- d1 : declinación del año en el que se publicó el mapa
- va : variación anual de la declinación
- t1 : fecha de publicación del mapa
- t2 : fecha actual
- d2 : declinación magnética de la fecha actual

Tenemos que:

$$d2 = d1 + (va \times (t2 - t1))$$

Nota importante: (t2 - t1) hay que expresarla en años.

### **b) Corrección diaria**

También interesa en los trabajos topográficos la variación diaria de la declinación. El valor máximo de la declinación en el transcurso del día tiene lugar hacia el mediodía y el valor mínimo a primera hora de la mañana. La amplitud de la oscilación varía según la época del año donde encontramos que las máximas oscilaciones son en el verano y las mínimas en el invierno.

Para este trabajo hemos realizado la corrección diaria en función del día del trabajo de campo (para la estación del año) y la hora en la que se ha realizado la lectura del azimut.

### **c) Otras correcciones**

Además de estas correcciones anuales y diarias regulares y que son de fácil cuantificar existen otras perturbaciones del magnetismo terrestre que son accidentales y que pasan, a veces, de más de un grado centesimal.

Estas anomalías son producidas por la presencia de hierro nativo o elementos metálicos en el subsuelo, objetos metálicos (rejas, chapas, herramientas) cercanos o la proximidad de una línea de alta tensión. Estas influencias se procuran evitar en lo posible y sino el criterio es descartar las lecturas de las estaciones en las que se haya observado resultados de azimuts extraños.

Finalmente, existen perturbaciones accidentales que son variaciones pasajeras producidas por "tempestades magnéticas" y que se conocen fácilmente por la movilidad casi continua de la aguja de la brújula que impide la observación de una correcta lectura del azimut. En estos casos también, evidentemente, se descarta cualquier lectura.

## **3.8 Proyección U.T.M. (Universal Transversal de Mercator)**

Para iniciar el trabajo se ha escogido una base relativa y se le han calculado las coordenadas U.T.M. de la red universal con el GPS y el altímetro.

Por lo tanto, se ha utilizado un sistema de coordenadas cartesianas a partir de la base inicial. De tal forma que corresponde a la estación primera (E-1) las coordenadas U.T.M. calculadas

directamente con el GPS y el resto de estaciones y puntos se obtienen topográficamente a partir de las coordenadas U.T.M. de la E-1.

### **3.9 Sistema de referencia: ED50 (European Datum 1950)**

En una primera aproximación la Tierra es una esfera. En una segunda aproximación, puede considerarse un elipsoide de revolución. Las superficies equipotenciales, denominadas superficies de nivel, no son elipsoides, pero las diferencias son relativamente pequeñas. Por este motivo es cómodo, desde un punto de vista matemático, utilizar un elipsoide de referencia.

En nuestro caso hemos escogido el European Datum 1950, ya que la mayoría de los datos actuales se basan en este datum. Los parámetros que lo definen son los aprobados por la Asamblea Internacional de Geodesia:

Semieje mayor = 6.378.388.000 metros.

Aplanamiento =  $1/297.000$

Gravedad ecuatorial = 978.049.000 gal.

Velocidad angular = 0.000072921151 m/seg.

#### **3.9.1 Altura: Ortométrica (Geoide UB91)**

Las superficies de nivel y las líneas de la plomada forman un sistema de coordenadas curvilíneas muy útil, dado que la vertical de un punto de la superficie terrestre queda determinada fácilmente por la dirección que señala una plomada. Las líneas de plomada, tangentes al campo de gravedad en todo punto, y por tanto ortogonales a las superficies de nivel, son ligeramente curvadas.

La altura ortométrica de un punto es la altura de este punto con respecto al geoide, a lo largo de la línea de plomada. El geoide es la superficie teórica de la Tierra en todos los puntos en los que la dirección de la gravedad es vertical. Esta superficie vendría a ser la resultante de tener todos los mares de la Tierra en calma. El valor promedio en nuestra zona de trabajo es de unos +50 metros.

### 3.9.2 Trabajo topográfico de campo

En primer lugar, se estudia la zona objeto del trabajo para organizar adecuadamente todo el trabajo que se ha de realizar en el tiempo acordado.

Posteriormente, se confecciona un plan de trabajo que al final de las diferentes fases dará como resultado el conjunto de los datos de campo imprescindibles para disponer de los valores numéricos necesarios para la confección de cualquier cartografía.

Una vez analizada la zona, se procede a establecer la ubicación de todas las estaciones desde las que hay que medir, mediante unas radiaciones desde la estación, la totalidad de los puntos. La localización de todas las estaciones será de tal manera que se podrá dirigir, desde cada una de ellas, una visual recíproca, como mínimo, a otra estación.

Una vez analizado el trabajo a realizar, se ha de señalar en el mismo terreno los puntos más adecuados para el trabajo. Las señales estarán constituidas por unos puntos exactos que, posteriormente, quedarán reflejados en los cálculos y planos entregados con la documentación. Se procura siempre que los puntos escogidos sean fácilmente identificables en el terreno para una posterior utilización o comprobación de los datos facilitados.

En los trabajos topográficos de precisión es importante evitar los errores de excentricidad procedentes de una falta de exactitud en el estacionamiento del teodolito y de las miras. Para estacionar el teodolito se centra el equipo mediante una plomada óptica, se fija adecuadamente al terreno con el trípode y se nivela con respecto a un plano paralelo al terreno en el punto de la estación. Para estacionar las miras se sitúan éstas verticalmente sobre el punto que deseamos medir gracias a una plomada de burbuja.

En el teodolito podemos considerar tres ejes propiamente dichos y un eje de nivel; en total cuatro ejes que son:

El eje vertical o principal.

El eje horizontal o de giro del visor.

El eje visual o de colimación.

El eje de nivel.

Geométricamente, entre estos ejes se verifican las siguientes relaciones matemáticas:

El eje de colimación es perpendicular al eje horizontal.

El eje de nivel es perpendicular al eje vertical.

El eje horizontal es perpendicular al eje vertical.

El hecho de que existan cuatro posibles ejes comporta la posibilidad de cometer errores angulares en cualquiera de las cuatro posibilidades. Por eso, se pueden evitar haciendo lecturas repetidas en diferentes posiciones del visor y realizar la media aritmética de los valores obtenidos.

La parte central del trabajo es la toma de datos de campo. Los puntos observados se miden por el método de radiación desde la estación o estaciones precisas para cubrir la totalidad del área a trabajar. Las estaciones forman una poligonal básica que cubre la totalidad de las visuales a todos los puntos de trabajo necesarios. Normalmente, y siempre que el trabajo lo permita, las poligonales básicas serán cerradas para realizar una compensación de los errores. A todos los puntos y estaciones se les calcularán sus coordenadas con tal de dar al estudio un fundamento analítico. Las estaciones utilizadas, y que forman la poligonal básica, estarán materializadas en el terreno por unos hitos. El centro de los hitos corresponde exactamente a las coordenadas  $x,y,z$  de la estación.

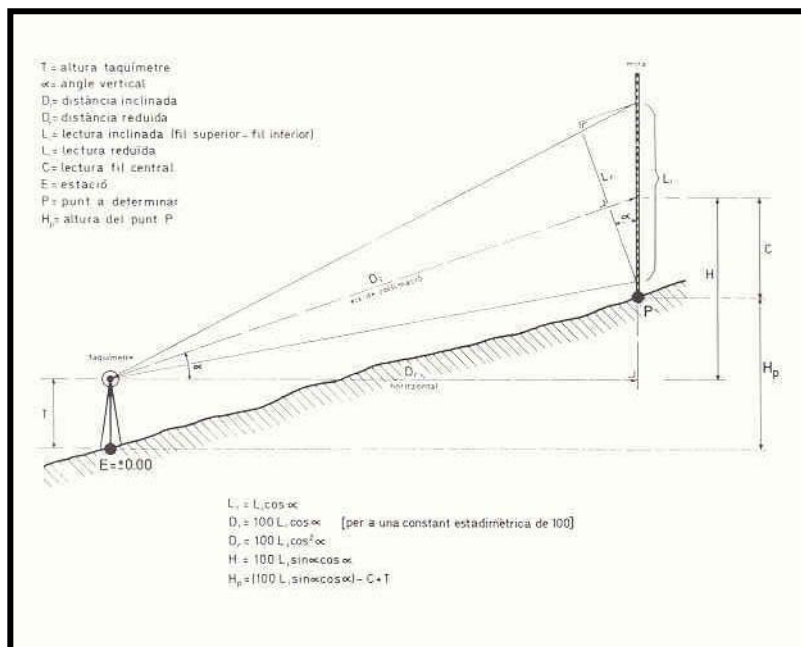
Las estaciones se observan con un teodolito y se miden con un mínimo de dos vueltas de horizonte con visuales normales e invertidas. Esto siempre y cuando no se encuentren valores no tolerables entre las dos visuales de horizonte que harían necesaria la repetición de la medición.

La lectura angular horizontal nunca será superior el error detectado a las 10 centésimas de grado centesimal en una misma visual de horizonte. Y, las visuales serán siempre sobre el vértice de mejor visibilidad.

La lectura angular vertical se mide para determinar las alturas de los vértices, y, es necesaria, también, para calcular la distancia.

La distancia se obtiene a partir de las lecturas superior, media e inferior de la mira y, una vez compensados los errores de lectura, se obtiene el valor de la distancia desde la estación al punto de trabajo observado.

Las medidas angulares obtenidas se expresan, en trabajos topográficos, siempre en grados centesimales, es decir, para una vuelta completa le corresponden 400 grados centesimales.



Los parámetros máximos tolerables permitidos en estas mediciones -se consideran como normales- son los siguientes:

En los trabajos planimétricos:

Medio minuto para los datos angulares.

Diez centímetros / kilómetro para las distancias.

Diez centímetros / kilómetro para las coordenadas.

En los trabajos topográficos:

Las alturas de los puntos acotados en los planos no diferirán de las alturas verdaderas en 1/4 del valor de la equidistancia de las curvas de nivel.

Una vez medidos todos los puntos, se procede a dibujar un croquis del lugar a mano alzada y, posteriormente, con una cinta métrica indeformable se reflejan en el croquis las distancias principales obtenidas. De esta forma, y con una previa corrección de los errores propios de las mediciones realizadas con cinta métrica, se dispone de otra fuente de datos para analizar el terreno a cartografiar.

En el caso de observar algún error importante, siempre se procede a repetir, total o parcialmente, el trabajo hasta obtener las tolerancias de error admitidas como normales -los citados anteriormente en trabajos de estas características.

Se han de reseñar obligatoriamente los puntos que corresponden a: viviendas, caminos, carreteras, pozos, líneas eléctricas, registros, puentes, hitos, límites, presas, ríos, torrentes, farolas, túneles, vértices geodésicos, cimas, collados, cruces de caminos y cualquier otro elemento identificable situado en el terreno o finca a cartografiar. Los puntos de la zona límite del área a cartografiar se representan únicamente los que vayan a ser en realidad relevantes para la confección del dibujo.

En cuanto a los parcelarios, tanto las parcelas como los diferentes usos del suelo bien definidos y diferenciables se representarán en la cartografía según las observaciones realizadas en el momento del trabajo de campo.

### **3.10 Trabajo topográfico de gabinete**

#### **3.10.1 Cálculos analíticos**

#### **3.10.2 Compensación de los errores**

En primer lugar, se separan los datos correspondientes a las estaciones de los puntos de trabajo. Los datos de las estaciones se han de calcular teniendo en cuenta los errores de cierre de la poligonal en el caso de que ésta sea cerrada.

El error de cierre de una poligonal es la diferencia resultante de los datos obtenidos inicialmente de los obtenidos al final del recorrido. Es decir,

$$\text{ángulo horizontal geográfico inicial} - \text{ángulo horizontal geográfico final} = \text{error angular (ea)}$$

$$\text{coordenada X inicial} - \text{coordenada X final} = \text{delta coordenada X}$$

$$\text{coordenada Y inicial} - \text{coordenada Y final} = \text{delta coordenada Y}$$

$$\text{coordenada Z inicial} - \text{coordenada Z final} = \text{delta coordenada Z}$$

Una vez conocidos los errores de cierre realizados se reparten los valores obtenidos proporcionalmente a cada estación y así obtenemos los resultados definitivos a partir de los cuales podemos calcular el resto de parámetros.

Todo y que los errores de cierre tolerables dependen del número de estaciones, tipos de terreno y distancias entre las estaciones se pueden considerar como errores tolerables los siguientes:

Para el cierre angular de una poligonal: 1,5 minutos centesimales.

Para el cierre lineal de una poligonal: 0,15 metros en una distancia de 200 metros.

### 3.10.3 Cálculo de las coordenadas x,y,z de cada punto

Posteriormente, es necesario realizar el cálculo de las distancias de cada punto a la estación desde donde ha sido visualizado.

Expresado en términos matemáticos, se denominan:

ls : lectura superior

li : lectura inferior

av : ángulo vertical

Tenemos que cumple:



$$\text{Distancia} = 100 \times (l_s - l_i) \times \cos^2 (0.9 \times (100 - a_v))$$

Una vez calculada la distancia de los puntos a la respectiva estación desde donde han sido visualizados se calculan las coordenadas x,y,z de todas las estaciones y puntos. Los datos medidos en el campo (lectura superior, lectura inferior, ángulo vertical, ángulo horizontal) dan, a partir de las fórmulas correspondientes, las coordenadas cartesianas precisas para el dibujo analítico del plano.

Previamente, y antes de aplicar cualquier otra fórmula, se ha de reducir el ángulo horizontal magnético (obtenido en el campo) a un ángulo horizontal geográfico (para señalar el verdadero norte) según la declinación del momento obtenida en el trabajo de campo.

La fórmula que aplicaremos será:

$$\text{Ángulo Horizontal Magnético} + \text{Declinación} = \text{Ángulo Horizontal Geográfico (ah)}$$

Por lo tanto, para calcular las coordenadas x,y,z de cada estación y puntos de trabajo, en términos matemáticos, denominaremos:

- dt : distancia
- ls : lectura superior
- li : lectura inferior
- av : ángulo vertical
- ah : ángulo horizontal geográfico
- da : altura del taquímetro a la cota de estación
- cx : coordenada X del punto de trabajo
- cy : coordenada Y del punto de trabajo
- cz : coordenada Z del punto de trabajo
- ex : coordenada X de la estación
- ey : coordenada Y de la estación
- ez : coordenada Z de la estación

Tenemos que las fórmulas aplicadas para calcular los datos analíticos de las coordenadas son:

$$cx = dt \times \text{SIN} (0.9 \times ah) + ex$$

$$cy = dt \times \text{COS} (0.9 \times ah) + ey$$

$$cz = (dt \times \text{TAN} (0.9 \times 100 - av)) - ((ls + li)/2) + da + ez$$

#### **3.10.4 Situación de los puntos en el plano**

Una vez calculadas las coordenadas analíticas de cada punto se sitúan en el plano según un sistema de coordenadas cartesiano. La coordenada X corresponde al eje de abcisas y el sentido positivo crecerá hacia la derecha, mientras que, la coordenada Y corresponde al eje de las ordenadas y el sentido positivo crecerá hacia arriba. La escala de dibujo representará el intervalo de separación entre las coordenadas.

Este proceso se realiza automáticamente. Se utilizan los ficheros de transferencia de datos ".DXF" para traspasar la información del cálculo de las coordenadas topográficas a los ficheros de dibujo de AutoCAD de tal forma que en éste ya aparecen situados todos los puntos de referencia topográfica en su respectivo lugar (X,Y,Z), con su simbología oficial y con la anotación de su correspondiente cota Z. El programa calcula, además, las diversas magnitudes de los diversos elementos a situar de tal manera que aparecen con la medida adecuada para la escala de salida del dibujo.

#### **3.10.5. Cálculo de la distancia entre dos puntos**

La distancia entre dos puntos se obtiene aplicando una sencilla modificación de la fórmula del teorema de Pitágoras. Los datos básicos son las coordenadas obtenidas anteriormente -a las fórmulas indicadas por el cálculo de las coordenadas x,y,z- y el resultado es la solución de la fórmula:

$$\text{DISTANCIA (1,2)} = \sqrt{(cy_1 - cy_2)^2 + (cx_1 - cx_2)^2}$$

La solución viene expresada en metros y corresponde a la distancia entre los puntos 1 y 2.

El cálculo de la distancia también se puede resolver con el comando "DIST" de AutoCAD que facilita además de la distancia los siguientes datos adicionales: Incremento X, Incremento Y, Incremento Z y el valor del ángulo X,Y.

El perímetro es la suma de las distancias de la periferia de cualquier figura geométrica.

### 3.10.6. Cálculo de la superficie

El cálculo de la superficie se extrae a partir de la aplicación de la fórmula de Gauss que consigue el resultado por la subdivisión de la totalidad de la superficie en tantos triángulos como sea necesario para completar la zona a superficial.

En términos matemáticos, la fórmula aplicada viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Superficie (n vértices)} = \sum_{n=1 \text{ a } n} (cx_n \times (cy_{n+1} - cy_{n-1})) / 2$$

Para unos datos correspondientes a las coordenadas de cada punto que forman la definición de la superficie a calcular.

El cálculo de la superficie también se puede resolver con la instrucción "AREA" de AutoCAD.

## **Datos generales de superficie**

1 Hectárea (Ha) = 10.000 metros cuadrados.

1 metro cuadrado = 26,4681555 palmos cuadrados.

### **3.10.7. Cálculo de las curvas de nivel**

El cálculo de curvas de nivel se realiza en los trabajos en los que se confecciona un plano topográfico del terreno. Así pues, en los planos planimétricos no se realizará este cálculo, aunque normalmente se facilitan algunas cotas orientativas.

Las curvas de nivel, llamadas también isohipsas, son líneas que se trazan uniendo todos los puntos que se encuentran en la misma altura de un determinado nivel de referencia. Las curvas de nivel se calculan utilizando el método de interpolación de las cotas obtenidas en el terreno. Para calcular las curvas de nivel con cierta exactitud conviene disponer de una densidad de cotas suficiente de acuerdo con las características geográficas del terreno.

La equidistancia es la diferencia de cota entre dos curvas de nivel contiguas. La equidistancia tiene un valor constante en un mismo plano o mapa. Las curvas maestras van representadas con un trazo más visible que la de las curvas de nivel. Como mínimo, siempre van numeradas todas las curvas maestras.

### **3.10.8 Delineación automática digital**

Utilizo para la delineación automática digital el programa de diseño AutoCAD. Éste utiliza un sistema fijo de coordenadas cartesianas para colocar el dibujo realizado. La visualización en la pantalla de una construcción plana muestra, en el eje X, la distancia horizontal y, en el eje Y, la distancia vertical. Para ver el eje Z se ha de representar en la pantalla una perspectiva del dibujo. Al origen de coordenadas se le da el valor 0,0,0. A este sistema AutoCAD lo denomina "World Coordinate System (WCS)"; su estructura matemática y de entorno permite su equiparación con el sistema de coordenadas utilizadas en cualquier representación cartográfica actual.

La distancia entre dos puntos AutoCAD lo mide en unidades de dibujo. Estas unidades pueden expresarse en la unidad que queramos (pulgadas, centímetros, amgstroms, ...). En la cartografía, tanto mapas como planos, la unidad de representación que utilizo es el metro y para los valores angulares los grados centesimales (una vuelta son 400 grados). Para los cálculos, el programa utiliza los números reales con una precisión de 14 decimales y en la delineación se ha presentado los datos redondeados al centímetro en el caso de las distancias y dos decimales en los valores angulares.

La cartografía numerada en su estructura de datos da cabida a entidades que pueden ser traducidas en cada uno de los diferentes objetos a cartografiar que podamos encontrar en el campo. Las entidades posibles que nos ofrece el software son: puntual, lineal, superficial, nodo, tramo, atributo, relación topológica, descripción geométrica, unidad de captura y unidad de proceso.

Asigno diferentes capas a las partes del dibujo y se pueden definir tantas como se deseen. El número de capas definible por AutoCAD es infinito y la limitación la marcará la memoria disponible del ordenador que se usa. A cada capa se le asigna un color, tipo de línea y nombre. La activación o desactivación de las entidades clasificadas en cada capa es una de las propiedades más interesantes ya que permite visionar y plotear partes del dibujo sin perder la totalidad de la información contenida.

Esta posibilidad de tratar la información es básica para la gestión de un S.I.G. (Sistema de Información Geográfica) del territorio en el que se pueden analizar situaciones diversas y comparar variables presentes simultáneamente o combinables entre sí.

Se ha utilizado la codificación por elementos, quedando agrupados en grandes bloques, definidos por la codificación de la unidad de centena y en último lugar el millar, permitiendo establecer por códigos los niveles o capas de información que puedan ser necesarios para un tratamiento posterior. El criterio utilizado para la clasificación en capas se ha basado en los conceptos geográficos posibles localizables en el territorio.

Como criterio general de la digitalización, se considera que cada tramo va representado por una serie de coordenadas de los puntos que representan lo más fielmente posible las diferentes variaciones de curvatura. Los puntos se seleccionan de forma que, excepto zonas de muy pequeño radio de curvatura, se puede establecer el criterio de que dados dos puntos consecutivos habrá de registrarse el siguiente cuando su distancia a la prolongación del

segmento rectilíneo que pase por ellos no sea mayor de 0.15 mm. Se extrema la precaución en la digitalización de puntos cuando se forman vértices agudos, en puntos de campo, y en los tramos en los que la forma del objeto cartográfico se deba ajustar sensiblemente a la realidad.

Los puntos de la cadena equivalente no se apartan en más de 0.2 mm. En el caso de tramos rectos, y sin intersecciones intermedias, sólo se admiten en la digitalización el nodo inicial y el final que los definen, es decir, no se presentan nodos superfluos. Sólo se rompe esta norma en el caso de la existencia, dentro de algún tramo, de una primitiva geométrica (curva, arco circular, spline, ...), que provoque la partición en dos o más tramos convencionales los tramos definidos por las primitivas geométricas.

### **3.11 Equipo básico utilizado**

Para el trabajo topográfico de campo:

- Una estación total marca TOPCON modelo CYGNUS 2LS Medicion sin prisma y Nivel de la marca Zeiss. Con las siguientes especificaciones técnicas:

Número de serie: 602174A.

Precisión angular de 15cc.

El alcance del distanciómetro es de 1800 metros con un sólo prisma y 7500 con tres.

La precisión de las distancias es de 3 milímetros+2ppm (para mediciones sin prisma y distancias comprendidas entre los 1.5 y 70 metros). Y, es de 2 milímetros+2ppm (para mediciones con prisma y distancias comprendidas entre los 1.5 y los 7500 metros).

Es capaz de medir sin prisma hasta los 100 metros con puntería en superficies claras.

La memoria interna permite 1900 filas de datos.

Puede medir de forma estándar o tracking.

La batería permite trabajar durante 9 horas seguidas.

Plomada óptica.

El aparato dispone del certificado de calidad ISO 9001 (2000) y ha sido calibrado en los laboratorios de ZSP Geodetic Systems (Germany).

Un teodolito con una apreciación de 0.5 segundos de grado centesimal Fennel.



Un trípode de soporte.



Una mira topográfica metálica indeformable de 4 metros

Una brújula magnética Silva 15TD-CL.

Un altímetro Eschenbach.

Un GPS Garmin 12 y uno Garmin 76Map.

### **3.2.6.1 Información básica requerida**

#### **3.2.6.1.1 Topografía**

A Partir de la información cartográfica se ha definido las cotas absolutas de los puntos, corrida desde el punto de nivel absoluto (BM) ubicados en el siguiente cuadro N°01

A partir de estos puntos en el cuadro N°01 se ha realizado el levantamiento topográfico, tanto altimétrico como planimétricos, con la ayuda de estación total, logrando con estos datos calcular la pendiente aplicando la siguiente formula:

$$S(\%)=(\text{Cota Inicial} - \text{Cota Final})/\text{Longitud}*100$$

Se presenta en el cuadro N°02 conteniendo información topográfica básica como longitud de calles, cotas de terreno, pendientes y desniveles.

#### **3.2.6.1.2 Hidrología**

La hidrología es la ciencia que estudia el agua en todos sus estados, su distribución y su relación en la vida del hombre y el medio ambiente.

A sí que existen proyectos que se refieren al uso del agua y los que se refieren a la defensa contra los daños que ocasiona el agua. Los proyectos típicos de uso del agua son los abastecimientos de agua potable, los de irrigación y los de aprovechamiento hidráulico; los proyectos típicos de defensa son las obras de drenaje urbano, drenaje vial y drenaje agrícola, además de encauzamiento de ríos, defesa contra inundaciones y otros.

##### **3.2.6.1.2.1 Precipitación**

Las precipitaciones son toda forma de humedad que originándose en las nubes llega a la superficie terrestre según el levantamiento del aire que favorece al enfriamiento necesario para dar lugar las tormentas. A estos últimos se les define como el conjunto de lluvias que obedece a una misma perturbación meteorológica y características bien definidas, puede durar escaso minutos a días enteros y puede abarcar desde una zona pequeña hasta una región.

En la presente Tesis se trabajará con un periodo de registro de 25 años de precipitación máxima en 24 horas. (mm). Los registros se presentan En el Anexo 02



### 3.2.6.1.2.2 Análisis estadístico de la precipitación máxima en 24 horas

De la información pluviométrica obtenida de la Oficina del SENAMHI, tomamos los valores de precipitación máxima y ordenados los valores de la siguiente manera (cuadro N°3)

**Tabla 8**

*Ocurrencia cronológica de la precipitación*

| <b>Año</b> | <b>Precipitación Máxima (mm)</b> |
|------------|----------------------------------|
| 1992       | 63.7                             |
| 1993       | 76.0                             |
| 1994       | 83.2                             |
| 1995       | 86.0                             |
| 1996       | 69.9                             |
| 1997       | 80.9                             |
| 1998       | 68.0                             |
| 1999       | 51.0                             |
| 2000       | 92.3                             |
| 2001       | 123.0                            |
| 2002       | 54.8                             |
| 2003       | 72.0                             |
| 2004       | 86.4                             |
| 2005       | 107.2                            |
| 2006       | 57.8                             |
| 2007       | 80.5                             |
| 2008       | 101.1                            |
| 2010       | 55.6                             |
| 2011       | 47.1                             |
| 2012       | 58.5                             |
| 2013       | 76.7                             |
| 2014       | 63.9                             |
| 2015       | 71.4                             |
| 2016       | 61.5                             |
| 2017       | 61.1                             |

Luego procedemos a ordenar el valor de las precipitaciones en orden decreciente. Para obtener los datos del periodo de retorno se procede de la siguiente manera:

$$P(x) = m/(n + 1)$$

**Donde:**

$m$  = Número de orden

$n$  = Número de datos

Así tenemos:

$$P(x) = \frac{1}{25 + 1}$$

$$P(x) = 0.0455$$

Además, se calculará la media aritmética mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{Y} = \frac{\sum \text{Precipitaciones}}{N}$$

$$\bar{Y} = \frac{1849.6}{25} = 73.98 \text{ mm}$$

Reemplazando este valor en la expresión siguiente:  $(Y_i - \bar{Y})^2$

Luego estos valores son trabajados independientemente con cada valor y son compilados y presentados en el siguiente Cuadro N° 04

**Tabla 9***Ordenamiento y análisis estadístico de la información pluviométrica*

| <b>N° Orden</b> | <b>Precipitación</b> | <b>Frecuencia<br/><math>m/(n + 1)</math></b> | <b>Periodo de<br/>Retorno<br/><math>(n + 1)/m</math></b> | <b><math>(Y_i - \bar{Y})^2</math></b> |
|-----------------|----------------------|--|--|---------------------------------------|
| 1               | 123.0000             | 0.0385                                       | 26.00  | 2402.96                               |
| 2               | 107.2000             | 0.0769                                       | 13.00  | 1103.57                               |
| 3               | 101.1000             | 0.1154                                       | 8.67   | 735.49                                |
| 4               | 92.3000              | 0.1538                                       | 6.50   | 335.62                                |
| 5               | 86.4000              | 0.1923                                       | 5.20   | 154.26                                |
| 6               | 86.0000              | 0.2308                                       | 4.33   | 144.48                                |
| 7               | 83.2000              | 0.2692                                       | 3.71   | 85.01                                 |
| 8               | 80.9000              | 0.3077                                       | 3.25   | 47.89                                 |
| 9               | 80.5000              | 0.3462                                       | 2.89   | 42.51                                 |
| 10              | 76.7000              | 0.3846                                       | 2.60   | 7.40                                  |
| 11              | 76.0000              | 0.4231                                       | 2.36   | 4.08                                  |
| 12              | 72.0000              | 0.4615                                       | 2.17   | 3.92                                  |
| 13              | 71.4000              | 0.5000                                       | 2.00   | 6.66                                  |
| 14              | 69.9000              | 0.5385                                       | 1.86   | 16.65                                 |
| 15              | 68.0000              | 0.5769                                       | 1.73   | 35.76                                 |
| 16              | 63.9000              | 0.6154                                       | 1.63   | 101.61                                |
| 17              | 63.7000              | 0.6538                                       | 1.53   | 105.68                                |
| 18              | 61.5000              | 0.6923                                       | 1.44   | 155.75                                |
| 19              | 61.1000              | 0.7308                                       | 1.37   | 165.89                                |
| 20              | 58.5000              | 0.7692                                       | 1.30   | 239.63                                |
| 21              | 57.8000              | 0.8077                                       | 1.24   | 261.79                                |
| 22              | 55.6000              | 0.8462                                       | 1.18   | 337.82                                |
| 23              | 54.8000              | 0.8846                                       | 1.13   | 367.87                                |
| 24              | 51.0000              | 0.9231                                       | 1.08   | 528.08                                |
| 25              | 47.1000              | 0.9615                                       | 1.04   | 722.53                                |
| <b>Total</b>    | <b>1849.6</b>        | <b>-</b>                                     | <b>-</b>   | <b>8112.91</b>                        |

### 3.2.6.1.2.3 *Calculo del tiempo de concentración*

Empleando la formula Siguiente:

$$Tc = \left| \frac{0.871 * L^3}{H} \right|^{0.385} * 60$$

**Donde:**

*Tc*: Tiempo de concentración (mm)

*L*: Longitud de recorrido

*H*: Diferencia de Desniveles

### 3.2.6.2 Caudal de escurrimiento

Este parámetro nos permitirá conocer el volumen de agua que discurre por las cunetas, alcantarillas y demás obras de arte.

#### 3.2.6.2.1 Cálculo del caudal de diseño

Para el adecuado drenaje de las aguas pluviales caídas en una determinada cuenca, es necesario conocer, en un punto dado o a la salida de ella el caudal disponible a partir de la o las lluvias que lo originan.

La aplicación exitosa de los diversos métodos dependerá del tamaño de la cuenca, así como de sus características fisiográficas, tipos, usos y cobertura del suelo. Luego de analizar los métodos existentes se seleccionó dos métodos:

#### **Método Racional**

#### **Método de Mac - Math**

##### 3.2.6.2.1.1 Método racional

Aplicable en general a pequeñas cuencas, entendiéndose como tales a aquellas no mayores de 120 Has, calculando el caudal de escurrimiento "Q" mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q = (C * I * A)/360$$

$Q$  = Caudal máximo  $m^3/s$

$C$  = Coeficientes de escorrentía

$A$  = Área de intereses en la cuenca en hectáreas

$I$  = Intensidad de la lluvia generadora de caudal

Para continuar con el desarrollo del método es necesario tener en claro el concepto, tiempo de concentración de una cuenca, que es el tiempo empleado por una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más alejado de la cuenca para llegar a la salida de esta o cualquier otro punto de interés.

De acuerdo a esta definición el caudal pico ( $Q_p$ ) en la salida de la cuenca debe alcanzarse después de un lapso igual al del tiempo de concentración  $T_c$ .

Para la determinación de los valores de los caudales de escurrimiento mediante este método, se procede tal como se describe a continuación:

Determinar la porción de cuenca interesada y calcular su área

Determinar el tiempo de concentración.

Determinar el periodo de retorno que para nuestro caso es de 20 años

Determinar la intensidad de la lluvia de diseño

Seleccionar el coeficiente de escorrentía “ $C$ ”

Todos estos valores han sido calculados y seleccionados anteriormente, los mismos que han sido reemplazados en la fórmula descrita, cuyos resultados se muestra en el Cuadro N° 13.

### 3.2.6.2.1.2 Método de Mac Math

Método aplicable para determinar el caudal de escurrimiento  $Q$  en una determinada cuenca, este método proporciona mayor confiabilidad de resultados puesto que contempla a la pendiente como parámetro de cálculo.

La ecuación de la fórmula está determinada por la siguiente relación:

$$Q = 0.36 * C * I * S^{1/5} * A^{4/5}$$

$Q$ : Caudal de diseño

$C$ : Coeficiente de Escorrentía

$I$ : Intensidad mm/h

$S$ : Pendiente del terreno en m/m

$A$ : Área de cuenca en km<sup>2</sup>

Para la determinación de los valores de los caudales de escurrimiento mediante este método, se procede tal como se describe a continuación:

Determinar la pendiente de cada tramo.

Determinar la intensidad de lluvia de Diseño.

Seleccionar el coeficiente "  $C$  "teniendo en cuenta, la cobertura de la vegetación, textura del terreno y pendiente del mismo.

Con los datos anteriormente obtenidos se procede a calcular el caudal de diseño  $Q$ , aplicando la fórmula establecida

### 3.2.6.2.2 Criterios generales para el diseño

En este ítem se plasman los criterios que permitirán el diseño final de las estructuras hidráulicas que constituyen nuestro sistema de drenaje. Dichos criterios están basados en la bibliografía existente y experiencias.

El sistema de drenaje pluvial propuesto lo constituyen dos tipos de drenajes y estos son:

#### **3.2.6.2.2.1 Drenaje longitudinal**

Comprenden las cunetas, contra cunetas, bordillos. Son obras paralelas al eje de la vía. Referente a las cunetas, se puede decir que son zanjas que se hacen a ambos lados de la vía con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo el camino en curvas) y el agua que escurre por pequeñas áreas adyacentes.

#### **3.2.6.2.2.2 Drenaje transversal**

Comprenden las alcantarillas, sifones, pontones, badenes, los cuales son obras que cruzan en forma transversal al eje de la vía.

Entre las obras de arte más comunes, podemos citar a las alcantarillas que son conductos que pueden ser de sección circular o de marco (cuadradas o rectangulares) usualmente enterradas, utilizadas en cruces con carreteras y desagües, pueden fluir llenas o parcialmente llenas dependiendo de diversos factores, tales como: diámetros, longitud, rugosidad y principalmente los niveles de agua, tanto a la entrada como a la salida.

#### **3.2.6.2.3 Diseño hidráulico de cunetas y alcantarillas**

##### **3.2.6.2.3.1 Diseño hidráulico de alcantarillas**

El diseño hidráulico de una alcantarilla, consiste en la selección de su área de manera que resulte una velocidad promedio de 1.25 mis, en ciertos casos se suele dar a la alcantarilla una velocidad igual a la del canal donde ésta será construida, sólo en casos especiales la velocidad será mayor a 1.25 mis. También la selección del área deberá permitir su limpieza y conservación.

La cota de fondo de la alcantarilla en la transmisión de entrada, se obtiene restando a la superficie normal del agua, el diámetro del tubo más 1.5 veces la carga de velocidad del tubo, cuando éste fluye lleno o el 20% del tirante en la alcantarilla.

La pendiente de la alcantarilla debe ser igual a la pendiente del canal.

La transición tanto de entrada como de salida, en algunos casos se conecta a la alcantarilla mediante una rampa con inclinación máxima de 4:1

El talud máximo del camino encima de alcantarilla, no debe ser mayor de 1.5:1

Normalmente las alcantarillas trabajan con el nivel de agua libre, llegando a mojar toda su sección en periodos con caudales máximos.

Las pérdidas de energías máximas pueden ser calculadas según la fórmula.

$$Prd = (Pe + Pf + Ps) * \frac{Va}{2g} \dots\dots (41)$$

*Pe*: Pérdidas de entrada

*Ps*: Pérdidas de salida

*Pf*: Pérdidas por fricción de tubo

*Va*: Velocidad de Alcantarilla

### **3.2.6.2.3.2 Diseño hidráulico de cunetas**

Las cunetas tendrán en general sección rectangular y se proyectarán en todas las calles.

El ancho medido desde el borde de la sub rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la sub rasante hasta el fondo o vértice de la cuneta.

Cuando el suelo es deleznable y la pendiente de la rasante de la cuneta es igual o mayor que 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento.

El revestimiento puede ser necesario para reducir la rugosidad de la cuneta y asegurar el escurrimiento del caudal, en el caso de una pendiente longitudinal muy leve

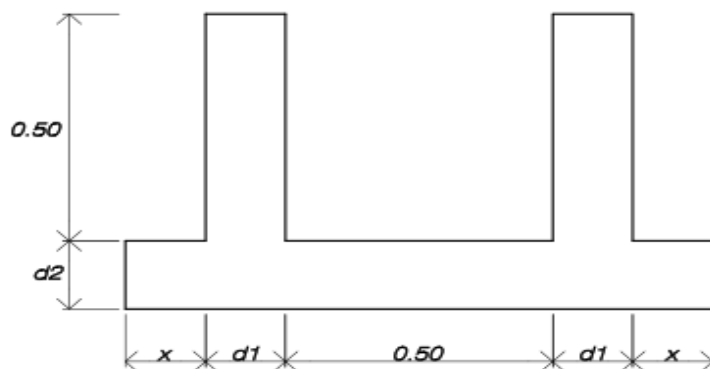
### **3.2.6.2.4 Diseño estructural de cunetas y alcantarillas**

#### **3.2.6.2.4.1 Diseño estructural de cunetas**

Para el diseño estructural se ha determinado dos dimensiones promedias (1.00 x 1.00 y 0.50 x 0.50, ambas medidas interiores).



### 3.2.6.2.4.1.1 Diseño estructural de cuneta 0.50x0.50



**Figura 11:** Sección de Cuneta 0.50x0.50

#### Datos de diseño:

Peso específico del suelo crítico, obtenida de estudio de suelos =1800kg/m<sup>3</sup>

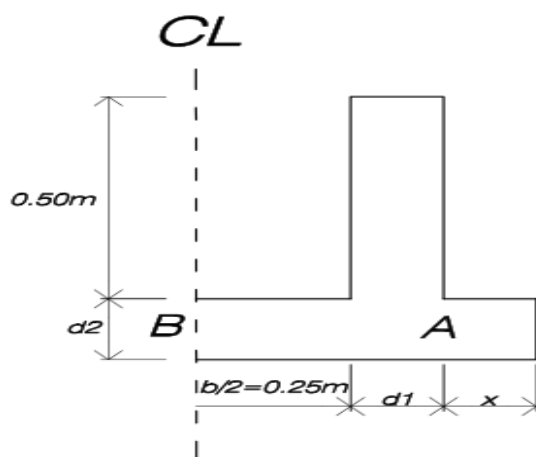
Angulo de fricción interna =13°

Capacidad portante del terreno= 0.60kg/cm<sup>2</sup>

Características del refuerzo del concreto

$$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$



**Figura 12:** Sección Transversal de la Cuneta 0.50x0.50

Coefficiente de Empuje Activo ( $k_a$ ), Ec. N°02

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 13/2)$$

$$K_a = 0.6327$$

### **A.1. Caso I: Cuneta sin agua**

De las figuras 8 y 10 tenemos:

$$H=0.50\text{m y } B=0.50\text{m}$$

Luego:

$$P_{si} = k_a * (q_s + q_p) = 0.6327 * (400 + 1000)$$

$$P_{si} = \mathbf{885.78 \text{ kg/m}^2}$$

$$h_{s/c} = \frac{q_s + q_p}{\gamma_s} = \frac{400 + 1000}{1800}$$

$$h_{s/c} = \mathbf{0.78 \text{ m}}$$

$$P_{s2} = K_a * \gamma_s * (H + H_{s/c}) = 0.6327 * 1800 * (0.5 + 0.78)$$

$$P_{s2} = \mathbf{1457.7408 \text{ kg/m}}$$

$$E_1 = 1/2 * (P_{si} + P_{s2}) * H = 1/2 * (885.78 + 1457.7408) * 0.50$$

$$E_1 = \mathbf{585.8802 \text{ kg/m}}$$

$$Y_1 = \frac{H^2 + 3 * H * h_{s/c}}{3 * (H + 2 * h_{s/c})} = \frac{0.50^2 + 3 * 0.50 * 0.78}{3 * (0.50 + 2 * 0.78)}$$

$$Y_1 = \mathbf{0.230\text{m}}$$

El momento en el punto “A”

$$M_A = E_1 * Y_1 = 585.8802 * 0.230$$

$$\mathbf{M_A = 134.61 \text{ kg} - m}$$

Calculamos  $d_1$  y  $d_2$

$$d = \frac{H}{15} = \frac{0.50}{15}$$

$$d = 0.033m$$

$$\rightarrow \mathbf{d_2 = d_1 = 0.15m}$$

Luego:

$$q = \gamma_a * (H + d_2^2) = 1000 * (0.5 + 0.15)$$

$$\mathbf{q = 650 \text{ kg/m}^2}$$

$$M_B = M_A - \frac{1}{8} * q * (b + d_1)^2 = 134.61 - \frac{1}{8} * 650 * (0.50 + 0.15)^2$$

$$M_B = 100.289 \text{ kg} - m$$

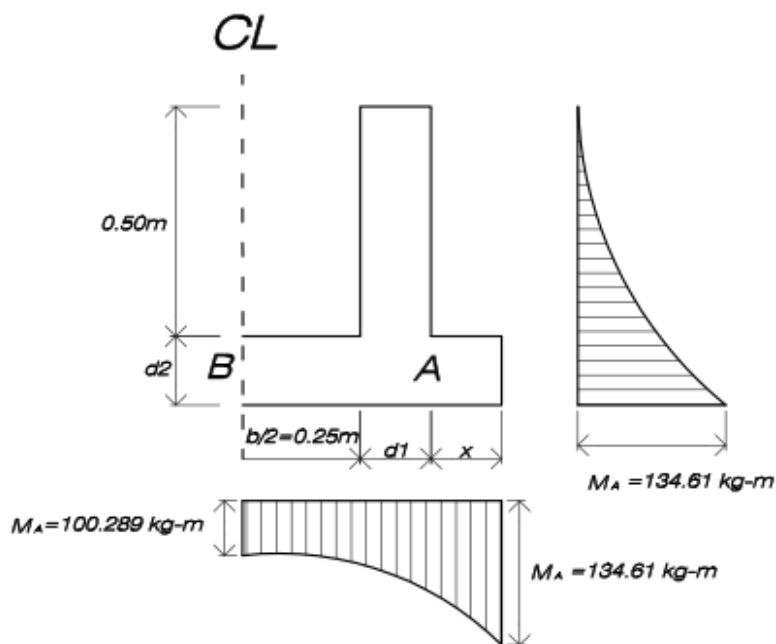


Figura 13: Diagrama de Momentos en la cuneta 0.50x0.50 para el Caso I

**Presión de la estructura sobre el terreno:**

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000}$$

$$P_1 = (b + 2 * d_1 + 2 * X) * d_2 * \gamma_c = (0.50 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.15 * 2400$$

$$P_1 = 396 \text{ kg}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c = 0.15 * 0.5 * 2400$$

$$P_2 = 180 \text{ kg}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x = 1800 * 0.50 * 0.15$$

$$P_3 = 135 \text{ kg}$$

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000} = \frac{396 + 2 * 180 + 2 * 135}{(0.5 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 10000}$$

$$\sigma_T = 0.093$$

**Factor de seguridad**

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} = \frac{0.6}{0.093}$$

$$F = 6.45 \geq 2$$

**A.2. CASO II: Cuneta llena hasta la cota superior de la pared lateral**

De la figura 10 y la figura 12 tenemos:

$$h' = \frac{q_p}{\gamma_s} = \frac{400}{1800}$$

$$h' = 0.222$$

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 13/2)$$

$$K_a = 0.6327$$

$$E_3 = 1/2 * K_a * \gamma_s * (H + 2h') = 1/2 * 0.6327 * 1800 * (0.50 + 2 * 0.222)$$

$$E_3 = 537.77 \text{ kg/m}$$

$$y_3 = \frac{H^2 + 3 * H * h'}{3 * (H + 2 * h')} = \frac{0.50^2 + 3 * 0.50 * 0.222}{3 * (0.50 + 2 * 0.222)}$$

$$y_3 = 0.206 \text{ m}$$

Empuje del Agua “ $E_2$ ” (kg/m)

$$E_2 = 1/2 * \gamma_a * H^2 = 1/2 * 1000 * 0.5^2$$

$$E_2 = 125 \text{ kg/m}$$

El momento en el punto “A” para el caso II

$$M_A = \frac{1}{3} * H * E_2 - E_3 * y_3 = \frac{1}{3} * 0.50 * 125 - 537.77 * 0.206$$

$$M_A = -89.947 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento en el punto “B”

$$Q = \gamma_a * H = 1000 * 0.50$$

$$Q = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = \frac{q * b^2}{8} - M_A = \frac{500 * 0.50^2}{8} - (-89.947)$$

$$M_B = 105.572 \text{ kg} - \text{m}$$

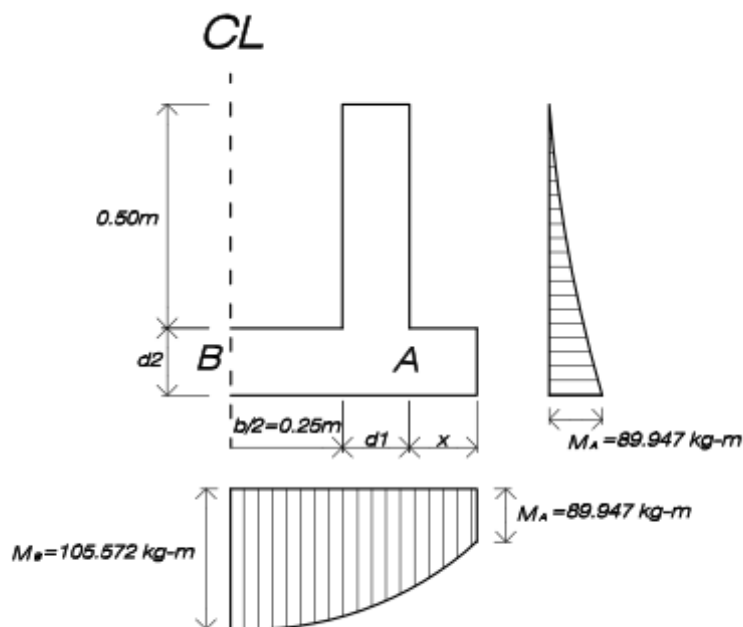


Figura 14: Diagrama de Momentos en la Cuneta 0.50x0.50 para el Caso II

Presión de la estructura sobre el terreno:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000}$$

$$P_1 = (b + 2 * d_1 + 2 * X) * d_2 * \gamma_c = (0.50 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.15 * 2400$$

$$P_1 = 396 \text{ kg}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c = 0.15 * 0.5 * 2400$$

$$P_2 = 180 \text{ kg}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x = 1800 * 0.50 * 0.15$$

$$P_3 = 135 \text{ kg}$$

$$Q = \gamma_a * H * b = 100 * 0.50 * 0.50$$

$$Q = 250 \text{ kg}$$

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000} = \frac{396 + 2 * 180 + 2 * 135 + 250}{(0.5 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 10000}$$

$$\sigma_T = 0.087$$

**Factor de seguridad**

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} = \frac{0.6}{0.087}$$

$$F = 6.89 \geq 2$$

### Cálculo del Refuerzo en las Paredes

Según las figuras:

Momento en la cara exterior mayor (Caso I)  $M_A = 134.61 \text{ kg/m}$

Haciendo uso de las Ecuaciones 34 y 35

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * (d - a/2)} \quad , \quad a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Luego el último momento es:

$$Mu = 1.8 * M = 1.8 * 134.61$$

$$\mathbf{Mu = 242.30 \text{ kg} - m}$$

$$\phi = 0.90$$

$$f_y = 42000 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 4 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 15 - (4 + 1.27/2)$$

$$d = 10.37 \text{ cm (asumiendo un refuerzo de } 1/2 \text{ " de } 1.27 \text{ cm de diametro)}$$

$$a = 0.147$$

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{242.30 * 100}{0.90 * 4200 * (10.37 - 0.147/2)}$$

$$\mathbf{A_s = 0.311 \text{ cm}^2}$$

$$A_{smin} = 0.0015 * b * d = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{smin} = 1.56 \text{ cm}^2 > A_s = 0.311 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{Usar: A_{smin} = 1.56 \text{ cm}^2 <> \Phi 3/8 @ .45m}$$



### Refuerzo en la losa de cuneta

Adoptaremos:

$$r = 4 \text{ cm (cara superior)}$$

$$r = 4 \text{ cm (cara inferior)}$$

Como se puede observar en las figuras 08 y 09 de los casos I y II, respectivamente no presenta flexión en la cara superior, por lo que se tomará el refuerzo mínimo, mientras que para la cara inferior tomaremos para el diseño el momento mayor producido en esta cara. Adoptaremos el diámetro de la barra  $\Phi 1/2''$  o sea 1.27cm.

### Refuerzo en la cara inferior y superior

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| <b>Caso I</b>  | <b>MA=134.61 kg-m</b>   |
|                | <b>MB=100.29 kg-m</b>   |
| <b>Caso II</b> | <b>MA= 89.947 kg-m</b>  |
|                | <b>MB= 105.572 kg-m</b> |

Tomaremos el mayor momento:

$$Mu = 1.8 * M = 1.8 * 134.61$$

$$Mu = 242.30 \text{ kg} - m$$

$$d = 15 - (4 + 1.27/2)$$

$$d = 10.37 \text{ cm (asumiendo un refuerzo de } 1/2'' \text{ de } 1.27 \text{ cm de diametro)}$$

$$A_{smin} = 0.0017 * b * d = 0.0017 * 100 * 10.4$$

$$A_{smin} = 1.77 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar: } A_{smin} = 1.77 \text{ cm}^2 <> \Phi 3/8 @ .40m$$

### Refuerzo de repartición por contracción y temperatura ( $A_{st}^{\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior

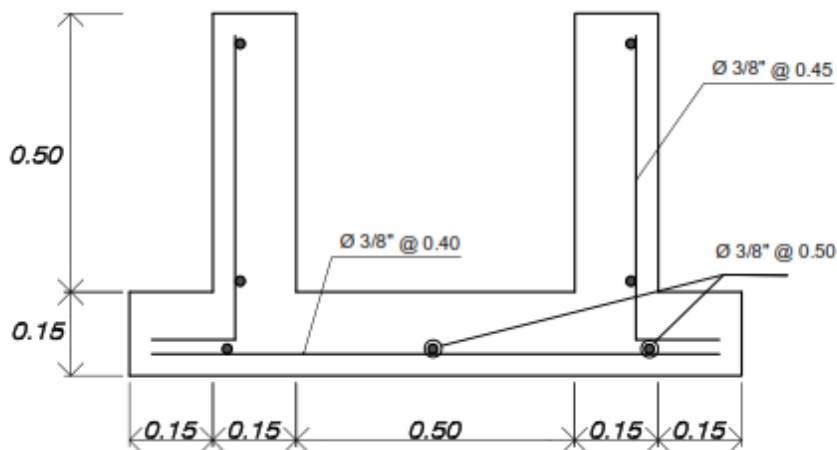
$$A_{st}^{\circ} = 0.0018 * b * d_1 = 0.0018 * 100 * 15$$

$$A_{st}^{\circ} = 2.70 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos

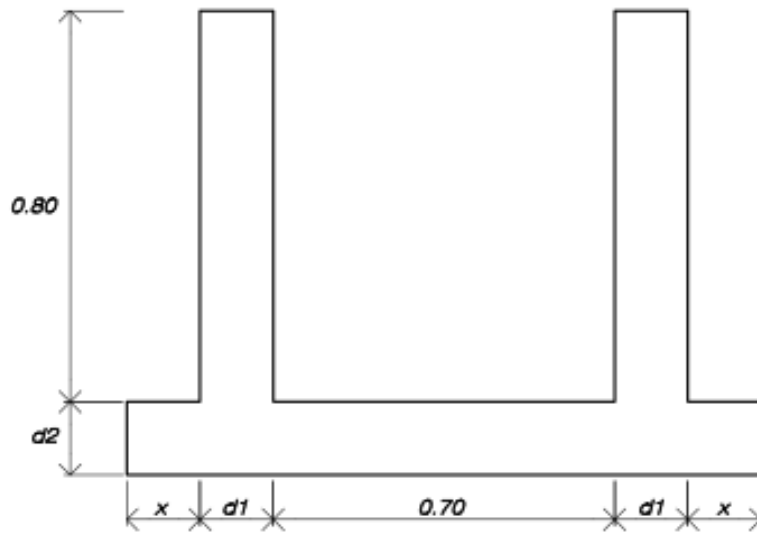
$$A_{st}^{\circ} = 2.70/2 = 1.35 \text{ cm}^2$$

**Usar:  $A_s$  longitudinal =  $1.35 \text{ cm}^2$   $\langle \rangle$   $\phi$  3/8 @ .50m**



**Figura 15:** Disposición de acero en la Cuneta 0.50x0.50

### 3.2.6.2.4.1.2 Diseño estructural de cuneta 0.70x0.80



*Figura 16:* Sección de cuneta 0.70x0.80

#### Datos de diseño:

Peso específico del suelo crítico, obtenida de estudio de suelos = 1800 kg/m<sup>3</sup>

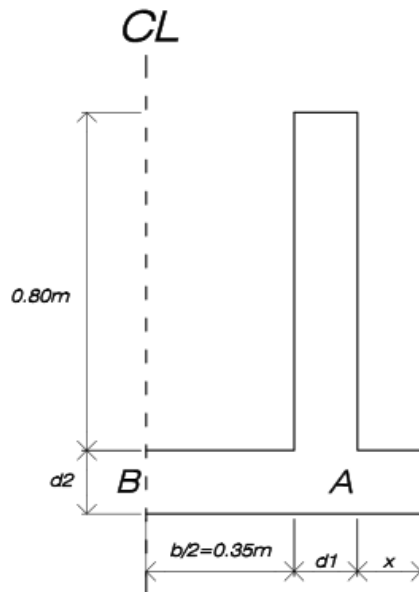
Angulo de fricción interna = 13°

Capacidad portante del terreno = 0.60 kg/cm<sup>2</sup>

Características del refuerzo del concreto

$$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$



**Figura 17:** Sección transversal de la cuneta 0.70x0.80

Coeficiente de Empuje Activo ( $k_a$ ), Ec. N°02

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 13/2)$$

$$K_a = 0.6327$$

### A.1. Caso I: Cuneta sin agua

De las figuras 5 y 12 tenemos:

$$H=0.80\text{m y } B=0.70\text{m}$$

**Luego:**

$$P_{si} = k_a * (q_s + q_p) = 0.6327 * (400 + 1000)$$

$$P_{si} = 885.78 \text{ kg/m}^2$$

$$h_{s/c} = \frac{q_s + q_p}{\gamma_s} = \frac{400 + 1000}{1800}$$

$$h_{s/c} = 0.78 \text{ m}$$

$$P_{s2} = K_a * \gamma_s * (H + H_{s/c}) = 0.6327 * 1800 * (0.8 + 0.78)$$

$$P_{s2} = 1799.3988 \text{ kg/m}$$

$$E_1 = 1/2 * (P_{si} + P_{s2}) * H = 1/2 * (885.78 + 1799.3988) * 0.50$$

$$E_1 = 671.7935 \text{ kg/m}$$

$$Y_1 = \frac{H^2 + 3 * H * h_{s/c}}{3 * (H + 2 * h_{s/c})} = \frac{0.80^2 + 3 * 0.80 * 0.78}{3 * (0.80 + 2 * 0.78)}$$

$$Y_1 = 0.355m$$

El momento en el punto "A"

$$M_A = E_1 * Y_1 = 671.7935 * 0.$$

$$M_A = 238.49 \text{ kg} - m$$

Calculamos  $d_1$  y  $d_2$

$$d = \frac{H}{15} = \frac{0.80}{15}$$

$$d = 0.053m$$

$$\rightarrow d_2 = d_1 = 0.15m$$

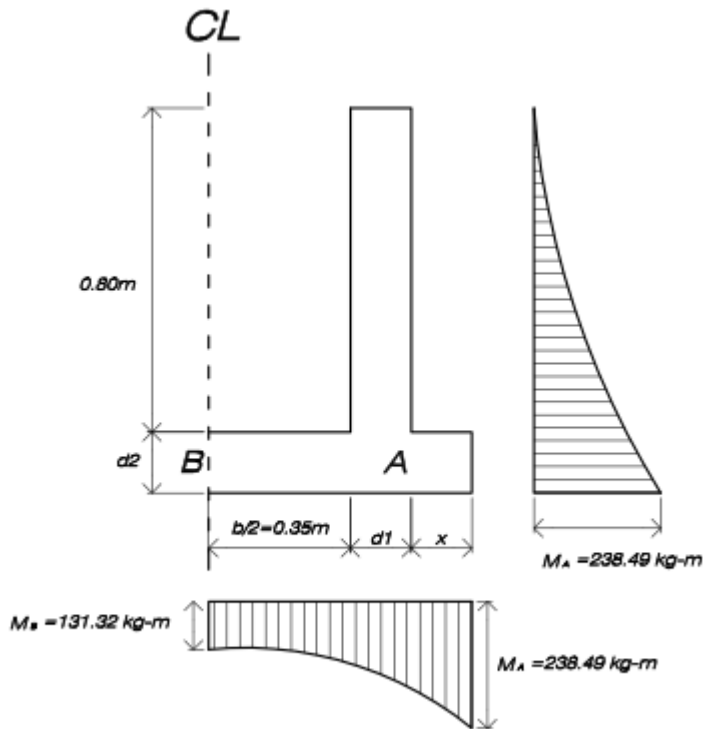
Luego:

$$q = \gamma_a * (H + d_2^2) = 1000 * (0.8 + 0.15)$$

$$q = 950 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = M_A - \frac{1}{8} * q * (b + d_1)^2 = 238.49 - \frac{1}{8} * 950 * (0.80 + 0.15)^2$$

$$M_B = 131.32 \text{ kg} - m$$



*Figura 18: Diagrama de momentos en la cuneta 0.70x0.80 para el caso I*

Presión de la estructura sobre el terreno:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000}$$

$$P_1 = (b + 2 * d_1 + 2 * X) * d_2 * \gamma_c = (0.70 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.15 * 2400$$

$$P_1 = 468 \text{ kg}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c = 0.15 * 0.8 * 2400$$

$$P_2 = 288 \text{ kg}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x = 1800 * 0.80 * 0.15$$

$$P_3 = 216 \text{ kg}$$

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000} = \frac{468 + 2 * 288 + 2 * 216}{(0.7 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 10000}$$

$$\sigma_T = 0.114$$

**Factor de seguridad**

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} = \frac{0.6}{0.114}$$

$$F = 5.26 \geq 2$$

**A.2. CASO II: Cuneta llena hasta la cota superior de la pared lateral**

De las figuras 10 y 17 tenemos:

$$h' = \frac{q_p}{\gamma_s} = \frac{400}{1800}$$

$$h' = 0.222$$

$$Ka = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 13/2)$$

$$Ka = 0.6327$$

$$E_3 = 1/2 * Ka * \gamma_s * (H + 2h') = 1/2 * 0.6327 * 1800 * (0.80 + 2 * 0.222)$$

$$E_3 = 708.37 \text{ kg/m}$$

$$y_3 = \frac{H^2 + 3 * H * h'}{3 * (H + 2 * h')} = \frac{0.80^2 + 3 * 0.80 * 0.222}{3 * (0.80 + 2 * 0.222)}$$

$$y_3 = 0.314 \text{ m}$$

Empuje del Agua “ $E_2$ ” (kg/m)

$$E_2 = 1/2 * \gamma_a * H^2 = 1/2 * 1000 * 0.8^2$$

$$E_2 = 320 \text{ kg/m}$$

El momento en el punto “A” para el caso II

$$M_A = \frac{1}{3} * H * E_2 - E_3 * y_3 = \frac{1}{3} * 0.80 * 320 - 708.37 * 0.314$$

$$M_A = -137.09 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento en el punto “B”

$$Q = \gamma_a * H = 1000 * 0.80$$

$$Q = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$M_B = \frac{q * b^2}{8} - M_A = \frac{800 * 0.80^2}{8} - (-137.09)$$

$$M_B = 201.09 \text{ kg} - \text{m}$$

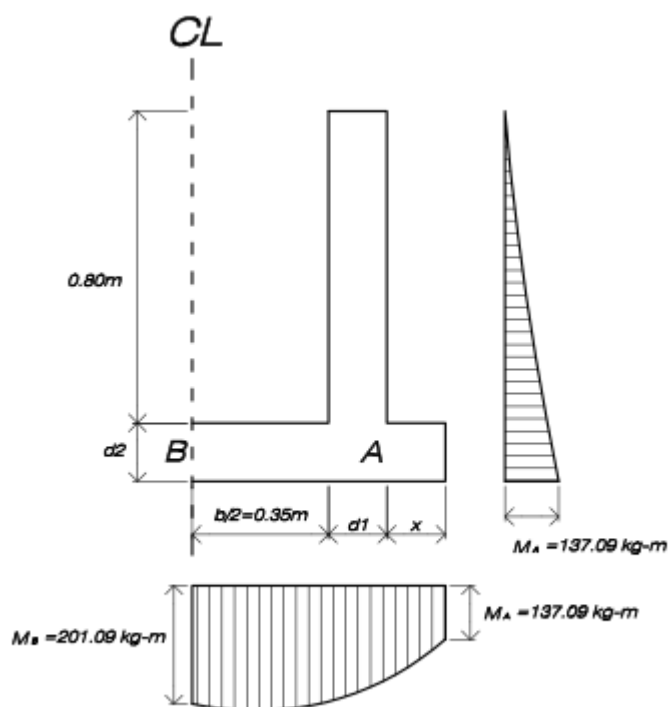


Figura 19: Diagrama de momentos en la cuneta 0.70x0.80 Caso II



Presión de la estructura sobre el terreno:

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000}$$

$$P_1 = (b + 2 * d_1 + 2 * X) * d_2 * \gamma_c = (0.70 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 0.15 * 2400$$

$$P_1 = 468 \text{ kg}$$

$$P_2 = d_1 * H * \gamma_c = 0.15 * 0.8 * 2400$$

$$P_2 = 288 \text{ kg}$$

$$P_3 = \gamma_s * H * x = 1800 * 0.80 * 0.15$$

$$P_3 = 216 \text{ kg}$$

$$Q = \gamma_a * H * b = 1000 * 0.80 * 0.70$$

$$Q = 560 \text{ kg}$$

$$\sigma_T = \frac{P_1 + 2 * P_2 + 2P_3 + Q}{(b + 2 * d_1 + 2 * X) * 10000} = \frac{468 + 2 * 288 + 2 * 216 + 560}{(0.7 + 2 * 0.15 + 2 * 0.15) * 10000}$$

$$\sigma_T = 0.157$$

**Factor de seguridad**

$$F = \frac{\sigma_t}{\sigma_T} = \frac{0.6}{0.157}$$

$$F = 3.83 \geq 2$$

### Cálculo del Refuerzo en las Paredes

Según las figuras:

Momento en la cara exterior mayor (Caso I)  $M_A = 238.49 \text{ kg/m}$

Haciendo uso de las Ecuaciones 34 y 35

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * (d - a/2)} \quad , \quad a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Luego el último momento es:

$$Mu = 1.8 * M = 1.8 * 238.49$$

$$\mathbf{Mu = 429.28 \text{ kg} - \text{m}}$$

$$\phi = 0.90$$

$$f_y = 42000 \text{ kg/cm}^2$$

$$R = 4 \text{ cm (recubrimiento)}$$

$$d = 15 - (4 + 1.27/2)$$

$$d = 10.37 \text{ cm (asumiendo un refuerzo de } 1/2 \text{ " de } 1.27 \text{ cm de diametro)}$$

$$a = 0.261$$

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{429.28 * 100}{0.90 * 4200 * (10.37 - 0.147/2)}$$

$$\mathbf{A_s = 1.109 \text{ cm}^2}$$

$$A_{smin} = 0.0015 * b * d = 0.0015 * 100 * 10.4$$

$$A_{smin} = 1.56 \text{ cm}^2 > A_s = 0.311 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{Usar: A_{smin} = 1.56 \text{ cm}^2 <> \Phi 3/8 @ .45m}$$

### Refuerzo en la losa de cuneta

Adoptaremos:

$$r = 4 \text{ cm (cara superior)}$$

$$r = 4 \text{ cm (cara inferior)}$$

Como se puede observar en las figuras 18 y 19 de los casos I y II, respectivamente no presenta flexión en la cara superior, por lo que se tomará el refuerzo mínimo, mientras que para la cara inferior tomaremos para el diseño el momento mayor producido en esta cara. Adoptaremos el diámetro de la barra  $\Phi 1/2''$  o sea 1.27cm.

### Refuerzo en la cara inferior y superior

|                |                        |
|----------------|------------------------|
| <b>Caso I</b>  | <b>MA=238.49 kg-m</b>  |
|                | <b>MB=131.32 kg-m</b>  |
| <b>Caso II</b> | <b>MA= 137.09 kg-m</b> |
|                | <b>MB= 201.09 kg-m</b> |

Tomaremos el mayor momento:

$$Mu = 1.8 * M = 1.8 * 238.49$$

$$Mu = 429.28 \text{ kg} - m$$

$$d = 15 - (4 + 1.27/2)$$

$$d = 10.37 \text{ cm (asumiendo un refuerzo de } 1/2'' \text{ de } 1.27 \text{ cm de diametro)}$$

$$A_{smin} = 0.0017 * b * d = 0.0017 * 100 * 10.4$$

$$A_{smin} = 1.77 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar: } A_{smin} = 1.77 \text{ cm}^2 <> \Phi 3/8 @ .40m$$

### Refuerzo de repartición por contracción y temperatura ( $A_{st}^{\circ}$ )

Este refuerzo servirá para la cara superior e inferior

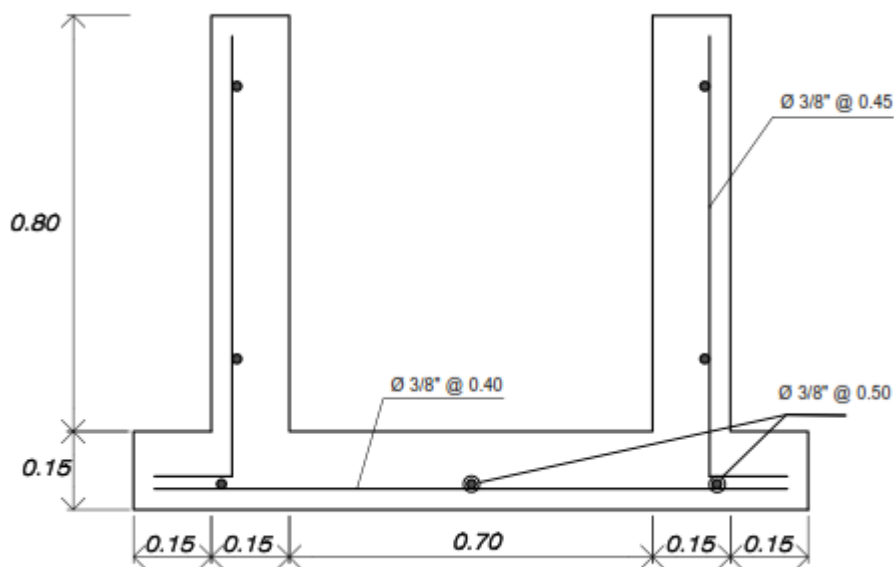
$$A_{st}^{\circ} = 0.0018 * b * d_1 = 0.0018 * 100 * 15$$

$$A_{st}^{\circ} = 2.70 \text{ cm}^2$$

Repartiendo en ambos sentidos

$$A_{st}^{\circ} = 2.70/2 = 1.35 \text{ cm}^2$$

**Usar: A: s longitudinal = 1.35 cm<sup>2</sup> <>  $\phi$  3/8 @ .50m**



**Figura 20:** Disposición de Acero en la Cuneta 0.70x0.80

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Estudio hidrológico e hidráulico para drenaje**

La presente trata de la consideración de las características geográficas, e hidrológicas, a la existencia del problema en materia de drenaje superficial en el área de intervención del proyecto “**Construcción de drenaje pluvial de la localidad el Parco, distrito el Parco – Bagua -Amazonas**”. En la localidad de El Parco aplicado a pavimentos; debido al carácter muy aleatorio de las múltiples variables (hidrológico-hidráulico, geológico-geotécnico) de análisis que entran en juego, aspectos hidráulicos que aún no están totalmente investigados en nuestro país; el planteamiento de las soluciones respectivas, obviamente estarán afectados por niveles de incertidumbres y riesgos inherentes al proyecto.

La Hidrología está referida al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, y la evapotranspiración.

El estudio hidrológico es fundamental para:

El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca en estudio.

El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de un río, arroyo, o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos; así como para prever un correcto diseño de obras de infraestructura vial.

La Hidráulica es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa (fuerza) y empuje de la misma.

#### **4.2 Objetivos y fines**

Se persigue alcanzar los siguientes objetivos y fines:

##### **Objetivo general**

Determinar los parámetros hidrológicos e hidráulicos de diseño de drenaje, de la presente obra de infraestructura vial.

### **Objetivos específicos**

Desarrollar estudios de hidrología e hidráulica, con criterios

Ingenieriles, metodologías y recomendaciones que ayuden a proyectar adecuadamente los elementos de drenaje del pavimento a diseñar.

Obtener consistentemente la estimación de la magnitud del caudal de diseño, diseñar obras de drenaje que permitan controlar y eliminar el exceso de agua superficial que discurren sobre la calzada, a fin de que no puedan comprometer la estabilidad de la estructura del pavimento, de acuerdo a las exigencias hidrológicas y geomorfológicas del área de estudio, sin afectar a la propiedad adyacente.

Determinar criterios de diseño de la obra de drenaje vial.

### **4.3 Finalidad del sistema de drenaje**

Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma del pavimento de concreto rígido eliminando el exceso de agua superficial y la sub superficial con las adecuadas obras de drenaje.

Restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de agua (natural del terreno o artificial construida previamente) que serían dañadas o modificadas por la construcción del nuevo pavimento rígido y que sin un debido cuidado en el proyecto, resultarían causando daños.

Desde estos puntos de vista y de una manera práctica, debe considerarse:

#### **En la etapa del planeamiento**

Establecer la localización del eje de las calzadas vehiculares.

En la etapa de diseño del sistema de drenaje

No afectar el drenaje natural del territorio (cursos de agua).

Canalizar las aguas superficiales provenientes de lluvias sobre las plataformas de pavimentos hacia cursos de agua existentes fuera de este, evitando que tenga velocidad erosiva.

Bajar la napa freática de aguas subterráneas si hubiere a niveles que no afecten las plataformas de pavimento a construir.

La aplicación de estos criterios, lleva al diseño de soluciones de ingeniería que, por su naturaleza, se agrupan en la forma siguiente:

Drenaje superficial

Drenaje subterráneo

#### **4.4 Drenaje superficial**

Finalidad del drenaje superficial.

El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas de las plataformas de pavimento de concreto rígido a construir para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial del pavimento y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de éste.

##### **El drenaje superficial comprende:**

La recolección de las aguas procedentes de la plataforma sus taludes y sus aéreas tributarias.

La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.

La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la pavimentación nueva de concreto.

##### **4.4.1 Antecedentes**

Para la elaboración del estudio definitivo de la pavimentación de la localidad de El Parco, se está diseñando la estructura del pavimento en base a las características de los materiales existentes en la zona, así como los resultados de la evaluación teórica estructural del pavimento rígido.

Para la determinación de los trabajos a ejecutar en la evaluación superficial y la evaluación estructural, así como en el análisis posterior de la información obtenida, se ha considerado al actual diseño como un pavimento rígido.

Se estará realizando el diseño del pavimento en base al tráfico previsto, a la capacidad soporte del material existente en la vía y a las condiciones ambientales de la zona. Para el pavimento se ha considerado un periodo de diseño de mínimo 20 años.

Para realizar el diseño de pavimento se identifican las variables del diseño correspondientes: el clima, donde se analizará tanto las precipitaciones como la temperatura; las cargas aplicadas de tráfico; los espesores de la estructura

Existente y finalmente se verificará la capacidad soporte de la plataforma de fundación. Estas variables se interrelacionan para determinar el diseño del pavimento representativo de la demanda actual de la vía.

#### **4.4.2 Caracterización climática**

La caracterización climática comprende básicamente el análisis de la precipitación y temperatura, con énfasis en la precipitación media, temperatura media y sus componentes: máxima y mínima.

Estos factores pueden modificar el comportamiento del pavimento, afectando la resistencia, durabilidad y capacidad de carga del sistema estructural. En tal sentido se hace un estudio del clima en la zona.

El clima en el área de estudio es de temperatura alta con promedio de 26°C , una mínima de 18 °C y una máxima de 35.70 °C; estas condiciones tórridas se deben a que el valle se encuentra dentro de la ecorregión del bosque seco ecuatorial o conocido por otros como yunga.

Las precipitaciones pluviales son de 65.554 mm /h, en la región las lluvias se dan durante el primer semestre del año, en algunas ocasiones los canales de regadío que circundan la localidad se desbordan e ingresan a las viviendas; los aguaceros cada cierto tiempo se combinan con los vendavales, estos fenómenos cíclicos destruyen árboles echando abajo cables eléctricos, el techo de las casas que mayormente es una estructura de calamina es arrancada y desplazada cientos de metros.

#### **4.4.3 Estación meteorológica**

La información utilizada en el estudio referente a registros de precipitación máxima en 24 horas es la información de la estación climatológica ordinaria del SENAMHI. Esta estación se encuentra actualmente en funcionamiento, por lo tanto, tenemos datos de precipitación de los últimos 6 años.

En la tabla 10 “Estaciones pluviométricas”, se muestra el tipo de estación, su ubicación, altitud y periodo de registro.



**Tabla 10***Estaciones pluviométricas*

| Nombre de la estación | Tipo | Entidad | Ubicación  |            | Altitud m.s.n.m. | Provincia | Departamento | Distrito   | Periodo De Registro |
|-----------------------|------|---------|------------|------------|------------------|-----------|--------------|------------|---------------------|
|                       |      |         | Latitud    | Longitud   |                  |           |              |            |                     |
| Bagua Chica           | CO   | SENAMHI | 05°39'38"S | 78°32'32"W | 410              | Amazonas  | Utcubamba    | El Milagro | 2008-2014           |

**4.5 Precipitaciones**

De acuerdo a la data obtenida se puede distinguir que las lluvias de los meses de Junio a Setiembre son de manera más constante y que los meses de Octubre, Noviembre, Marzo y Mayo registran los mayores valores de precipitación.

Los registros de precipitación se muestran a continuación:

**Tabla 11***Precipitación máxima en 24 horas (mm)*

| Estación                              | : Bagua Chica |              |              |              |              | Latitud      | : 05°39'38" S  |              |              | Departamento | : Amazonas   |              |               |  |
|---------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--|
| Categoría                             | : CO          |              |              |              |              | Longitud     | : 78°32'32" W  |              |              | Provincia    | : Utcubamba  |              |               |  |
| Precipitación máxima en 24 horas (mm) |               |              |              |              |              | Altitud      | : 410 m.s.n.m. |              |              | Distrito     | : El Milagro |              |               |  |
| Año                                   | Ene           | Feb          | Mar          | Abr          | May          | Jun          | Jul            | Ago          | Set          | Oct          | Nov          | Dic          | Anual         |  |
| 2012                                  | 51.20         | 31.80        | 29.00        | 27.60        | 68.20        | 46.20        | 34.50          | 33.90        | 30.60        | 30.73        | 86.00        | 28.20        | <b>497.93</b> |  |
| 2003                                  | 11.80         | 9.53         | 63.60        | 37.10        | 84.30        | 46.10        | 32.90          | 37.10        | 44.60        | 50.90        | 87.20        | 10.90        | <b>516.03</b> |  |
| 2014                                  | 3.60          | 67.00        | 52.80        | 49.30        | 90.20        | 24.30        | 54.20          | 28.20        | 20.90        | 61.80        | 84.10        | 77.00        | <b>613.40</b> |  |
| 2015                                  | 70.20         | 35.00        | 99.80        | 46.50        | 72.10        | 54.30        | 23.80          | 6.00         | 28.20        | 33.30        | 89.40        | 158.30       | <b>716.90</b> |  |
| 2016                                  | 70.90         | 105.90       | 53.90        | 88.50        | 33.80        | 24.20        | 35.70          | 4.90         |              |              |              |              | <b>417.80</b> |  |
| 2017                                  | 46.00         | 55.90        | 59.30        | 19.40        | 121.30       | 21.40        | 15.00          | 76.70        | 31.30        | 163.10       | 22.40        | 12.40        | <b>644.20</b> |  |
| <b>Promedio</b>                       | <b>42.28</b>  | <b>50.86</b> | <b>59.73</b> | <b>44.73</b> | <b>78.32</b> | <b>36.08</b> | <b>32.68</b>   | <b>31.13</b> | <b>31.12</b> | <b>67.97</b> | <b>73.82</b> | <b>57.36</b> | <b>567.71</b> |  |

En la estación de Bagua Chica, la precipitación pluvial registrada por SENAMHI en el periodo de 2012 a 2017, durante los meses de Junio a Setiembre, disminuyen en promedio a 32.75 mm. Los meses de Octubre, Noviembre, Marzo y Mayo; se caracterizan por un régimen de lluvias promedio de 73.48 mm. El promedio mínimo anual de las precipitaciones es de 31.12 mm. y el promedio máximo anual es de 78.32 mm. La precipitación máxima registrada es de 163.10 mm., en el mes de Octubre del 2013.

En la tabla 12 “Precipitaciones Máximas en 24 horas – Estación Bagua Chica”, se registra la serie histórica de las precipitaciones en la zona,

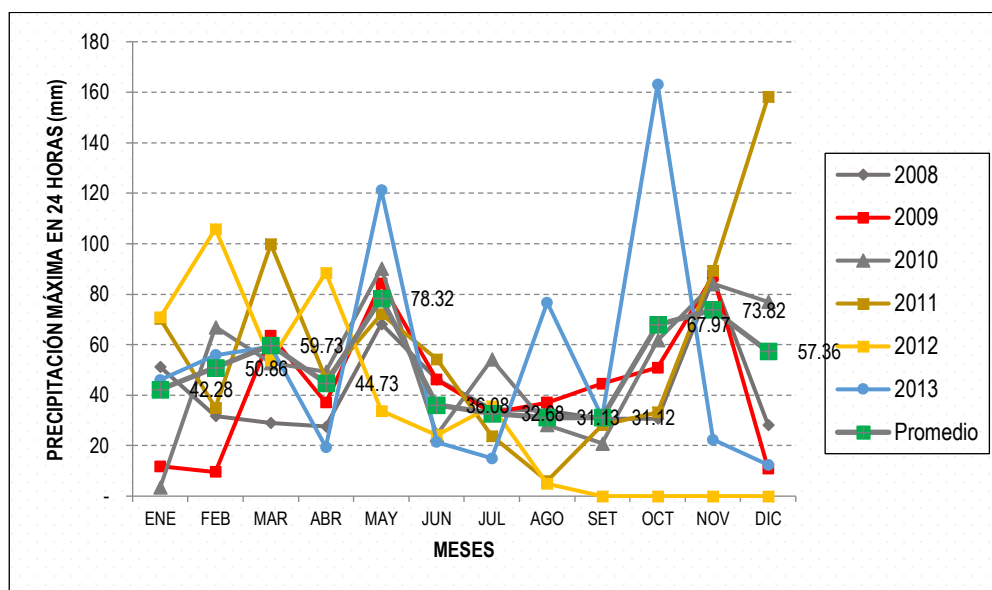
Durante el periodo 2012 – 2017.

**Tabla 12**

*Serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas*

| N° | Año  | Max. anual (mm) | Mes |
|----|------|-----------------|-----|
| 1  | 2012 | 86.00           | Nov |
| 2  | 2013 | 87.20           | Nov |
| 3  | 2014 | 90.20           | Dic |
| 4  | 2015 | 158.30          | Dic |
| 5  | 2016 | 105.90          | Ago |
| 6  | 2017 | 163.10          | Dic |

En la Figura 11 “Registro pluviométrico – Estación Bagua Chica”, se muestra la variabilidad de las precipitaciones pluviales en la zona de estudio.



**Figura 11:** Registro pluviométrico – estación Bagua Chica

#### 4.6 Temperaturas

De acuerdo a los datos obtenidos del SENAMHI, se puede notar que durante todo el año se presentan temperaturas altas, siendo en los meses de Noviembre y Diciembre en los que se presentan los valores más altos. Los registros de temperatura se presentan a continuación:

**Tabla 13***Temperatura media mensual (2012 – 2017)*

|                                |                        |                         |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Estación : Bagua Chica         | Latitud : 05°39'38" S  | Departamento : Amazonas |
| Categoría : CO                 | Longitud : 78°32'32" W | Provincia : Utcubamba   |
| Temperatura media mensual (°C) | Altitud : 410 m.s.n.m. | Distrito : El Milagro   |

| Año             | Ene          | Feb          | Mar          | Abr          | May          | Jun          | Jul          | Ago          | Set          | Oct          | Nov          | Dic          | Prom. Anual  |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2012            | 25.31        | 25.39        | 25.48        | 25.77        | 25.41        | 31.55        | 24.72        | 25.88        | 25.27        | 26.10        | 26.57        | 26.49        | <b>26.16</b> |
| 2003            | 25.14        | 24.98        | 25.40        | 27.11        | 25.20        | 24.80        | 24.30        | 25.30        | 25.50        | 26.60        | 28.20        | 29.80        | <b>26.03</b> |
| 2014            | 27.46        | 27.50        | 28.80        | 28.17        | 27.52        | 27.03        | 26.84        | 28.17        | 27.60        | 28.70        | 28.22        | 27.56        | <b>27.80</b> |
| 2015            | 28.07        | 27.40        | 27.37        | 26.55        | 26.47        | 26.50        | 25.80        | 27.35        | 26.80        | 27.80        | 28.28        | 27.17        | <b>27.13</b> |
| 2016            | 27.42        | 26.64        | 26.75        | 27.20        | 25.86        | 26.46        | 26.20        | 27.17        |              |              |              |              | <b>26.71</b> |
| 2017            | 28.15        | 27.35        | 27.90        | 28.12        | 27.42        | 26.01        | 25.64        | 26.41        | 27.57        | 28.13        | 28.65        | 27.91        | <b>27.44</b> |
| <b>Promedio</b> | <b>26.93</b> | <b>26.54</b> | <b>26.95</b> | <b>27.15</b> | <b>26.31</b> | <b>27.06</b> | <b>25.58</b> | <b>26.71</b> | <b>26.55</b> | <b>27.47</b> | <b>27.98</b> | <b>27.79</b> | <b>26.92</b> |

En esta parte de la región, la temperatura máxima media mensual registrada para el periodo 2012 – 2017, fue de 31.55°C.

En el Cuadro N°05 “Registro Climatológico – SENAMHI”, muestra los datos registrados por la Oficina General de Estadística e Informática, con respecto a la temperatura máxima media mensual y la temperatura mínima media mensual durante el periodo 2002 – 2017 de la Estación de Bagua.

**Tabla 14***Registro climatológico (SENAMHI)*

| Año  | Temperatura Max. Media Mensual °C | Mes | Temperatura Min. Media Mensual °C | Mes |
|------|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 2012 | 31.55                             | Jun | 24.72                             | Jul |
| 2013 | 29.80                             | Dic | 24.30                             | Jul |
| 2014 | 28.80                             | Mar | 26.84                             | Jul |
| 2015 | 28.28                             | Nov | 25.80                             | Jul |
| 2016 | 27.42                             | Ene | 25.86                             | May |
| 2017 | 28.65                             | Nov | 25.64                             | Jul |

En la Figura 12 “Temperatura Media Mensual”, se muestra la variabilidad de las temperaturas máximas y mínimas en la zona de estudio.

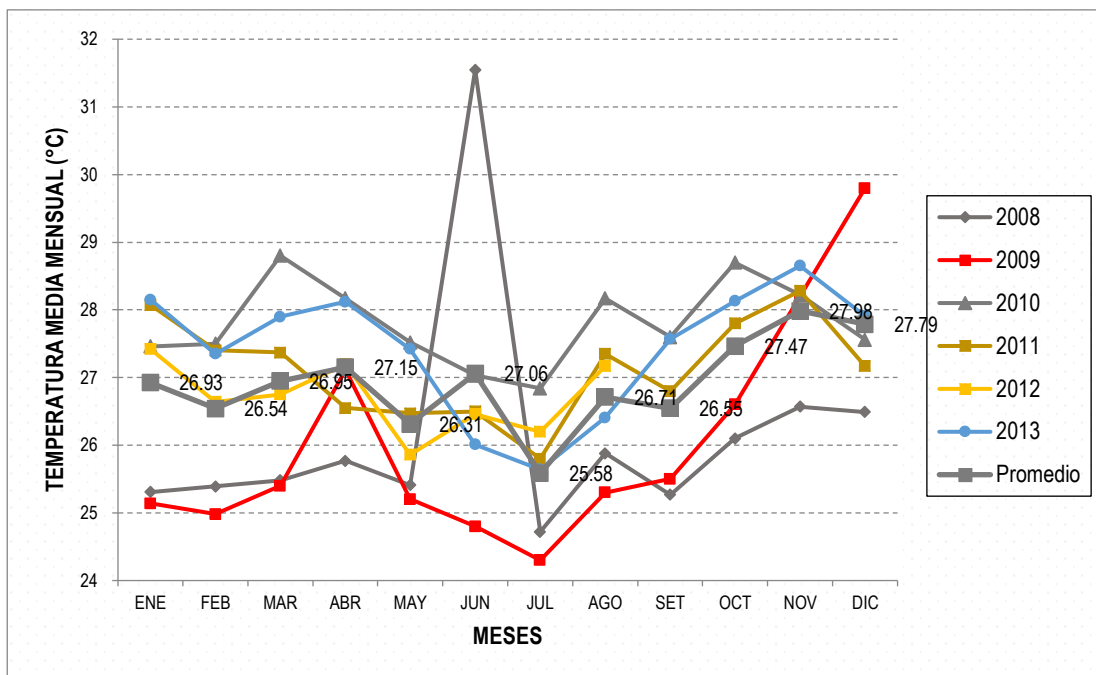


Figura 12: Temperatura media mensual – estación Bagua Chica

#### 4.7 Cálculo hidráulico

El agua que fluye a lo largo de la superficie de la plataforma, tanto del propio pavimento como de lo aportado por las calles y avenidas adyacentes, debe ser encauzada y evacuada de tal forma que no se produzcan daños al pavimento ni afecte su transitabilidad.

Para evitar el impacto negativo de la presencia del agua, en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad, en esta sección se considerará los distintos tipos de obras necesarios para captar y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la avenida, las que pueden provenir de las precipitaciones pluviales y/o de las calles adyacentes.

#### 4.8 Periodo de retorno

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

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de la obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la

estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

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

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

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

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

En el Cuadro N°05 se presenta el valor  $T$  para varios riesgos permisibles  $R$  y para la vida útil  $n$  de la obra.

**Tabla 15**

*Valores de período de retorno  $T$  (años)*

| Riesgo<br>admissible<br><b>R</b> | Vida útil de las obras (n años) |          |          |          |           |           |           |           |            |            |
|----------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
|                                  | <b>1</b>                        | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>20</b> | <b>25</b> | <b>50</b> | <b>100</b> | <b>200</b> |
| 0.01                             | 100                             | 199      | 299      | 498      | 995       | 1990      | 2488      | 4975      | 9950       | 19900      |
| 0.02                             | 50                              | 99       | 149      | 248      | 495       | 990       | 1238      | 2475      | 4950       | 9900       |
| 0.05                             | 20                              | 39       | 59       | 98       | 195       | 390       | 488       | 975       | 1950       | 3900       |
| 0.10                             | 10                              | 19       | 29       | 48       | 95        | 190       | 238       | 475       | 950        | 1899       |
| 0.20                             | 5                               | 9        | 14       | 23       | 45        | 90        | 113       | 225       | 449        | 897        |
| 0.25                             | 4                               | 7        | 11       | 18       | 35        | 70        | 87        | 174       | 348        | 696        |
| 0.50                             | 2                               | 3        | 5        | 8        | 15        | 29        | 37        | 73        | 145        | 289        |
| 0.75                             | 1                               | 2        | 3        | 4        | 8         | 15        | 19        | 37        | 73         | 145        |
| 0.99                             | 1                               | 1        | 1        | 2        | 3         | 5         | 6         | 11        | 22         | 44         |

De acuerdo a los valores presentados en la tabla 15 se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje:

**Tabla 16***Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje*

| <b>Tipo de obra</b>  | <b>Riesgo admisible<br/>%</b> |
|--|-------------------------------|
| Puentes (*)  | 22                            |
| Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes                 | 39                            |
| Alcantarillas de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas | 64                            |
| Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)                          | 64                            |
| Subdrenes  | 72                            |
| Defensas Ribereñas   | 22                            |

(\*) Para la obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias

Se recomienda un periodo de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación

Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.

El propietario de una obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras

Por lo tanto, para el diseño hidráulico de la pavimentación se utilizarán las siguientes variables:

Vida útil de la obra (n) = 20 años

Riesgo admisible (R) = 64%

Período de retorno (T) = 20 años

#### **4.9 Riesgo de obstrucción**

Las condiciones de funcionamiento del drenaje longitudinal se verán afectadas por obstrucción debido al material sólido arrastrado por la corriente, por ello, debe efectuarse un adecuado diseño, que su vez permita realizar un adecuado mantenimiento.

#### **4.10 Velocidad máxima del agua**

La pendiente longitudinal (i) debe estar comprendida entre la condición de auto limpieza y la que produciría velocidades erosivas, es decir:

$$0.5 \% < i < 2 \%$$

La corriente no debe producir daños importantes por erosión en la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijado en el Cuadro N°07 en función de la naturaleza de dicha superficie.

**Tabla 17**

*Velocidad máxima del agua*

| <b>Tipo de superficie</b>                             | <b>máxima<br/>velocidad<br/>admisible (m/s)</b> |
|---|---|
| Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)            | 0.20 - 0.60                                     |
| Arena arcillosa, dura, margas duras                   | 0.60 - 0.90                                     |
| Terreno parcialmente cubierto de vegetación           | 0.60 - 1.20                                     |
| Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal | 1.20 - 1.50                                     |
| Hierba  | 1.20 - 1.80                                     |
| Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas           | 1.40 - 2.40                                     |
| Mampostería, rocas duras                              | 3.00 - 4.50                                     |
| Concreto  | 4.50 - 6.00                                     |

*\*Para flujos de corta duración*

Si la corriente pudiera conducir material en suspensión (limo, arena, etc.) se cuidará de que una reducción de la velocidad del agua no provoque su sedimentación, o se dispondrán depósitos de sedimentación para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.

Para nuestro diseño se utilizará cunetas de concreto, por lo que la velocidad máxima del agua, se tomará:

$$V = 4.50 \text{ m/s}$$

#### **4.11 Cunetas**

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado del pavimento, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial.

Se proyectarán para todos los tramos al pie del pavimento, longitudinalmente paralela y adyacente a la vereda y serán de concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Serán del tipo rectangular formada por la rasante transversal del pavimento que tiene pendiente entre 1.30 y 2% y el sardinel y/o filo de veredas, la profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo de la cuneta.

**a) Capacidad de las cunetas:**

Se rige por dos límites:

Caudal que transita con la cuneta llena

Caudal que produce la velocidad máxima admisible

Para el diseño hidráulico de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = AxV = \left( \frac{AxRh^{2/3}xS^{1/2}}{n} \right)$$

**Dónde:**

Q : Caudal (m<sup>3</sup>/seg)

V : Velocidad media (m/s)

A : Área de la sección (m<sup>2</sup>)

P : Perímetro mojado (m)

Rh: A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado).

S : Pendiente del fondo (m/m)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

**b) Caudal Q de aporte:**

Es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud de cuneta. Se calcula mediante la siguiente expresión:

**Método racional**

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km<sup>2</sup> y con tiempos de concentración (Tc) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{CxIx A}{3.6}$$

**Dónde:**

Q : Caudal en m<sup>3</sup>/s

C : Coeficiente de escurrimiento de la cuenca



A : Área aportante en Km<sup>2</sup>

I : Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

### **Tiempo de Concentración (T<sub>c</sub>)**

$$T_c = 0.3 (L/S^{0.25})^{0.76}$$

#### **Dónde:**

Longitud del cauce mayor (L) = 1.982 Km

Pendiente promedio del cauce mayor (S) = 0.013 m/m

#### **Por lo tanto:**

Tiempo de Concentración (T) = 1.00horas

### **Coefficiente de Uniformidad (K)**

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

#### **Dónde:**

Tiempo de concentración (T<sub>c</sub>) = 1.00 horas

Por lo tanto:

Coefficiente de Uniformidad (K) = 1.076

### **Coefficiente de simultaneidad o Factor reductor (K<sub>a</sub>)**

$$K_a = 1 - (\log_{10}A/15)$$

#### **Dónde:**

Área de la cuenca (A) = 0.0332 km<sup>2</sup>

Por lo tanto:

Factor reductor (K<sub>a</sub>) = 0.80

**Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)**

$$P = K_a P_d$$

**Dónde:**

$$\text{Factor reductor (K}_a\text{)} = 0.80$$

$$\text{Precipitación máxima diaria (P}_d\text{)} = 6.61 \text{ mm}$$

Por lo tanto:

$$\text{Precipitación máxima corregida (P)} = 5.29 \text{ mm}$$

**Intensidad de Precipitación (I)**

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

**Dónde:**

$$\text{Precipitación máxima corregida (P)} = 3.55 \text{ mm}$$

$$\text{Tiempo de concentración (T}_c\text{)} = 1.00 \text{ horas}$$

Por lo tanto:

$$\text{Intensidad de precipitación (I)} = 5.29 \text{ mm/h}$$

**Tabla 18**

*Coefficientes de escorrentía – método racional*

| Cobertura vegetal         | Tipo de suelo | Pendiente del terreno |               |               |               |                      |
|---------------------------|---------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
|                           |               | Pronunciada<br>> 50%  | Alta<br>> 20% | Media<br>> 5% | Suave<br>> 1% | Despreciable<br>< 1% |
| Sin vegetación            | Impermeable   | 0.80                  | 0.75          | 0.70          | 0.65          | 0.60                 |
|                           | Semipermeable | 0.70                  | 0.65          | 0.60          | 0.55          | 0.50                 |
|                           | Permeable     | 0.50                  | 0.45          | 0.40          | 0.35          | 0.30                 |
| Cultivos                  | Impermeable   | 0.70                  | 0.65          | 0.60          | 0.55          | 0.50                 |
|                           | Semipermeable | 0.60                  | 0.55          | 0.50          | 0.45          | 0.40                 |
| Pastos, vegetación ligera | Permeable     | 0.40                  | 0.35          | 0.30          | 0.25          | 0.20                 |
|                           | Impermeable   | 0.65                  | 0.60          | 0.55          | 0.50          | 0.45                 |
|                           | Semipermeable | 0.55                  | 0.50          | 0.45          | 0.40          | 0.35                 |
| Hierba, grama             | Permeable     | 0.35                  | 0.30          | 0.25          | 0.20          | 0.15                 |
|                           | Impermeable   | 0.60                  | 0.55          | 0.50          | 0.45          | 0.40                 |
| Bosques, densa vegetación | Semipermeable | 0.50                  | 0.45          | 0.40          | 0.35          | 0.30                 |
|                           | Permeable     | 0.30                  | 0.25          | 0.20          | 0.15          | 0.10                 |
|                           | Impermeable   | 0.55                  | 0.50          | 0.45          | 0.40          | 0.35                 |
|                           | Semipermeable | 0.45                  | 0.40          | 0.35          | 0.30          | 0.25                 |
|                           | Permeable     | 0.25                  | 0.20          | 0.15          | 0.10          | 0.05                 |

**Entonces:**

Coefficiente de Escorrentía (C) = 0.65

Área aportante (A) = 0.042 Km<sup>2</sup>

Intensidad de la lluvia de diseño (I) = 1.518 mm/h

Por lo tanto:

Caudal de diseño (Q) = 0.012 m<sup>3</sup>/s

**c) Dimensiones Mínimas**

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales.

Para lograr el funcionamiento adecuado de la sección hidráulica, se requiere que en el proyecto vial se considere necesario establecer la necesidad de mantenimiento de cunetas por lo menos dos veces al año (antes y después del período de lluvia, especialmente en zonas de sierra y selva del país).

$$Q = V \times A$$

**Dónde:**

Caudal de diseño (Q) = 0.012 m<sup>3</sup>/s

Velocidad máxima del agua (V) = 4.50 m/s

Por lo tanto:

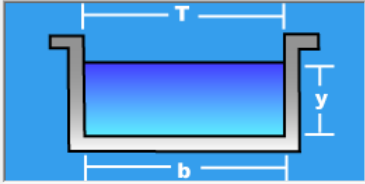
Área de sección mínima de cuneta (A) = 0.003 m<sup>2</sup>

**d) Desagüe de las Cunetas**

La descarga de agua de las cunetas se efectuará por medio de descarga libre de demasías hacia las calles transversales de alivio; la longitud de las cunetas será según la longitud de cada manzana urbana. En este aspecto, se realizará una evaluación exhaustiva para ubicar adecuadamente los puntos de descarga de alivio sin afectar la propiedad adyacente.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Lugar:</b> <input type="text" value="EL PARCO"/></p> <p><b>Tramo:</b> <input type="text" value="AV. TUPAC AMARU"/></p> | <p><b>Proyecto:</b> <input type="text" value="PAVIMENTACION EL PARCO"/></p> <p><b>Revestimiento:</b> <input type="text" value="SI"/></p> |
|--|--|





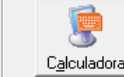
  

|                      |  |  |
|----------------------|--|--|
| <b>Datos:</b>        |  |  |
| Caudal (Q):          | <input type="text" value="0.3525"/> m3/s |  |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="0.5000"/> m    |  |
| Talud (Z):           | <input type="text" value="0.0000"/>      |  |
| Rugosidad (n):       | <input type="text" value="0.0170"/>      |  |
| Pendiente (S):       | <input type="text" value="0.0130"/> m/m  |  |

|                       |   |                         |   |
|-----------------------|---|-------------------------|---|
| <b>Resultados:</b>    |   |                         |   |
| Tirante normal (y):   | <input type="text" value="0.3729"/> m   | Perímetro (p):          | <input type="text" value="1.2458"/> m       |
| Area hidráulica (A):  | <input type="text" value="0.1864"/> m2  | Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="0.1497"/> m       |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="0.5000"/> m   | Velocidad (v):          | <input type="text" value="1.8906"/> m/s     |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="0.9885"/>     | Energía específica (E): | <input type="text" value="0.5551"/> m-Kg/Kg |
| Tipo de flujo:        | <input type="text" value="Subcrítico"/> |                         |   |

|  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|  <a href="#">Calcular</a> |  <a href="#">Limpiar Pantalla</a> |  <a href="#">Imprimir</a> |  <a href="#">Menú Principal</a> |  <a href="#">Calculadora</a> |
|--|--|--|--|---|

|                                     |            |            |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Realiza la impresión de la pantalla | 12:53 a.m. | 06/08/2015 |
|-------------------------------------|------------|------------|

**Jorge Chávez**

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Análisis y discusión de resultados

El planteamiento Hidráulico desarrollado en la presente Tesis, tiene como objetivo el de encausar el mayor caudal de aguas de lluvia posible, hasta entregar en los emisores respectivos.

Luego de efectuar los cálculos de diseño necesarios para cumplir con los objetivos propuestos, se optó por elegir un tipo de cuneta rectangular y revestida, con la finalidad de conseguir mayor eficiencia y protegerla de la erosión.

Los tirantes y las velocidades calculadas en los diversos tramos, están variando en función a las pendientes por lo que se puede notar tirantes no constantes, en tramos donde la pendiente es mayor, se notan menores tirantes y mayores velocidades.

Las cotas de rasantes, donde se observa que los colectores principales siguen la topografía del terreno, cada siguiente tramo corresponde a una cota más baja de tal modo que el emisor se encuentra en la cota más baja del sistema, asegurando de ésta manera la continuidad de flujo.

El dimensionamiento hidráulico y estructural de los colectores, cunetas y alcantarillas se realizó de acuerdo a los criterios de diseño señalados en ítem antes mencionados.

Se considerará la **Avenida Túpac Amaru, Calle San Martín, Jr. José Olaya, Jr. Bolívar, Jr. Jorge Chávez, Jr. Bagua, parte del Jr. Amazonas, y Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Atahualpa, Jr. Huáscar y Jr. S/N 01 y 02** se La primera, en la

Según los resultados obtenidos de la determinación de las Áreas de acero en la cuneta de sección  $0.60 * 0.40$ , se considera cunetas de concreto simple a las cunetas de menor sección a lo manifestado, ya que los aceros predominantes son mínimos.

Las cunetas de sección  $0.70 * 0.50$  y  $1.00 * 0.70$  mts respectivamente, se consideran como alcantarillas (sección cerrada), debido a que conducen caudales considerables capaces de

arrastrar a un niño; convirtiéndola en una estructura de alto riesgo para los moradores que habitan por las inmediaciones de los mismos.

Se usara concreto  $f'c = 175 \text{ kg/m}^2$  en cunetas de concreto simple y armado y un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/m}^2$  para Obras de Arte en general.

Los aceros predominantes de los resultados obtenidos en el cálculo estructural en las alcantarillas, son los aceros ubicados en la cara interior (centro de losa) de la losa inferior (donde se presentan los máximos esfuerzos).

Se proyecta una obra de arte típica en las zonas de entrega, que consiste en un emboquillado de piedra típica.

De acuerdo a los análisis físicos y mecánicos a que fueron sometidos las muestras tomados de las calicatas realizadas en la zona de estudio, no existe material orgánico, ni arena limpia que pueden producir asentamientos por fenómeno sísmicos y/o peso de estructura, tal como se aprecia en el chequeo de presiones de la estructura sobre el terreno realizado en el diseño estructural de cunetas

Las alturas de descargas predominantes entre cunetas, tiene como  $H_{\text{mim}}=0.20\text{mt}$ , la misma que obedece a las alturas y/o cotas determinadas de la rasante de cuneta presentado en los planos de perfiles longitudinales, garantizando de esta manera la caída libre de aguas, la cual evita el choque de caudales.

Del levantamiento planimétrico y altimétrico realizado en el área de estudio se colocaron 02 HITOS referenciales, en zonas fijas, debidamente enumeradas, tal como se presenta en el plano de ubicación de Hitos PUH.

El acero predominante en las alcantarillas, colectores y cunetas diseñadas es de  $\Phi 3/8"$ , la misma que obedece a la memoria de cálculo realizada en dichas estructuras

Los tirantes de aguas presentados en todas las cunetas del sistema, son menores a la altura "H" de paredes de las cunetas receptoras, garantizando de ésta manera la caída libre de agua.

## **5.2 Selección de alternativa**

El diseño hidráulico y estructural del drenaje Pluvial urbano de las vías: **Avenida Túpac Amaru, Calle San Martín, Jr. José Olaya, Jr. Bolívar, Jr. Jorge Chávez, Jr. Bagua, parte del Jr. Amazonas, y Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Atahualpa, Jr. Huáscar y Jr. S/N 01 y 02** es una alternativa de solución para mejorar la calidad de vida de la población. Y, después de realizar el planteamiento y diseño Hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial, por el cual se evacua el caudal producto de las precipitaciones pluviales, se ha optado por el diseño seleccionado y presentado en los planos considerando la evacuación del caudal hacia los ríos cercanos.

## **5.3 Contratación de hipótesis**

Se ha contrastado la hipótesis del estudio determinando que el diseño hidráulico y estructural del drenaje Pluvial urbano en la Localidad de, servirá como alternativa de solución para mejorar la calidad de vida de la población que habita el área de influencia. Además de contrastar también que el planteamiento y diseño Hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial, es la mejor alternativa para optar un diseño técnico.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se concluye que:

El área en la cual se ha proyectado las obras de drenaje, se encuentra ubicada en la Localidad de Parco, Distrito de Parco Provincia de Bagua Región Amazonas.

El diseño hidráulico estructural del sistema de drenaje pluvial de la Localidad de Parco servirá como parte fundamental de un futuro expediente técnico en favor a su drenaje, asegurando de esta manera la Salubridad y seguridad pública

Para el cálculo de caudales existen una variedad de fórmulas empíricas, en nuestro caso utilizamos dos métodos: Método Racional y Método Mac Math.

Para el diseño de los Drenes, tanto principales como secundarios, se ha tomado el coeficiente del valor de rugosidad como  $n = 0.017$  (para cunetas revestidas), pudiendo decir que éste valor resulta bastante conservados para dar mayor eficiencia y seguridad al momento de realizar los cálculos.

La topografía del lugar ha sido un factor importante para el dimensionamiento hidráulico y el diseño estructural de las obras proyectadas.

### 6.2 Recomendaciones

Recomendamos el uso de esta tesis en calidad de guía para la elaboración de otras similares. Se recomienda utilizar el método racional y Mac Math, pues considera las intensidades máximas en 24 horas, tomando los valores más representativos, es decir, los obtenidos por el método Mac Math, recomendándose ser utilizado en la ejecución de otros estudios en la región San Martín.



Independizar la evacuación de las aguas residuales y aguas pluviales, ya que el diseño hidráulico obedece únicamente al volumen o caudal discurrido por el área de estudio, proveniente de las precipitaciones pluviales.

Para la ejecución del proyecto se recomienda realizar antes el proyecto de sistema de desagüe y que los trabajos de drenaje pluviales se ejecuten paralelamente con la conformación de pistas y veredas.

La entrega de las aguas provenientes del interior de las viviendas originadas por las precipitaciones pluviales debe ser conducidas e instaladas a las cunetas proyectadas a través de tuberías PVC - SAP, dentro del espacio destinados al borde libre.

Se recomienda a las autoridades locales desarrollar charlas de capacitación a cerca del Mantenimiento de las Cunetas y Alcantarillas para evitar el arrojio de desperdicios, que originan la obstrucción de las cunetas.

Al revestir las cunetas con concreto, se deberá tener cuidado en el acabado de tal manera que se pueda garantizar el valor de  $n= 0.017$  y así darle mayor protección a la caja hidráulica, evitando posibles erosiones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Frederic, S. (2004) “*Manual del Ingeniero Civil*” Tomo II, Cuarta Edición, México,

Pág. 21.45

Frederic, S. (2004) “*Manual del Ingeniero Civil*” Tomo II, Cuarta Edición, México,

Pág. 21.47

Morales, N. (1990) “*Infraestructura de Riego*” Parte 1, Chiclayo, Pág. 46

Chow, V., (1986) “*Hidráulica de Canales Abiertos*”, México, Pág. 17

Frederic S. (2004) “*Manual del Ingeniero Civil*” Tomo II, Cuarta Edición, México,

Pág. 21.46

Frederic S. (2004) “*Manual del Ingeniero Civil*” Tomo II, Cuarta Edición, México,

Pág. 21.56

Rocha, A. (2007) “*Hidráulica de Tuberías y Canales*”, Universidad Nacional de Ingeniería,

Lima, Pág. 281

NORMA OS.060, “*Drenaje Pluvial Urbano*”, Pág. 320

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “*manual de hidrología, hidráulica y drenaje*”, Pág. 23

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, *“manual de hidrología, hidráulica y drenaje”*, Pág. 25

Chávez, A. *“Diseño del Drenaje Pluvial de la Localidad de Pilluana Provincia de Picota Región San Martín”*, Pág. 16

## **ANEXOS**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**

## **DATOS PLUVIOMETRICO**

## **PLANOS**