



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



**Estudio hidrológico para determinar el caudal de diseño de la Bocatoma del
Proyecto de Irrigación Ponaza, utilizando el Método de Us Soil
Conservation Service**

Informe de Ingeniería para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Frank Pérez Valdiviezo

ASESOR:

Dr. Ing. José Del Carmen Pizarro Baldera

Tarapoto – Perú

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Estudio hidrológico para determinar el caudal de diseño de la Bocatoma del
Proyecto de Irrigación Ponaza, utilizando el Método de Us Soil
Conservation Service**

AUTOR:

Frank Pérez Valdiviezo

Sustentado y aprobado el día 13 de octubre del 2011, ante el honorable jurado:

A blue ink signature of Ing. Gilberto Aliaga Atalaya, written in a cursive style.

Ing. Gilberto Aliaga Atalaya

Presidente

A blue ink signature of Ing. Carlos Enrique Chung Rojas, written in a cursive style.

Ing. Carlos Enrique Chung Rojas

Secretario

A blue ink signature of Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar, written in a cursive style.

Ing. Néstor Raúl Sandoval Salazar

Vocal

A blue ink signature of Dr. Ing. José Del Carmen Pizarro Baldera, written in a cursive style.

Dr. Ing. José Del Carmen Pizarro Baldera

Asesor

Declaratoria de autenticidad

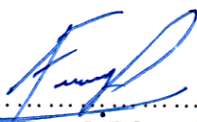
Frank Pérez Valdiviezo, con DNI N° 43369163, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con el Informe de Ingeniería titulado: **Estudio hidrológico para determinar el caudal de diseño de la Bocatoma del Proyecto de Irrigación Ponaza, utilizando el Método de Us Soil Conservation Service.**

Declaro bajo juramento que:

1. El Informe de Ingeniería presentado es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene el Informe de Ingeniería no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 13 de octubre del 2011.


.....
Bach. Frank Pérez Valdiviezo



DNI N° 43369163


Declaratoria jurada

Frank Pérez Valdiviezo, con DNI N° 43369163, domicilio legal en el Jiron Cuzco N°275, Barrio Huayco - Tarapoto, 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 del informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

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

Tarapoto, 13 de octubre del 2011.




.....
Bach. Frank Pérez Valdiviezo

DNI N° 43369163

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: | PÉREZ VALDIVIEZO FRANK | |
| Código de alumno : | 033020 | Teléfono: |
| Correo electrónico : | franper-137@hotmail.com | DNI: 43369163 |

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

4. Datos del Trabajo de investigación

| | |
|---------------------|--|
| Título : | ESTUDIO HIDROLÓGICO PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE DISEÑO DE LA BOCATOMA DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN PONAZA, UTILIZANDO EL MÉTODO DE US SOIL CONSERVATION SERVICE |
| Año de publicación: | 2011 |

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 y huella del Autor



8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto.

Fecha de recepción del documento:

21 / 12 / 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.


Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***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

A mis queridos padres: Paulina
y Roger por el inmenso esfuerzo
y dedicación brindada para lograr
mis metas que también son suyos.
Con todo el Amor del mundo.

A mi hermano: Joe, con
mucho cariño por su constante
apoyo y comprensión.

Y de manera especial a mi
Abuelita Lucinda y a
mi tía Consuelo por todo
el amor y apoyo moral brindado.

Frank Pérez Valdiviezo.

Agradecimiento

A Dios por darme la vida y la salud para luchar día a día y alcanzar mis metas.

A mis padres Paulina y Roger que a pesar de las adversidades de la vida, lucharon para que cada uno de sus hijos obtengamos una profesión y seamos mejores cada día, estaré eternamente agradecidos.

A mi hermano por todo el apoyo, comprensión y unión existente, viviré agradecido de tener la familia que tengo.

Frank Pérez Valdiviezo

Índice

| | Pág. |
|----------------------------------|--------|
| Dedicatoria | vi |
| Agradecimiento | vii |
| Índice | viii |
| Resumen | xv |
| Abtract | xvi |
| Introducción | 1 |
| CAPÍTULO I GENERALIDADES | 3 |
| 1.1 Alcances | 3 |
| 1.2 Limitaciones | 3 |
| 1.3 Aspectos generales | 3 |
| 1.3.1 Ubicación del Proyecto. | 3 |
| 1.3.2 Vías de acceso. | 6 |
| 1.3.3 Climatología. | 6 |
| 1.3.4 Aspectos socio-económicos. | 6 |
| 1.3.4.1 Problemas. | 6 |
| 1.3.4.2 Economía. | 7 |
| 1.3.4.3 Educación. | 7 |
| 1.3.4.4 Vivienda. | 7 |
| 1.3.5 Geología Superficial | 8 |
| 1.3.6 Topografía | 8 |
| 1.3.7 Ecología | 8 |
| 1.3.8 Hidrografía | 9 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2.1 Antecedentes | 10 |
| 2.2 Justificación | 11 |
| 2.3 Objetivos | 12 |
| 2.3.1 Objetivos Generales | 12 |
| 2.3.2 Objetivos Específicos | 12 |

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| 2.4 | Definición de términos básicos. | 12 |
| 2.4.1 | Bocatoma. | 12 |
| 2.4.2 | Caudal. | 12 |
| 2.4.3 | Caudal de diseño. | 12 |
| 2.4.4 | Cuenca | 13 |
| 2.4.1 | Cuenca Endorreicas | 13 |
| 2.4.2 | Cuenca Exorreicas | 13 |
| 2.4.5 | Características de la cuenca y los cauces | 13 |
| 2.4.5.1 | Superficie | 14 |
| 2.4.5.2 | Topografía | 14 |
| 2.4.5.3 | Altitudes Características | 15 |
| 2.4.5.4 | Geología y Suelos | 15 |
| 2.4.5.5 | Cobertura | 15 |
| 2.4.6 | El área de la cuenca | 15 |
| 2.4.7 | Índices representativos | 16 |
| 2.4.7.1 | Índice o factor de forma de una cuenca | 16 |
| 2.4.7.2 | Índice de compacidad | 16 |
| 2.4.8 | Índice de pendiente | 17 |
| 2.4.9 | Pendiente de la cuenca | 17 |
| 2.4.10 | Perfil longitudinal del curso de agua | 17 |
| 2.4.11 | Pendiente del cauce | 18 |
| 2.4.12 | Perímetro de una cuenca. | 18 |
| 2.4.13 | Tiempo de concentración | 19 |
| 2.4.14 | Red de drenaje. | 20 |
| 2.4.14.1 | Orden de las corrientes | 20 |
| 2.4.14.2 | Longitud de los tributarios | 21 |
| 2.4.14.3 | Densidad de corriente | 21 |
| 2.4.14.4 | Densidad de drenaje | 22 |
| 2.4.15 | Almacenamiento y tránsito en vasos y cauces | 23 |
| 2.4.15.1 | Tipos de almacenamiento y sus características | 23 |
| 2.4.15.2 | Determinación de caudales | 26 |
| CAPÍTULO III: MATERIAL Y MÉTODOS | | 31 |
| 3.1 | Materiales | 31 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.2 | Métodos | 31 |
| 3.2.1 | Metodología de la investigación | 31 |
| 3.2.1.1 | Cobertura del estudio | 31 |
| 3.2.1.2 | Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos | 32 |
| 3.2.1.3 | Procesamiento y presentación de datos | 32 |
| 3.3 | Metodología y formulación del estudio | 32 |
| 3.3.1 | Metodología del estudio | 32 |
| 3.3.2 | Formulación del estudio | 33 |
| 3.4 | Recopilación de información | 33 |
| 3.4.1 | Información cartográfica y topográfica | 33 |
| 3.4.2 | Información hidroclimática | 34 |
| 3.4.3 | Registro de caudales | 35 |
| 3.4.4 | Estudios anteriores | 35 |
| 3.4.5 | Versiones de los pobladores | 35 |
| 3.5 | Características principales de la cuenca | 35 |
| 3.5.1 | Topografía | 35 |
| 3.5.2 | Hidrografía | 36 |
| 3.5.3 | Área de la cuenca | 36 |
| 3.5.4 | Perímetro de la cuenca | 37 |
| 3.5.5 | Factor de forma | 37 |
| 3.5.6 | Índice de compacidad | 38 |
| 3.5.7 | Longitud del cauce principal | 38 |
| 3.5.8 | Pendiente media del cauce principal | 38 |
| 3.5.9 | Tiempo de concentración | 39 |
| 3.6 | Climatología de la zona del proyecto | 40 |
| 3.6.1 | Precipitación | 40 |
| 3.6.2 | Temperatura | 40 |
| 3.7 | Determinación de caudales | 41 |
| 3.7.1 | Hidrología del área del proyecto | 41 |
| 3.7.2 | Calculo de caudales máximos | 42 |
| 3.7.2.1 | Método del Us Soil Conservation Service | 42 |
| 3.7.3 | Avenidas para el diseño de la bocatoma | 48 |
| 3.7.3.1 | Calculo del caudal de diseño | 48 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 50 |
| 4.1. Parámetros calculados en la cuenca del río Ponaza | 50 |
| 4.2. Caudales máximos aplicando métodos hidrometeorológicos. | 50 |
| 4.2.1 Método del Us Soil Conservation Service | 50 |
| 4.3. Análisis y discusión de los resultados. | 51 |
| | |
| CONCLUSIONES | 52 |
| | |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| | |
| ANEXOS | 55 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Numero de curva N para complejos hidrológicos de suelo y Cobertura | 56 |
| Tabla 2: Gasto unitario q ($m^3/s/mm/km^2$), en función del tiempo de concentración Tc (horas) | 57 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1: Tasa de analfabetismo. | 7 |
| Cuadro 2: Ordenamiento de Pmax. De mayor a menor | 43 |
| Cuadro 3: Precipitación máxima en 6 horas | 44 |
| Cuadro 4: Distribución porcentual de la precipitación | 45 |
| Cuadro 5: Escorrentía | 46 |
| Cuadro 6: Qmax, para diferentes periodos de retorno | 47 |

Índice de gráficos

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1: | Ubicación del Proyecto | 4 |
| Figura 2: | Plano de Localización. | 5 |
| Figura 3: | Tipos de Cuencas | 13 |
| Figura 4: | Curva Hipsométrica | 14 |
| Figura 5: | Frecuencia de Altitudes | 14 |
| Figura 6: | Área de Cuenca | 15 |
| Figura 7: | Perfil Longitudinal del Cauce Principal | 17 |
| Figura 8: | Pendiente del Cauce Principal | 18 |
| Figura 9: | Perímetro de la Cuenca | 19 |
| Figura 10: | Cuenca Hidrográfica | 21 |
| Figura 11: | Hidrograma | 23 |
| Figura 12: | Principales Componentes de un Vaso | 24 |
| Figura 13: | Familia de Curvas N | 29 |

RELACION DE PLANOS

| | | |
|-----------|---|------------------------------------|
| Plano PU | : | Plano de Ubicación del Proyecto. |
| Plano PCP | : | Plano de la cuenca del río Ponaza. |

Resumen

El presente Informe de Ingeniería, se realizó con la aplicación de todas las teorías sobre parámetros hidrológicos y muy específicamente diseño hidráulico y estructural de Bocatomas y sistemas de riego. También la aplicación de criterios adquiridos en la ejecución de obras similares, cercana a la zona del proyecto. Para realizar el diseño de la Bocatoma que sirvan de almacenamiento del agua en épocas de sequía del río Huallaga en el Sector Tingo de Ponaza, Picota, se realizó un diagnóstico de la situación actual, donde se analizó diferentes factores que están produciendo la escasez de agua del sector en época de sequía. Para dar una solución definitiva al problema existente, se ha propuesto la construcción de la Bocatoma para el proyecto de irrigación Ponaza, que han sido proyectados teniendo en consideración la morfología actual de la orilla del cauce del río Huallaga en el tramo de interés. La Bocatoma para el proyecto de irrigación es la solución más viable desde el punto de vista económico y ambiental. Algunos de los parámetros empleados en el diseño de los espigones fueron: El caudal máximo de diseño, el área de la cuenca, el perímetro de la cuenca, la pendiente del cauce, longitud del cauce principal, índices representativos y el tiempo de concentración del río Ponaza. El diseño considerado, ha sido sometido al estudio hidrológico para determinar el caudal de diseño, habiéndose obtenido resultados satisfactorios. Finalmente se presentan los planos; en planta, de cortes y detalles de los diferentes componentes estructurales que conforman el proyecto.

Palabras clave: Parámetros, hidrológico, caudal, diseño, Bocatoma, Irrigación, Ponaza. Us Soil Conservation Service.

Abstract

This Engineering Report was made with the application of all the theories about hydrological parameters and very specifically hydraulic and structural design of water intakes and irrigation systems. Also the application of criteria acquired in the execution of similar works, close to the project area. To carry out the design of the water intake that serve as water storage in times of drought of the Huallaga River in Tingo de Ponaza, Sector, Picota, a diagnosis was made of the current situation, where different factors that are producing water scarcity were analyzed of the sector during the dry season. To give a definitive solution to the existing problem, the construction of the intakes for the Ponaza irrigation project has been proposed, which have been projected taking into account the current morphology of the Huallaga riverbed in the stretch of interest. The intake for the irrigation project is the most viable solution from an economic and environmental point of view. Some of the parameters used in the design of the breakwaters were: The maximum design flow, the area of the basin, the perimeter of the basin, the slope of the riverbed, length of the main riverbed, representative indexes and the concentration time of the river Ponaza. The design considered, has been submitted to the hydrological study to determine the design flow, having obtained satisfactory results. Finally the plans are presented; in plan, of cuts and details of the different structural components that make up the project.

Keywords: Parameters, hydrological, flow, design, Bocatoma, Irrigation, Ponaza. Us Soil Conservation Service.



Introducción

El agua es un recurso fundamental para la vida y un factor esencial para el sector productivo, por lo que la determinación de los caudales en una región, tiene especial importancia debido al predominio de las actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos hídricos. A través de esto es posible obtener información valiosa para la gestión del agua, en términos de los usos: agrícolas, forestales, energéticos, de uso doméstico, construcción de obras civiles, etc.

Por otro lado, estudiar las precipitaciones y conocer su distribución temporal es motivo de interés para estudios hidrológicos. La precipitación, como variable de estado hidrológica, se puede caracterizar a través de la intensidad, su distribución en el espacio y en el tiempo, y su frecuencia o probabilidad de ocurrencia, y para poder caracterizarla es necesario un gran número de observaciones, extraídas de series pluviográficas, con el objeto de deducir el patrón de comportamiento en una zona determinada y permitir un análisis o uso posterior.

La escasez de agua se ha venido considerando como un problema hidrológico, cuando en realidad es cada vez en mayor grado un problema económico, puesto que se trata de un recurso escaso, que, al margen de otros usos, es demandado casi en un 90% para actividades económicas. Parece pues necesario acercarse a la escasez del agua también desde una perspectiva económica, puesto que, pese a sus características especiales, el agua es un recurso al cual podrían aplicársele criterios análogos a los que se usan para asignar otros recursos también escasos.

La cantidad de agua que proviene de la lluvia depende de las condiciones atmosféricas de la zona. El agua superficial es un recurso limitado y, normalmente, requiere de la construcción de embalses y Bocatomas para su aprovechamiento por el hombre con un significativo impacto ambiental.

A la vez se pueden proporcionar índices para realizar estudios de crecidas, para un adecuado diseño y dimensionamiento de las obras civiles. Para esto es necesario conocer las intensidades de precipitación, para distintos períodos de retorno y así poder determinar los caudales máximos.

Ahora bien, los cálculos de caudales máximos son imprescindibles para el diseño y planificación de obras civiles. Pero muchas veces no se dispone de registros hidrométricos que nos permitan determinar estos caudales, es por esto que se hace necesario contar con metodología que nos permita determinar los valores de caudales máximos de manera empírica.

Las metodologías para el cálculo de caudales máximos utilizadas en el Perú pueden subestimar o sobreestimar los valores de caudales máximos, ya que se basan en ecuaciones o coeficientes empíricos desarrollados para puntos geográficos con características diferentes a las del país. El necesitar definir cuales son la o las metodologías que sean aplicables para las características físicas hidrológicas de las diferentes regiones peruanas, nos impulsa a realizar un trabajo de investigación que solvante estas necesidades de la mejor manera posible.

En el presente Informe de Ingeniería que se presenta, se analizan y validan las metodologías para la determinación de tiempos de concentración de Kirpich, además de las metodologías para la determinación de caudales máximos empleando el Método del Us Soil Conservation Service (SUCS).

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.3 Alcances

El presente estudio, está referido a la obra de Captación del Sistema de Irrigación Ponaza y alcanza exclusivamente el área de la cuenca colectora que se ubica aguas arriba del punto de interés, es decir el lugar donde se emplazará la Bocatoma, el mismo que se ubica en el río Ponaza a 3.50 km. Aguas debajo de la localidad de Shamboyacu, en el distrito del mismo nombre, Provincia de Picota.

1.2 Limitaciones

El presente trabajo de investigación, se limita al empleo de diversos procedimientos basados en la utilización de parámetros hidrofisiográficos de la cuenca del Río Ponaza, lo que ha permitirá determinar los parámetros que serán utilizados en la aplicación del método del Us Soil Conservation Service, siendo necesario que, en adelante, se efectúen mediciones o aforos in situ para verificar y dar consistencia los resultados obtenidos en el presente estudio.

1.3 Aspectos generales del estudio

1.3.1. ubicación

1.3.1.2 Ubicación política del área del proyecto.

El lugar donde se emplazará la Bocatoma del Sistema de Irrigación Ponaza, definida como el área de estudio, se ubica políticamente en:

Localidad : Tingo de Ponaza.
Distrito : Tingo de Ponaza
Provincia : Picota.
Región : San Martín.

1.3.1.2 Ubicación geográfica del área del proyecto.

La ubicación geográfica media del punto de interés o lugar donde se emplazará la Bocatoma, se encuentra en la intersección de los paralelos o coordenadas siguientes:

Longitud Oeste : 76° 17' 40"
Latitud Sur : 06° 55' 23"
Altitud media : 425 msnm.

Limites:

Por el Norte : Con los Distritos de Pucaca y Pilluana
 Por el Sur : Con La Provincia de Bellavista
 Por el Este : Con los Distritos de Tres Unidos y Shamboyacu
 Por el Oeste : Con el Distrito o Provincia de Picota.

Carta Nacional – IGN (Instituto Geográfico Nacional) Lima – Perú.

Se presenta el plano de ubicación general del proyecto:



Figura 1. Ubicación del proyecto. (Fuente: Atlas Geográfico del Perú - Editorial Bruño).

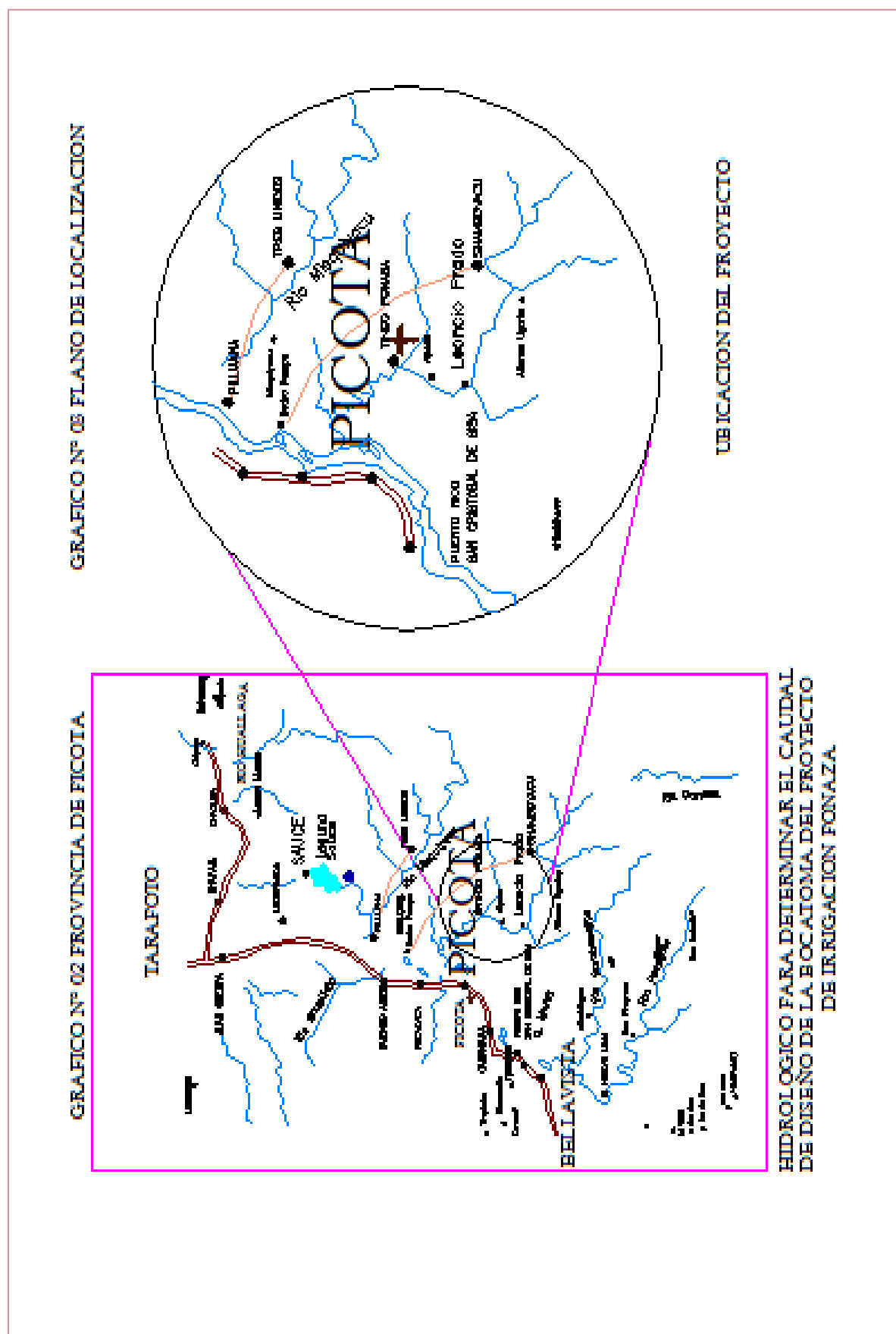


Figura 2. Plano de localización del proyecto. (Fuente: Propia).

1.3.2 Vías de Acceso.

Desde la ciudad de Lima, la capital del Perú, el acceso al área del proyecto se puede realizar por vía aérea y por vía terrestre. En el primer caso Lima – Tarapoto en líneas aéreas nacionales y, luego, partiendo de la ciudad de Tarapoto, por vía terrestre asfaltada a través de la carretera Fernando Belaúnde Terry (Ex -Marginal de la Selva) – Tramo Sur, a 60 kilómetros de Tarapoto hasta llegar a la ciudad de Picota, de aquí se continúa a través de un camino carrozable al valle del río Ponaza, cruzando el Puente sobre el río Huallaga, se continúa el recorrido de la vía que conduce hacia el valle del Ponaza, pasando las localidades de Mariscal Cáceres, Tingo de Ponaza, Huañipo y Alfonso Ugarte hasta llegar al lugar de la Bocatoma ubicado a 3.50 Km antes de llegar a la localidad de Shamboyacu. El tiempo de recorrido Tarapoto – Sector Bocatoma es de 2.50 horas aproximadamente en camioneta.

1.3.3 Clima

En general el clima es clima seco y cálido, manifiesta un índice de aridez alrededor de 40% y presenta limitaciones para las actividades agropecuarias, por la deficiencia de lluvias.

La temperatura máxima varía entre 34.9°C y 31.7°C y los mínimos entre 20.6°C y 31.7°C.

La región San Martín, en la selva norte del país, soporta una sofocante ola de calor con una temperatura de hasta 39.5 grados centígrados, registrada en el distrito de Tingo de Ponaza, en la provincia de Picota. Esta temperatura ha marcado un récord en la región, según información de la oficina del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) en San Martín.

1.3.4 Aspectos Socio – Económicos.

1.3.4.1. Problemas.

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o humano que por su modalidad representa un peligro para la población y sus bienes.

Estos se deben a la presencia de diversos factores como la precipitación, la topografía del terreno, tipo de suelo, ente otros. Un problema también se puede definir como un

factor de riesgo interno, asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico. En la cuenca las inundaciones serían provocadas principalmente por el aumento de caudal del río Ponaza. La mayoría de los centros poblados se encuentran emplazadas en las riberas, en niveles de terrazas bajas, susceptible a inundaciones.

1.3.4.2. Economía.

La población económicamente activa está dedicada principalmente a la actividad extractiva, y a actividad comercial o de servicios es también de mucha importancia en la provincia, concentrándose la mayor parte de ella en la capital provincial. La actividad de transformación no tiene mucha presencia en la provincia. La producción agrícola está basada principalmente en el maíz amarillo duro, teniendo significación el cultivo del algodón, el cual en estos últimos años se ha habito un notable incremento.

| Producto Agrícola | | Producción Pecuaria | | Industria - Comercio. |
|-----------------------|---------|---------------------|---------|-----------------------|
| Maíz | Café | Vacuno | Peces | Productos Lácteos |
| Algodón | Frijol | Ovino | Caracol | Miel de Abeja |
| Yuca | Plátano | Porcino | | Chancaca |
| Caña de Azúcar | Arroz | Abejas | | Piñón |
| Cacao, naranja, limón | | Aves de corral | | |

Fuente: Comité ejecutivo distrito de Tingo de Ponaza

1.3.4.3 Educación.

La Provincia de Picota presenta los siguientes indicadores en el rubro de educación:

Tabla 1

Tasa de analfabetismo

| | |
|---|-------|
| Población de 15 y más años - Femenina con secundaria completa o más | 12.7% |
| Promedio de años de estudios aprobados de la población de 15 y más años | 6.1 |
| Niños que no asisten a la escuela - De 6 a 12 años | 16% |
| Niños que no asisten a la escuela - De 13 a 17 años | 44.8% |
| Niños de 9 a 15 años con atraso escolar | 14.7% |
| Tasa de actividad económica de la PEA - De la población de 6 a 14 años | 5.7 |

Fuente: Censo 2007

1.3.4.4. Vivienda.

En el rubro de Vivienda, los pobladores que se ubican dentro del área de estudio presentan características propias de la zona de Selva, siendo el principal material de construcción el Tapial y techo de palma o tejas.

Las viviendas se caracterizan porque es su mayoría están construidas de tapial (tierra apisonada), adobe, y quincha con techo de palma y calamina, y se encuentran en alto deterioro, debido a la antigüedad de las mismas, las paredes se encuentran partidas y muy susceptibles a caerse. Los pobladores todavía habitan estas viviendas, dado que no tienen suficiente ingreso para refaccionarlas y reconstruirlas.

1.3.5 Geología superficial

La zona del proyecto, forma un valle amplio, con presencia de terrazas escalonadas, que han sido formadas por el río Huallaga y sus principales afluentes como los ríos Mishquiyacu y Ponaza. Este valle constituye el sector agropecuario por excelencia.

1.3.6 Topografía

El territorio de la provincia de Picota se caracteriza por la presencia de planicies y lomadas. Se visualiza el Monoclinal Pilluana, situada entre los ríos Mishquiyacu y Ponaza, afluentes del Huallaga, donde las altitudes alcanzan aproximadamente los 500 m. En su territorio se localiza el abra Machungo, ubicado en el trayecto de la carretera Marginal.

1.3.7 Ecología

En la región se han identificado seis zonas de vida natural y cinco zonas transicionales, de acuerdo a los estudios realizados por ONERN.

En base a las condiciones ambientales de cada zona se han identificado diferentes asociaciones naturales o unidades ecológicas de segundo orden, muchas de las cuales presentan menor o mayor alteración en sus características ambientales naturales, a consecuencia de la presencia de asentamientos humanos y el consecuente crecimiento poblacional, infraestructura vial, uso intensivo de la tierra y tala de bosques para la ampliación de la frontera agrícola.

A este espacio le corresponde el Bosque Seco – Tropical, que representa una de las zonas de vida más importantes de la región, principalmente en el Bajo Mayo y Huallaga Central; ocupan mayormente el conjunto de colinas bajas y lomadas, así como las planicies y terrazas aledañas al río Huallaga (entre otros), en altitudes que oscilan entre 350 m.s.n.m. y 650 m.s.n.m aproximadamente.

1.3.8 Hidrografía

Su red hidrográfica está constituida por el río Huallaga y sus afluentes, como el río Ponaza y Misquiyacu. El río Ponaza es el eje de integración para los pueblos de valle del mismo nombre.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según versión de los pobladores de las localidades de Shamboyacu, Tingo de Ponaza, así como de los vecinos asentados en las inmediaciones de la sección de Interés, o lugar donde se emplazará la Bocatoma, los niveles de agua en el río Ponaza varían sensiblemente a lo largo del año tanto a nivel diario, semanal, así como mensual. La variación de los niveles de agua en la sección de interés, tienen relación directa con la ocurrencia de precipitaciones dentro de la cuenca.

Se han registrado casos de sequía intensa en los distritos de Buenos Aires, Picota, Pucacaca, Tingo de Ponaza, en 1995 entre los meses de enero - abril, En el distrito de Buenos Aires, resultando afectadas unas 350 familias. En el distrito de Tingo de Ponaza se perdió el 98% (300 has) de sembríos de maíz, algodón, etc. Se vio afectada indirectamente la planta procesadora de Maíz, no se podía producir harina. Se perdieron 500has.de cultivos de Maíz, plátano, yuca, afectando considerablemente también a la ganadería, los pastos se secaron, teniendo que caminar hasta otros pueblos para traer agua; resultaron afectados 575 familias.

La sequía está asociada a la fuerte deforestación que se ve afectada toda la cuenca del río Ponaza, y además por ser considerada la zona más seca de la región, se debe de proteger los bosques. Otra sequía se presentó en marzo del año 2007 de igual magnitud.

La zona del Huallaga Central, es considerada como una zona seca, donde los promedios de precipitación son muy bajos. La provincia de Picota, está afectada con este fenómeno, donde en época que debiera llover, no llueve o en todo caso se atrasa los periodos de lluvias, los cuales tienen como factores, la tala indiscriminada a que se ven afectas estas localidades. Los meses que tienen este problema son entre enero-marzo, y serían afectadas todos los distritos de la provincia.

La recurrencia de estos fenómenos es por lo general de carácter anual, por ello la importancia de considerarlos como peligros porque ponen en riesgo la seguridad de las poblaciones, la vida de las personas, animales, cultivos, infraestructura vial, de servicios básicos (agua, luz

y otros), cuya recurrencia está registrada en la historia del distrito y los poblados, por lo que se considera como peligros latentes.

El aprovechamiento de los recursos agua y tierra para el desarrollo de agricultura intensiva, exige la necesidad de su cuantificación ya que en lo que respecta al recurso agua, éste viene experimentando cambios que afectan su disponibilidad y por tanto su aprovechamiento.

En las últimas tres décadas, en la región de San Martín, se han intensificado cambios climáticos de consideración, que vienen alterando el comportamiento hidrológico de las cuencas y sub cuencas que conforman la red hidrográfica de la región, el mismo que se traduce en descargas violentas y sequías cada vez mas prolongadas.

Estos volúmenes de descarga en los últimos años vienen sufriendo variaciones bruscas en sus extremos, siendo las descargas extremas, tanto máximas como mínimas cada vez más acentuadas.

Durante la fase o proceso de planificación y diseño de los proyectos de riego, se hace necesario conocer el comportamiento hidrológico del curso de agua que servirá como fuente, tanto para determinar su disponibilidad, así como para facilitar el dimensionamiento de las diferentes estructuras que será necesario proyectar y construir para su aprovechamiento, como quiera que el Sistema de Irrigación Ponaza considera obras de regulación entre sus componentes, el presente estudio, tendrá como objetivo realizar la cuantificación del recurso agua en el lugar donde se ha proyectado el emplazamiento de la Bocatoma.

2.2. Justificación

El manejo apropiado del agua puede conducir a excelentes resultados en el desarrollo económico y social de la población. En la agricultura, el agua es de suma importancia no sólo para alcanzar las cosechas esperadas, sino para garantizar la alimentación de las poblaciones.

San Martín cuenta con una gran cantidad de recursos hídricos, sin embargo, el crecimiento urbano acelerado. El continuo incremento de la producción agrícola demanda a su vez, la ampliación de áreas de riego. Por ello y para alcanzar un desarrollo agrícola sostenido, el riego necesita planearse y manejarse con criterios de preservación y que se considere el concepto de uso eficiente del agua.

Con esta finalidad, ha motivado la elaboración del presente Informe de Ingeniería y de esta manera contribuir con una propuesta técnica de solución del problema que enfrenta la población, se justifica, en la medida que su resultado constituye el Estudio Hidrológico para determinar el caudal de diseño de la Bocatoma del Proyecto de irrigación Ponaza.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivos generales

- Determinar los parámetros hidrofisiográficos de la Cuenca del río Ponaza, así como, así como, utilizando el Método del Us Soil Conservation Service los caudales máximos para diferentes períodos de retorno hasta la sección donde se emplazará la Bocatoma y obras de captación del sistema de riego Ponaza.

2.3.2. Objetivos específicos

Determinar mediante el Método del US SOIL CONSERVATION SERVICE el caudal de diseño de la bocatoma del Proyecto de Irrigación Ponaza para una vida útil y riesgo de falla predeterminados.

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1 Bocatoma. Estructura hidráulica construida sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal. Las bocatomas suelen caracterizarse principalmente por el Caudal de Captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir. (Rocha, A. 1998)

2.4.2 Caudal. Volumen de agua por unidad de tiempo (seg.) que pasa a través de una sección determinada que puede ser natural (río) o artificial (canal, tubería, etc.) (MONSALVE, G. 2002)

2.4.3 Caudal de diseño. Es el volumen máximo de agua por unidad de tiempo que pasa por una sección determinada del río en un tiempo dado. y que se toma como referencia para el dimensionamiento de las diferentes estructuras que

se puede proyectar y/o construir dentro del cauce o en sus orillas. (PIZARRO, J. 2004).

2.4.4 Cuenca.

Se define cuenca el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido. (Villón, M. 2002).

La definición anterior se refiere a una cuenca superficial; asociada a cada una de éstas existe también una cuenca subterránea, cuya forma en planta es semejante a la superficial. De ahí la aclaración de que la definición es válida si la superficie fuera impermeable.

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas.

2.4.4.1 Cuenca Endorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago.

2.4.4.2 Cuenca Exorreicas. El punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. (véase figura 3).

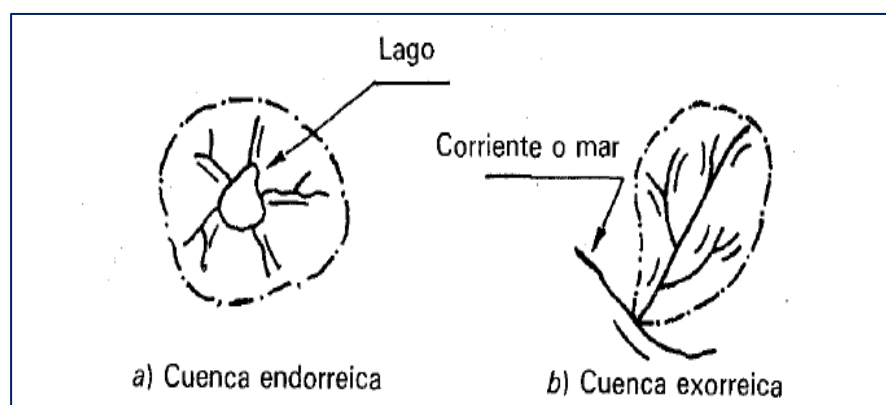


Figura 3. Tipos de cuencas

2.4.5 Características de la cuenca y los cauces

Con el fin de establecer grupos de cuencas ideológicamente semejantes, se estudia una serie de características físicas en cada cuenca, entre las que se tiene:

2.4.5.1 Superficie. Se refiere al área proyectada en un plano horizontal. Se determina con planímetro.

2.4.5.2 Topografía. Se describe a través de dos gráficos característicos:

Curva Hipsométrica. Representa la relación entre la altitud en m.s.n.m. y la superficie que queda por encima de dicha altitud.

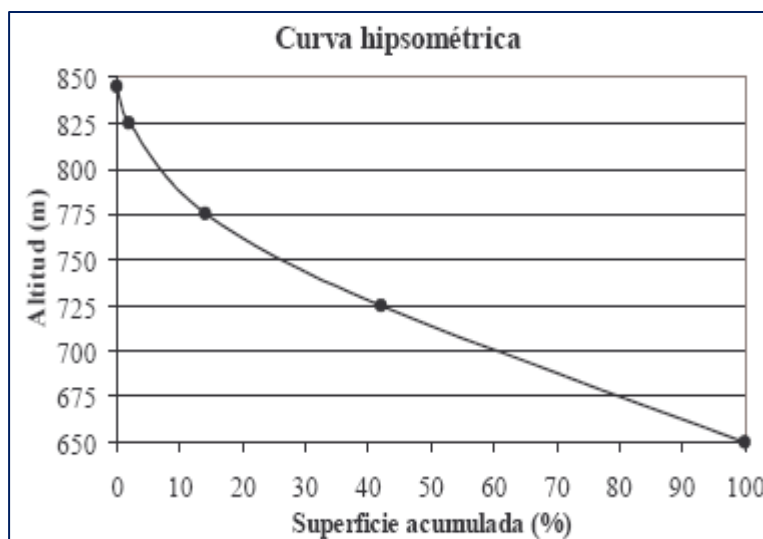


Figura 4. Curva Hipsométrica

Polígono de frecuencia de altitudes. Es la representación gráfica de la distribución en porcentaje de las superficies ocupadas por diferentes escalones altitudinales.

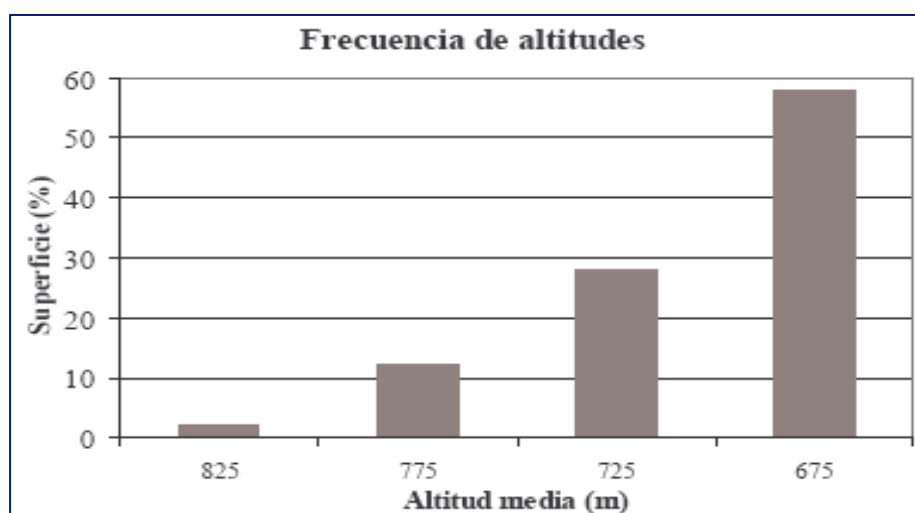


Figura 5 Frecuencia de altitudes

2.4.5.3 Altitudes Características. Se obtiene a partir de los gráficos anteriores:

Altitud media: Es la ordenada media de la curva hipsométrica. Divide a la cuenca en dos áreas iguales.

Altitud más frecuente. Es el escalón que alberga el mayor porcentaje de área.

2.4.5.4 Geología y Suelos. Esta información es útil sobre todo para el estudio de las napas de agua subterránea y para la determinación de la escorrentía, porque la geología y el tipo de suelo son factores importantes de la infiltración.

2.4.5.5 Cobertura. Se refiere al tipo de cubierta vegetal. También es un factor importante para la determinación de la escorrentía.

2.4.6 El área de la cuenca

Se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas (véase la figura 6).

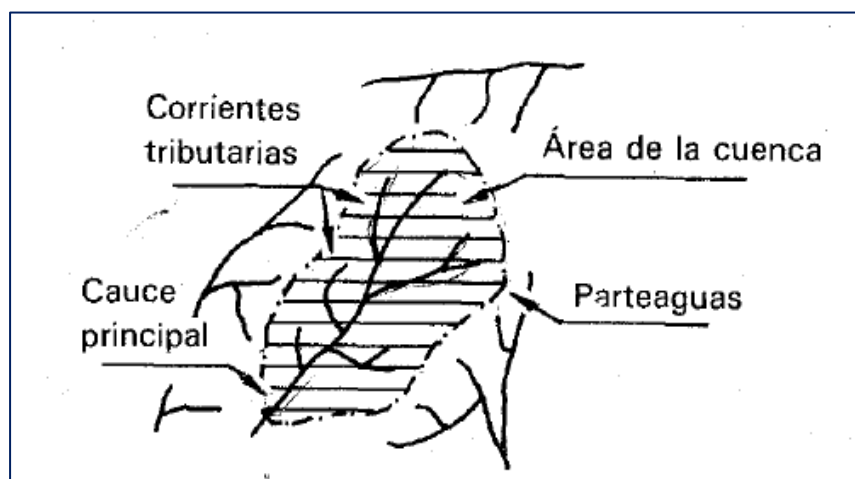


Figura 6. Área de cuenca

El área de la cuenca es la magnitud más importante que caracteriza a la cuenca. Para determinar el área de la cuenca es necesario delimitar su contorno (parteaguas o divortium aquarum). Para ello, se debe determinar la línea límite de la cuenca con las adyacentes localizando en primer lugar los puntos más altos del límite de la cuenca,

posteriormente se dibuja el contorno de la cuenca, sabiendo que la escorrentía es siempre perpendicular a las curvas de nivel.

2.4.7 Índices representativos

2.4.7.1 Índice o factor de forma de una cuenca (Ff). Expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud.

$$\boxed{Ff = \frac{B}{Lc^2}} \quad (2.1)$$

Donde:

A = Área de la cuenca en km²

Lc²= Longitud del cauce principal en km

Las relaciones de forma de las cuencas, según el tipo geométrico que presentan varían, por lo que en general para las circulares se estima en 0.79, para las cuadradas el valor oscila entre 0.5 y 1 dependiendo de donde se ubica la salida, las ovals están entre 0.4 y 0.5 y para las alargadas se estima en menores a 0.3. (Villón, M. 2002)

2.4.7.2 Índice de compacidad (índice de Gravelius). Expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca, es decir:

(2.2)

$$\boxed{Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}}$$

Donde P y A son el perímetro y el área de la cuenca colectora respectivamente. El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, particularmente en las características del hidrograma. Si K=1, la cuenca será de forma circular; por lo general, para cuencas alargadas se espera que K > 1. Las cuencas de forma alargada, reducen las probabilidades, de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que se presenta en el río.

2.4.8 Índice de pendiente

Es una ponderación que se establece entre las pendientes y el tramo recorrido por el río. Con este valor se puede establecer el tipo de granulometría que se encuentra en el cauce. Además, expresa en cierto modo, el relieve de la cuenca. (Villòn, M. 2002)

2.4.9 Pendiente de la cuenca

Es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Es uno de los factores, que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas. (Villòn, M. 2002)

2.4.10 Perfil longitudinal del curso de agua

Si se plotea la proyección horizontal de la longitud de un cauce versus su altitud, se obtiene el perfil longitudinal del curso de agua.

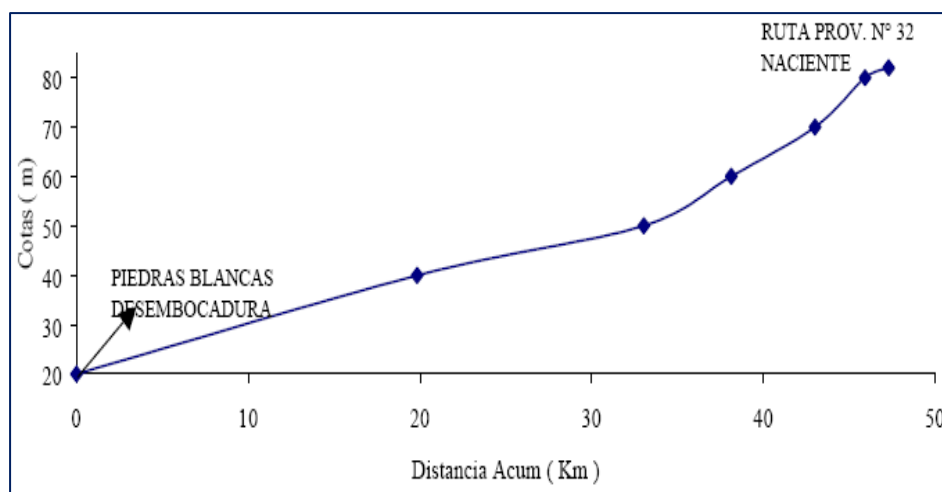


Figura 7. Perfil longitudinal del Cauce Principal

La importancia de conocer el perfil longitudinal del curso principal, radica en que nos proporciona una idea de las pendientes que tiene el cauce, en diferentes tramos de su recorrido, y que es un factor de importancia para ciertos trabajos, como control de las aguas, puntos de captación y ubicación de posibles centrales hidroeléctricas. (Villòn, M. 2002)

2.4.11 Pendiente del cauce

Es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico, como, por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico, o en la solución de problemas de inundaciones.

En general, la pendiente de un tramo de un cauce de un río, se puede considerar como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo.

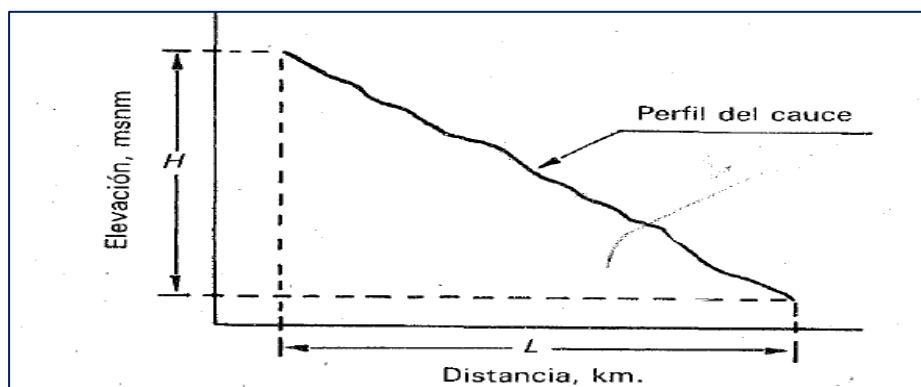


Figura 8. Pendiente del Cauce Principal

$$S = \frac{(HM - Hm)}{L} \quad (2.3)$$

Siendo:

S = pendiente media del río.

L = Longitud del cauce principal hasta el punto de interés en m

HM = Altura máxima msnm

Hm = Altura mínima msnm.

2.4.12 Perímetro de una cuenca

Se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel, siguiendo las líneas del divortium aquarum (parte aguas), la cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que, en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parte aguas esta formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrientes en los puntos de salida, llamado estación de aforo. (Rocha, A. 1998).

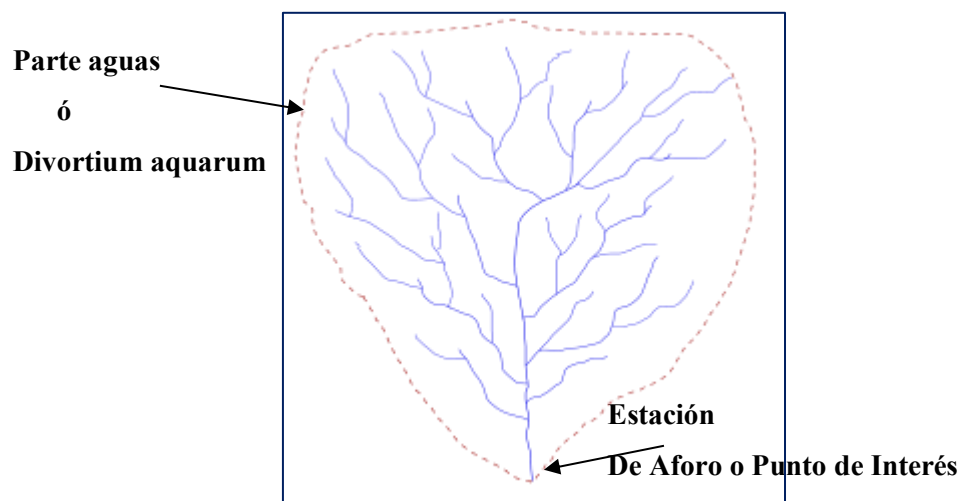


Figura 9. Perímetro de la cuenca

La frontera de una cuenca topográfica y su correspondiente cuenca de agua subterránea, no necesariamente tiene la misma proyección horizontal, por lo que se puede realizar una delimitación topográfica, o una delimitación real, que corresponde a la delimitación considerando el aporte de las aguas subterráneas.

2.4.13 Tiempo de Concentración.

Se denomina así, al tiempo que transcurre desde que una gota de agua cae en el punto más alejado de la cuenca, hasta que llega a la estación de aforo, o punto de interés alguno o a la salida de ésta (desembocadura).

Este tiempo, está en función de las características geográficas y topográficas de la cuenca.

Para la cuenca del río Ponaza, el Tiempo de concentración, se ha calculado utilizando la fórmula empírica de Kirpich, que es la siguiente:

$$T_c = 0.0195(L^3 / H)^{0.385}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración en minutos.

L = Longitud máxima de recorrido en m.

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en m.

2.4.14 Red de drenaje

Se refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, es decir la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje, proporciona también indicios de las condiciones del suelo y la superficie de la cuenca.

Las características de una red de drenaje, pueden describirse principalmente de acuerdo con:

2.4.14.1 Orden de las corrientes. Antes de hablar del orden de las corrientes, conviene ver su clasificación.

Todas las corrientes pueden dividirse en tres clases generales dependiendo del tipo de escurrimiento, el cual está relacionado con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca.

- Una **corriente efímera**, es aquella que solo lleva agua cuando llueve e inmediatamente después.
- Una **corriente intermitente**, lleva agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en épocas de lluvias; su aporte cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.
- La **corriente perenne**, contiene agua todo el tiempo, ya que aun en época de sequía es abastecida continuamente, pues el nivel freático siempre permanece por arriba del fondo del cauce.

El orden de las corrientes, es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Para hacer esta clasificación, se requiere de un plano de la cuenca que incluya tanto corrientes perennes como intermitentes.

El procedimiento más común para esta clasificación, es considerar como corrientes de orden uno, aquellas que no tienen ningún tributario; de

orden dos, a las que solo tienen tributarios de orden uno; de orden tres, aquellas corrientes con dos o más tributarios de orden dos, etc.

Así, el orden principal, indicará la extensión de la red de corrientes dentro de la cuenca.

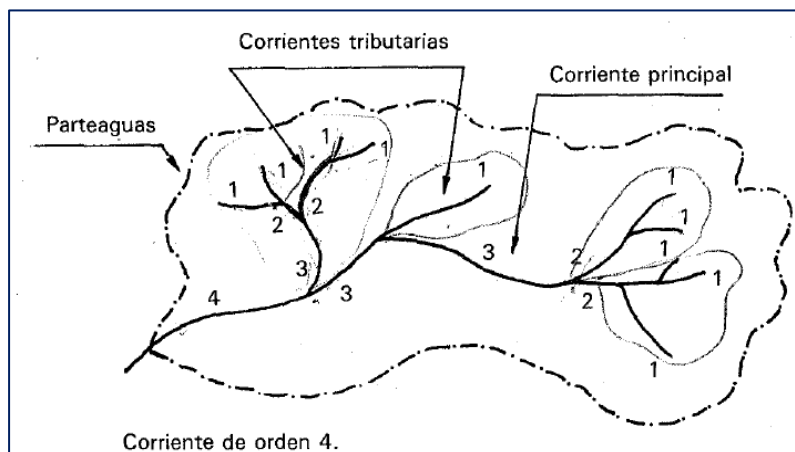


Figura 10. Cuenca Hidrográfica

2.4.14.2 Longitud de los tributarios. Es una indicación de la pendiente de la cuenca, así como del grado de drenaje. Las áreas escarpadas y bien drenadas, usualmente tienen numerosos tributarios pequeños, mientras que, en regiones planas, donde los suelos son profundos y permeables, se tienen tributarios largos, que generalmente son corrientes perennes.

La longitud de los tributarios se incrementa como una función de su orden. Este arreglo es también, aproximadamente, una ley de progresión geométrica. La relación no es válida para corrientes individuales.

La medición de las corrientes, se realiza dividiendo la corriente en una serie de segmentos lineales, trazados lo más próximo posible a las trayectorias de los cauces de las corrientes.

2.4.14.3 Densidad de corriente. Es la relación entre el número de corrientes y el área drenada.

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad (2.4)$$

Donde:

D_s = densidad de corriente

N_s = numero de corrientes perennes e intermitentes

A = área total de la cuenca, en km^2

Para determinar el número de corrientes, solo se consideran las corrientes perennes e intermitentes. La corriente principal se cuenta como una desde su nacimiento hasta su desembocadura. Después se tendrán todos los tributarios de orden inferior, desde su nacimiento hasta la unión con la corriente principal, y así sucesivamente, hasta llegar a los tributarios de orden uno.

Esta relación entre el número de corrientes y el área drenada no proporciona una medida real de la eficiencia de drenaje, pues puede suceder, que se tengan dos cuencas con la misma densidad de corriente, y estén drenadas en muy diferente forma, dependiendo de la longitud de sus corrientes.

2.4.14.4 Densidad de drenaje. Esta característica proporciona una información más real que la anterior, ya que se expresa como la longitud de las corrientes, por unidad de área.

$$D_d = \frac{L_s}{A} \quad (2.5)$$

Donde:

D_d = densidad de drenaje

L = longitud total de las corrientes perennes o intermitentes en Km.

A = área total de la cuenca, en km^2 .

La densidad de drenaje, es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos, que se encuentran en la cuenca. También da una idea sobre el grado de cobertura que existe en la cuenca. Valores altos, representan zonas con poca cobertura vegetal. Por el contrario, valores bajos, indican suelos duros, poco erosionables o muy permeables y cobertura vegetal densa.

2.4.15 Almacenamiento y tránsito en vasos y cauces. ⁸

En este acápite, se hace referencia a los conceptos hidrológicos fundamentales necesarios para el diseño de vasos y al tránsito de avenidas en cauces, los cuales, aunque relativamente simples, son de gran importancia en hidrología, pues en gran parte constituyen las bases sobre las que se sustenta el dimensionamiento de las Bocatomas y otras obras de aprovechamiento y protección contra inundaciones.

2.4.15.1. Tipos de almacenamiento y sus características.

La siguiente descripción se refiere a los tipos de almacenamiento y sus características de interés en la hidrología. Los detalles restantes corresponden a otras materias, como obras hidráulicas e hidráulica fluvial.

Un vaso de almacenamiento sirve para regular los escurrimientos de un río, es decir, para almacenar el volumen de agua que escurre en exceso en las temporadas de lluvia para posteriormente usarlo en las épocas de sequía, es decir, cuando los escurrimientos son escasos. Esto se puede ilustrar con una situación como la que se muestra en la figura 2.9, donde se ha dibujado, en forma muy esquemática, el hidrograma anual de escurrimiento en un río y una determinada demanda. En este caso, la demanda de agua es constante durante todo el año y es mayor de lo que aporta el río en los meses de diciembre a junio, pero menor de lo que aporta el río de julio a noviembre. Es necesario, entonces, almacenar el volumen sobrante para poder satisfacer la demanda cuando el escurrimiento en el río no es suficiente, para lo cual se requiere un vaso de almacenamiento.

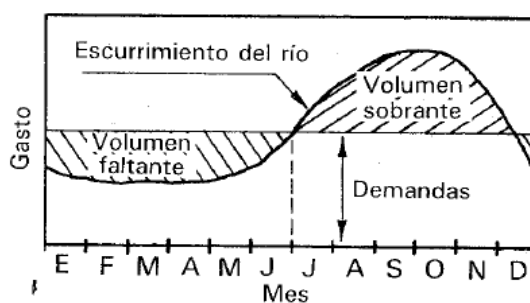


Figura 11. Hidrograma

El *volumen muerto* es el que queda abajo del NAMINO o NAMin; es un volumen del que no se puede disponer. El *volumen de azolves* es el que queda abajo del nivel de la toma y se reserva para recibir el acarreo de sólidos por el río durante la vida útil de la Bocatoma.

Es conveniente hacer notar que el depósito de sedimentos en una Bocatoma no se produce como está mostrado en la figura 2.10-con un nivel horizontal- sino que los sedimentos se reparten a lo largo del embalse, teniéndose los más gruesos al principio del mismo y los más finos cerca de la cortina. De hecho, en algunos casos existe movimiento de los sedimentos depositados dentro del vaso, fenómeno que se conoce como *corriente de densidad*. La operación de la Bocatoma se lleva a cabo entre el NAMINO o NAMin y el NAMO (nivel de aguas máximas ordinarias o *de operación*). El NAMO es el máximo nivel con que puede operar la Bocatoma para satisfacer las demandas; cuando el vertedor de excedencias (estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que pueden poner en peligro la seguridad de la obra) no es controlado por compuertas, el NAMO coincide con su cresta o punto más alto del vertedor.

En el caso de que la descarga por el vertedor esté controlada, el NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso puede cambiar a lo largo del año. Así, en época de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en época de avenidas, pues la probabilidad de que se presente una avenida en la primera época es menor que en la segunda.

El volumen que se almacena entre el NAMO y el NAMin o NAMINO se llama *volumen o capacidad útil* y es con el que se satisfacen las demandas de agua.

El *NAME* (*nivel de aguas máximas extraordinarias*) es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición. El volumen que queda entre este nivel y el NAMO, llamado súper almacenamiento, sirve para controlar las avenidas que se presentan cuando el nivel en el vaso está cercano al NAMO. El espacio que queda

entre el NAME y la máxima elevación de la cortina (*corona*) se denomina *bordo libre* y está destinado a contener el oleaje y la marea producidos por el viento, así como a compensar las reducciones en la altura de la cortina provocadas por sus asentamientos.

En resumen, existen cuatro volúmenes principales en toda Bocatoma que es necesario determinar para diseñar el vaso: el volumen de azolves, el volumen muerto, el volumen útil y el volumen de supe almacenamiento. La determinación de los dos primeros esta fuera del enfoque de esta tesis; el volumen de azolves es materia de la hidráulica fluvial y el volumen muerto, en el caso de plantas hidroeléctricas, depende, entre otras cosas, del tipo de turbina que se use.

A continuación, se estudiarán métodos para evaluar el volumen útil que debe tener una Bocatoma para satisfacer las demandas y el volumen de súper almacenamiento necesario para que la Bocatoma no corra peligro.

2.4.15.2. Determinación de caudales

2.4.15.2.1. Hidrología del área del Proyecto.

En el aspecto hidrometeorológico se recolecta información sobre las variables del clima, la precipitación, los caudales y niveles de las corrientes naturales y los sedimentos que transportan las corrientes. Por lo general esta información se recolecta en forma de SERIES DE TIEMPO HISTORICAS, las cuales se procesan con métodos estadísticos y probabilísticos para determinar regímenes medios y proyecciones futuras. El tratamiento de estas series se realiza de acuerdo con el tipo de proyecto que se va a desarrollar y para ello se utilizan los conceptos de Hidrología Aplicada e Hidrología Estocástica.

El análisis de los Estudios que se han desarrollado con anterioridad en la zona del proyecto permite complementar la información recolectada. Este análisis tiene capital importancia cuando el proyecto

se desarrolla en varias fases porque en la segunda fase debe analizarse cuidadosamente lo que se hizo en la primera, y así sucesivamente.

2.4.15.2.2. Aspectos generales para el cálculo de caudales máximos.

Para el diseño de obras hidráulicas a emplazarse en el cauce de los ríos, lo que mayormente interesa es la determinación del escurrimiento máximo en el sector elegido, en un momento dado.

El dimensionamiento hidráulico de estas estructuras, depende principalmente de la magnitud de las avenidas y la frecuencia con que éstas se repiten en el lugar del río donde se va a proyectar la obra, con la finalidad de poder determinar los coeficientes de seguridad que se dará a la misma o los años de vida probable.

Pero esto puede significar grandes dimensiones de la obra y lógicamente, hay un límite después del cual, los gastos ya no compensan los riesgos que se pretende cubrir.

Entonces en la práctica, no se busca una protección absoluta, sino la defensa contra una avenida de características definidas o la ocurrencia de una sequía.

Existen varios métodos para el análisis y determinación de los caudales máximos y la avenida de diseño, entre los que se cuentan, los métodos estadísticos y los métodos hidrometeorológicos.

2.4.15.2.2.1. Métodos Estadísticos.

Estos métodos, están basados en la utilización o empleo de los datos disponibles de una estación de aforos determinada para calcular el caudal máximo que puede tener lugar en dicha estación, para un período de retorno dado.

Los datos a utilizar son los máximos caudales registrados cada año en la estación hidrométrica ubicada más próxima al punto de interés, con los que se conforma una serie más o menos larga de

caudales máximos anuales. El máximo caudal anual puede considerarse como una variable aleatoria continua e ilimitada de la que puede estudiarse su distribución mediante la Ley Teórica de Gumbell, que es una de las más empleadas en estos casos y que está en relación directa al registro histórico.

Para el presente estudio, no ha sido posible la aplicación de estos métodos ya que a lo largo del recorrido del cauce del río Ponaza, no existe ninguna estación de aforo, por tanto, no se dispone de información hidrométrica.

2.4.15.2.2.2. Métodos hidrometeorológicos.

Estos métodos que se utilizan a falta de información hidrométrica o como contraste para la verificación de los resultados obtenidos con los métodos estadísticos, están basados en el empleo de ciertos parámetros meteorológicos especialmente de la precipitación y depende de las condiciones y/o características físicas de la cuenca como son: área colectora de lluvia, tamaño y forma de la cuenca, topografía, tipo de suelos y cubierta vegetal. Así como también las condiciones de humedad ante la caída de precipitaciones sucesivas.

Para el presente informe de ingeniería, se han empleado el método hidrometeorológico, el Método del US. SOIL CONSERVATION SERVICE, del Cuerpo de Ingenieros de los EEUU.

La información pluviométrica utilizada, se ha tomado de la Estación: Shamoyacu, que está a cargo del SENAMHI, esta ubicada en las inmediaciones del área del proyecto.

a). Método del US Soil Conservation Service (SCS).

Este método ha sido desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos y tiene muchas ventajas,

pues se aplica a cuencas medianas, así como también a pequeñas. Su principal aplicación, es la estimación del escurrimiento en el Estudio de Avenidas.

Este método, denominado también como de Número de Curva, deriva de una serie de curvas, cada una de las cuales lleva el número de N , que varía de 1 a 100. Los números de curvas representan coeficientes de escorrentía, pues así un número de curva $N = 100$, indica que toda la lluvia se escurre y un número $N = 1$, indica que toda la lluvia se infiltra (ver fig. 2.11).

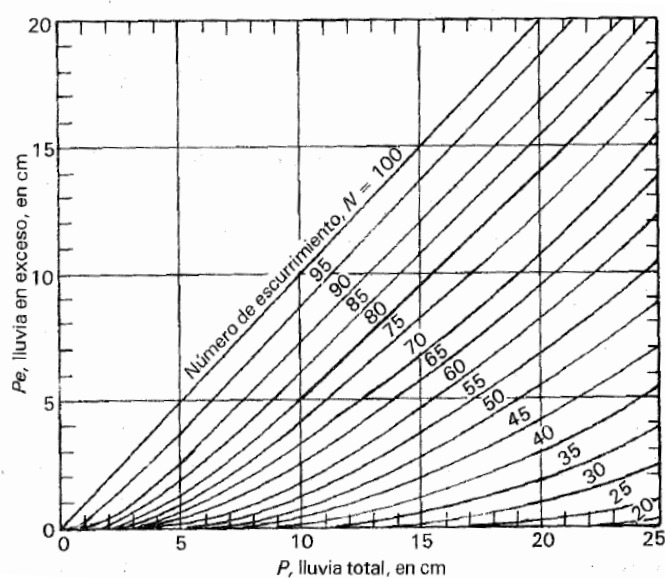


Figura 13. Familia de curvas N

Este método es utilizado para estimar la escorrentía total a partir de datos de precipitación, conociéndose su intensidad, duración, que son empleados para calcular el caudal pico de una avenida de determinado período de retorno, para lo cual se debe tener presente los valores de la tabla N° 1, la misma que ha sido elaborada para una duración de tormenta de seis (6) horas y relaciona el tiempo de concentración en horas, con el llamado gasto unitario (q), cuyas unidades son: $(\text{m}^3/\text{seg.}) / (\text{mm./Km}^2)$.

Se calculan previamente, las siguientes características fisiográficas:

A = área de la cuenca colectora en Km²

T_c = Tiempo de concentración en horas

N = Número de curva de escurrimiento, para la condición media de humedad en la cuenca, es adimensional.

Se calcula teniendo en consideración los aspectos de condición hidrológica (buena, regular y pobre), grupo hidrológico de suelo (A: bajo potencial de escorrentía, B: moderado bajo potencial de escorrentía, C: moderado alto potencial de escorrentía y D: alto potencial de escorrentía), uso de la tierra (cultivada, cubierta de pastos y cubierta de bosques y arboledas).

Se calculan los valores de precipitación (P) de duración 6 horas y períodos de retorno de acuerdo a las avenidas del proyecto. Lo anterior en base a la precipitación máxima en 24 horas (**Cuadro N° 1 del Anexo**).

Con el valor de N, se calcula la escorrentía (E_i) para cada una de las precipitaciones, con duración de 6 horas, y diferentes períodos de retorno determinadas en el paso anterior, aplicando la siguiente fórmula:

$$E_i = \frac{[N(P + 50.80) - 5080]^2}{N[N(P + 203.2 + 20.32N)]}, \text{ en mm.}$$

Como paso final, se calculan los caudales máximos para diferentes valores de (T), aplicando la siguiente relación:

$$Q_{\max} = E_i \times q \times A \quad (2.7)$$

Donde:

E_i = Escorrentía para diferentes períodos de retorno.

q = Caudal unitario (se calcula con el T_c en la tabla N° 2 del anexo).

A = Área de la cuenca.

CAPÍTULO III

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

a) Equipo:

- 01 Computadora
- 01 Impresora
- 01 Plotter
- 04 Tinta para impresora

b) Materiales:

- Carta Nacional a escala 1: 100,000
- Plano general de ubicación.
- Plano topográfico a curvas de nivel del río en el tramo de interés.
- Software de diseño: AutoCAD 2010.
- Papel bon A-1
- Papel bon A-4
- Materiales de Almacenamiento de datos (Memorias USB y CD's).

3.2 Métodos

3.2.1. Metodología de la investigación

La metodología utilizada para el desarrollo del presente Informe de Ingeniería consistió en la aplicación de las teorías existentes sobre hidrología e hidráulica de ríos, tanto para el cálculo de máximas avenidas y el caudal de diseño y también el diseño hidráulico de la Bocatoma para el proyecto de Irrigación Ponaza.

3.2.1.1. Cobertura del estudio:

3.2.1.1.1. Universo y/o muestra

- La muestra está conformada por los registros de precipitaciones para el cálculo de caudales máximos.

3.2.1.1.2. Ámbito geográfico

- En el Distrito de Tingo de Ponaza, Provincia de Picota, Región San Martín.

3.2.1.2. Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos.

La fuente de recolección de datos está conformada por la información disponible en los organismos gubernamentales tales como el Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo (PEHCBM), Ministerio de Agricultura y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Para la determinación de los caudales máximos se aplicó el Método del US Soil Conservation Service (USCS). Así mismo, se ha revisado información bibliográfica de la biblioteca especializada de la Facultad de Ingeniería Civil y otras dependencias donde existe información científica vinculada al tema del proyecto.

3.2.1.3. Procesamiento y presentación de datos.

El procesamiento de los datos recopilados se ha realizado de forma computarizada, para el cálculo del caudal de diseño de la Bocatoma.

La presentación de los resultados se hace utilizando gráficos, y cuadros estadísticos, finalmente se ha calculado el caudal de diseño.

3.3. Metodología y formulación del estudio.

3.3.1. Metodología del estudio.

La metodología que se ha seguido para la elaboración del presente informe de ingeniería, ha consistido básicamente en la recopilación, análisis y procesamiento de la Información existente acerca del área del proyecto como es: Mapas de ubicación Provincial, Carta Nacional, registros de precipitación mensual en mm, Precipitación Máxima en 24 horas (mm), Temperatura Promedio mensual en °C, Humedad Relativa Promedio Mensual en % registradas en la Estación CO Tingo de Ponaza, durante el período: 1999 – 2009. También, se han empleado para los cálculos hidrológicos la información pluviométrica registrada en la Estación Tingo de Ponaza, para el período 1995 – 2009.

Así mismo, con la información debidamente procesada y haciendo uso de la metodología existente, se ha realizado el cálculo de los diferentes parámetros tanto de la cuenca, así como de los parámetros hidrológicos para determinar los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, así como los caudales medios mensuales y el caudal de diseño.

3.3.2. Formulación del estudio.

El presente informe de ingeniería, ha sido formulado de tal manera de alcanzar el objetivo principal que es el de calcular los caudales máximos para diferentes períodos de retorno que permita seleccionar el Caudal de Diseño de la Bocatoma.

3.4. Recopilación de información

Considerando el nivel del presente informe de ingeniería, se ha recopilado la siguiente información básica.

3.4.1. Información cartográfica y topográfica.

La información cartográfica, ha sido recopilada para la determinación de los parámetros hidrofisiográficos de la cuenca del río Ponaza y la información topográfica en el eje de la Bocatoma, el estudio topográfico del tramo del río, en el cual se emplazarán las obras de Bocatoma, ha sido realizado tanto en superficie (ribera del río) como en el cauce del río Ponaza, para la determinación de ciertos parámetros en la sección de interés como son: nivel de aguas máximas alcanzados en la sección, pendiente del curso de agua en el tramo de interés, área hidráulica máxima, etc.

Se ha recopilado la siguiente información que ha sido proporcionada por la Dirección de Estudios del Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo:

- Carta Nacional IGN Escala 1:100,000 (ámbito de cuenca río Ponaza).
- Levantamiento Topográfico a curvas de nivel del lugar del río donde se ha proyectado el emplazamiento de la Bocatoma, a escala 1.1, 000. Se presenta el Plano PCP, el plano de la cuenca del río Ponaza.

3.4.2. Información hidroclimática.

La cuenca del río Ponaza, dispone de información hidroclimática registrada en la estación CO Tingo de Ponaza, tanto para el control pluviométrico, así como para los diferentes parámetros climáticos. Se ha tenido que adquirir información de la estación climatológica Ordinaria CO de Tingo de Ponaza, de propiedad y operada por el SENAMHI. La información hidroclimática, se presenta en los cuadros del Anexo.

La información recopilada, comprende los registros de:

- Lámina de precipitación mensual en mm
- Precipitación máxima caída en 24 horas en mm.
- Temperatura Promedio Mensual en °C.

Toda la información recopilada ha sido registrada durante el período 1995 – 2009 de la Estación de Tingo de Ponaza. A continuación, se presenta la información correspondiente a la precipitación máxima caída en 24 horas, durante el período: 1995 – 2009, extraída del Cuadro N° 1 del Anexo.

| N° | AÑO | PRECIPITACION MAXIMA CAIDA EN 24 Hr. (mm) |
|----|------|--|
| 1 | 1995 | 43.90 |
| 2 | 1996 | 69.50 |
| 3 | 1997 | 41.20 |
| 4 | 1998 | 54.90 |
| 5 | 1999 | 67.90 |
| 6 | 2000 | 48.50 |
| 7 | 2001 | 112.40 |
| 8 | 2002 | 55.30 |
| 9 | 2003 | 67.40 |
| 10 | 2004 | 33.00 |
| 11 | 2005 | 132.50 |
| 12 | 2006 | 82.70 |
| 13 | 2007 | 77.10 |
| 14 | 2008 | 86.80 |
| 15 | 2009 | 47.90 |

3.4.3. Registro de caudales.

Este parámetro no ha sido controlado dentro de la cuenca del río Ponaza, por lo tanto, para el cálculo del caudal máximo no ha sido posible el empleo de Método Estadístico alguno.

3.4.4. Estudios anteriores.

En relación a la zona del Proyecto, anteriormente no se ha realizado estudio hidrológico alguno que permita tenerlo en consideración como referencia.

3.4.5. Versión de los pobladores.

Según versión de los pobladores de las localidades de Shamboyacu, así como de los vecinos asentados en las inmediaciones de la sección de Interés, o lugar donde se emplazará la Bocatoma, los niveles de agua en el río varían sensiblemente a lo largo del año tanto a nivel diario, semanal, así como mensual.

La variación de los niveles de agua en la sección de interés, tienen relación directa con la ocurrencia de precipitaciones dentro de la cuenca. Esta información ha sido tomada como referencia.

La información que ha sido empleada para la determinación de los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, así como de los caudales Medios Mensuales, se ha aplicado el Método del US Soil Conservation Service.

3.5. Características principales de la cuenca

Las características principales de la cuenca del río Ponaza, están referidas a:

3.5.1. Topografía.

La topografía de la cuenca, es representativa y condiciona el escurrimiento del agua durante la caída de precipitaciones especialmente en las partes alta y media. En esta última, se ubica el emplazamiento del Vaso Regulador que se ha proyectado como componente del Sistema de Riego Ponaza.

La distribución topográfica del cauce en el tramo de interés, es irregular, se nota la presencia de varias depresiones (tal como se puede apreciar en el Plano PCP) lo que ocasiona variaciones continuas en la dirección principal del flujo de agua, así como en la distribución de velocidades.

En tal sentido, se puede aseverar que la configuración morfológica del cauce del río condiciona la hidráulica fluvial del mismo.

El lecho del río Ponaza, en el tramo estudiado va desde el nivel 220.00 msnm, (**desembocadura en el río Huallaga**) hasta el nivel 890.00 msnm, pasando por un nivel intermedio de 290.00 m.s.n.m (Punto de interés), cuyo tramo se ubica la zona de captación del proyecto, hasta el final del sector agrícola Shamboyacu.

3.5.2. Hidrografía.

El río Ponaza, es un afluente de la margen derecha del río Huallaga y su sistema hidrográfico, se caracteriza por una red de doce tributarios, ocho (8), por la margen derecha y cuatro (04), por la margen izquierda, ubicados a lo largo de toda la cuenca. La longitud total de la red hidrográfica o de drenaje de la cuenca del río Ponaza es de 32.515 Km.

El curso principal en sus nacientes, se encuentra a una altitud aproximada de 1420.00 msnm, y en el lugar donde se emplazará la Bocatoma a una altitud aproximada de 290.00 msnm.

En el *Plano PCT*, se puede observar la configuración hidrográfica de la cuenca del río Ponaza.

3.5.3. Área de la cuenca.

El área total del ámbito de influencia de la cuenca es de 772.512Km², la misma que ha sido determinada en función a la delimitación realizada sobre la Carta Nacional. El área colectora hasta el punto de interés o lugar donde se emplazará la Bocatoma Ponaza, es de **351.261 Km²**, tal como se puede apreciar en el **Plano PCT**.

3.5.4. Perímetro de la cuenca.

El perímetro fue calculado utilizando el plano en versión digital y mediante el software de dibujo AutoCAD se realizó la medición, después de la delimitación respectiva.

La Cuenca del río Ponaza, presenta un perímetro de **138.088 Km.** y el área colectora hasta el punto de interés un perímetro de **96.913 km.**

3.5.5. Factor de forma.

Este parámetro representa la relación entre el ancho medio de la cuenca (**A_{mc}**) y longitud del curso de agua más largo (**L hasta el punto de interés**). El ancho medio de la cuenca se obtiene dividiendo el área de la misma entre la longitud del curso de agua más largo hasta el punto de interés.

Lo descrito líneas arriba se puede presentar en la siguiente fórmula:

$$Ff = A / L^2$$

Donde:

Ff = Factor de Forma.

A = Área de la cuenca.

Reemplazando valores:

$$Ff = 351.261 / (32.515)^2$$

$$\underline{\underline{Ff = 0.332}}$$

Es preciso indicar que, una cuenca con factor de forma bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño, pero con Factor de Forma mayor. Es adimensional, al igual que el índice de compacidad.

El Factor de Forma para la cuenca del río Ponaza es de **0.332**, el cual nos indica que la oportunidad de presencia de crecientes violentas es baja, por ser una cuenca extensa, en el sentido de la corriente.

3.5.6. Índice de compacidad.

Representa la relación entre el perímetro de la cuenca y el área de la misma.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

El índice de compacidad de la cuenca del río Ponaza considerando hasta el punto de interés es de **1.448** lo que demuestra que su forma es irregular y no muy alargada. Este parámetro, nos evidencia que la respuesta de transformación de la precipitación en escorrentía es lenta.

3.5.7. Longitud del cauce principal.

El curso principal del río Ponaza, presenta una longitud de **32.515 Km** hasta el punto de interés y de **102.744 Km** hasta su desembocadura en el río Huallaga.

3.5.8. Pendiente media del cauce principal.

El conocimiento de la pendiente del cauce principal de una cuenca es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento del recurso hídrico, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidráulico.

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales, escurre con una velocidad que depende directamente del declive de éstos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento. La pendiente media del río, es un parámetro empleado para determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos, que generalmente lo constituye la naciente y su desembocadura en otro río.

La fórmula es la siguiente:

$$S = (HM - Hm) / (L)$$

Donde:

S = pendiente media del río Ponaza.

L = Longitud del cauce principal en m = 32,515 m

HM = Altura máxima msnm. = 1,420.00

Hm = Altura mínima msnm. = 290.00

Reemplazando valores, se tiene:

$$S = (1,420 - 290) / (32,515) = 0.00348$$

$$\underline{S = 0.0348}$$

La pendiente media del río Ponaza es de 34.75 m por cada kilómetro de longitud, es decir presenta un moderado declive, el cual influye en el comportamiento del escurrimiento del agua a lo largo del río.

3.5.9. Tiempo de concentración.

Se denomina así, al tiempo que transcurre desde que una gota de agua cae en el punto más alejado de la cuenca, hasta que llega a la estación de aforo, o punto de interés alguno o a la salida de ésta (desembocadura).

Este tiempo, está en función de las características geológicas y topográficas de la cuenca.

El tiempo de concentración debe incluir los escurrimientos sobre terrenos, canales, cunetas y los recorridos sobre la misma estructura que se diseña.

Todas aquellas características de la cuenca tributaria, tales como dimensiones, pendientes, vegetación y otras en menor grado, hacen variar el tiempo de concentración.

Para la cuenca del río Ponaza, el Tiempo de concentración, se ha calculado utilizando la fórmula empírica de Kirpich, que es la siguiente:

$$T_c = 0.0195 (L / H)^{0.385}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración en minutos.

L = longitud máxima de recorrido en m. L = 32,515 m.

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en m.

H = 1130.00 m.

Reemplazando valores, se tiene:

$$T_c = 211.864 \text{ min.} = 3.53 \text{ hr.}$$

$$\underline{T_c = 3.53 \text{ hr.}}$$

3.6. Climatología de la zona del proyecto

Se ha distinguido solo el clima selva tropical, clima tropical permanentemente húmedo y cálido. La cuenca del río Ponaza, tiene una conformación geomorfológica e hidrofisiográfica propia de Ceja de Selva, constituida por planicies, lomadas y colinas que forman pequeñas cadenas de montañas que los separan de las cuencas vecinas.

Estas irregularidades en la fisiografía de la cuenca dan lugar a un clima heterogéneo que varía con la altitud y la época del año y que en general, presenta las siguientes características básicas: En los sectores de planicie y lomadas es ligeramente seco y cálido con precipitaciones bajas y con temperaturas elevadas. En los sectores de colinas altas y estribaciones montañosas, el clima es ligeramente húmedo y semi-cálido.

3.6.1. Precipitación.

La precipitación es el principal parámetro que determina el escurrimiento dentro de una cuenca. En la cuenca del río Ponaza, el régimen de precipitaciones es variable, tanto espacial (dentro de la cuenca), así como temporal, es decir a lo largo de los doce meses del año. De la información pluviométrica registrada durante el período: 1995 - 2009 en la Estación CO Tingo de Ponaza de propiedad del SENAMHI, se puede apreciar que existen debidamente marcadas dos estaciones, la de mayores precipitaciones durante los meses de noviembre a abril, con láminas que van hasta los 132.50 mm mensuales y de sequías comprendida entre los meses Mayo - octubre con láminas hasta de 39.80 mm. La lámina Promedio Anual de agua llovida en la cuenca según los datos registrados en la Estación Tingo de Ponaza, es de 1,054.10 mm, para el período estudiado (1964 – 2009).

3.6.2. Temperatura.

En la zona del Proyecto, este parámetro es controlado también a través de la Estación CO Tingo de Ponaza. En el cuadro N° 2, se presentan los registros de Temperatura del período 1999 – 2009, donde se puede apreciar que la Temperatura Media Promedio es de 26.25 °C y los valores máximos y

mínimos son de 33.70 °C y de 18.60 °C respectivamente. Así mismo, se observa una variación mínima a lo largo del año.

Pese a no existir información de estaciones que controlen este parámetro a altitudes mayores de los 300 msnm se estima que la relación con la altitud es inversa en la cuenca del río Ponaza, es decir, a mayor altitud se presentan menores temperaturas.

3.7. Determinación de caudales

3.7.1. Hidrología del área del proyecto.

Al tratar de la hidrología de la zona, básicamente nos referimos al conocimiento de los efectos naturales y económicos.

La hidrología tiene un papel esencial en todo proyecto, como en su ejecución u operación. En el ámbito de influencia de la cuenca del río Ponaza, donde se ubica el proyecto, la hidrología se caracteriza por presentar dos épocas hidrológicas bien definidas a lo largo del año, una de ellas referida a la época de invierno, con marcada presencia de lluvias continuas que generalmente se presentan durante el período comprendido entre los meses de noviembre - abril.

La otra época de escasa o limitada ocurrencia de precipitaciones, generalmente ocurre entre los meses de mayo a octubre.

Las lluvias pueden durar de escasos minutos a días enteros y puede abarcar zonas pequeñas hasta toda la región.

Se ha realizado el reconocimiento detallado de los sistemas hidrográficos y morfológicos existentes dentro del área de Estudio, teniendo en consideración que para el reconocimiento del terreno se ha utilizado las curvas de nivel del plano catastral.

Según la información registrada en la **Estación CO de Tingo de Ponaza** a cargo del SENAMHI y ubicada en las inmediaciones del área del Proyecto, la lámina promedio anual de agua llovida es de 1,054.10 mm, con máximas que alcanzan valores de hasta los 1,435.70 mm y mínimas de 669.60 mm.

Los cálculos hidrológicos efectuados, nos ha permitido estimar los caudal máximos instantáneos que pueden ocurrir en el río Ponaza en el punto de interés en el cual se ha proyectado el emplazamiento de la Bocatoma del Sistema de Riego, empleando métodos hidrometeorológicos y directos, para lo cual ha sido necesario caracterizar el cauce del río y establecer una sección hidráulica que nos ha facilitado realizar una estimación del caudal, teniendo como referencia las marcas o trazas dejadas por los eventos extraordinarios ocurridos y que han sido corroborados por versión de los pobladores vecinos del lugar.

3.7.2. Cálculo de caudales máximos

Para diseñar las dimensiones de un cauce y el sistema de drenaje, se debe calcular o estimar el caudal de diseño, que vienen a ser los caudales máximos. La magnitud del caudal de diseño, es función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de ésta.

Para el análisis y determinación de los caudales máximos y la avenida de diseño se han empleado el Método del US. SOIL CONSERVATION SERVICE, del Cuerpo de Ingenieros de los EEUU. La información pluviométrica utilizada, se ha tomado de la Estación: CO Tingo de Ponaza, que está a cargo del SENAMHI, que esta ubicada en las cercanías del área del Proyecto que registran la lámina de precipitación mensual, así como de la precipitación máxima en 24 horas (Estación CO Tingo de Ponaza) que ocurre en el ámbito de influencia de la cuenca colectora del río Ponaza, lugar donde se emplazará la Bocatoma del Sistema de Riego.

3.7.2.1 Método Del Us Soil Conservation Service (Scs).

Este método tiene la metodología siguiente:

- a).** - Se han calculado previamente, las siguientes características hidrofisiográficas:

$$A = \text{área de la cuenca colectora en Km}^2 = 351.261 \text{ Km}^2.$$

T_c = Tiempo de concentración en horas = 3.53 horas.

N = Número de curva de escurrimiento, para la condición media de humedad en la cuenca, es adimensional. Se ha calculado teniendo en consideración los aspectos de condición hidrológica (buena, regular y pobre), grupo hidrológico de suelo (A: bajo potencial de escorrentía, B: moderado bajo potencial de escorrentía, C: moderado alto potencial de escorrentía y D: alto potencial de escorrentía), uso de la tierra y tratamiento de la tierra (cultivada, cubierta de pastos y cubierta de bosques y arboledas).

Teniendo en consideración todas estas características para la cuenca del río Ponaza, se determinó que $N = 60$.

- b). - Se calculan los valores de precipitación (P) de duración 6 horas y períodos de retorno de acuerdo a las avenidas del proyecto. Lo anterior en base a la precipitación máxima en 24 horas (**Cuadro N° 1** del Anexo).

Cuadro 2

Ordenamiento de P_{pmax} . De mayor a menor

| n | P'_{max} (mm) | $(P_i - P')^2$ |
|----------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 132.50 | 4151.65 |
| 2 | 112.40 | 1965.44 |
| 3 | 86.80 | 350.94 |
| 4 | 82.70 | 214.13 |
| 5 | 77.10 | 81.60 |
| 6 | 69.50 | 2.05 |
| 7 | 67.90 | 0.03 |
| 8 | 67.40 | 0.44 |
| 9 | 55.30 | 162.99 |
| 10 | 54.90 | 173.36 |
| 11 | 48.50 | 382.85 |
| 12 | 47.90 | 406.69 |
| 13 | 43.90 | 584.03 |
| 14 | 41.20 | 721.82 |
| 15 | 33.00 | 1229.67 |
| Σ | 1021.00 | 10427.71 |

- Precipitación máxima media.

$$P'_{\max} = \frac{\sum P_{\max}}{n}$$

$$P_{\max.p} = 1,021.00/15 = 68.07 \text{ mm.}$$

$$P_{\max.p} = 68.07 \text{ mm}$$

- Desviación Standard (Ds):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (P_i - P')^2}{n - 1}}$$

1/2

$$D_s = (10,427.71/14)$$

$$D_s = 27.29 \text{ mm}$$

Se ha realizado el procesamiento de la información y aplicando el Método de Gumbell, se ha calculado la precipitación máxima caída en 24 horas para diferentes períodos de retorno (T). Los resultados son los siguientes:

Cuadro 3

Precipitación Máxima en 6 horas

| PERIODO DE RETORNO Tr(en años) | | PRECIPITACION DE DISEÑO (mm)(%) |
|-----------------------------------|---|---------------------------------------|
| 5 | → | 87.72 |
| 10 | → | 103.69 |
| 20 | → | 119.01 |
| 25 | → | 123.87 |
| 50 | → | 138.85 |
| 100 | → | 153.71 |
| 200 | → | 168.52 |
| 400 | → | 183.30 |
| 500 | → | 188.06 |

(%) Se asume 6 horas de precipitación de diseño (75%)

Luego, se ha realizado la distribución porcentual de la precipitación en 6, 12 y 24 horas respectivamente.

Los resultados se muestran a continuación:

Cuadro 4

Distribución Porcentual de la Precipitación

| PERIODO DE RETORNO Tr (en años) | 6 HORAS (75%) | 12 HORAS (85%) | 24 HORAS (100%) |
|--|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 5 | 65.79 | 55.92 | 87.72 |
| 10 | 77.77 | 66.10 | 103.69 |
| 20 | 89.26 | 75.87 | 119.01 |
| 25 | 92.91 | 78.97 | 123.87 |
| 50 | 104.14 | 88.52 | 138.85 |
| 100 | 115.28 | 97.99 | 153.71 |
| 200 | 126.39 | 107.43 | 168.52 |
| 400 | 183.30 | 137.48 | 116.86 |
| 500 | 141.04 | 119.89 | 188.06 |

c). - Con el valor de $N = 60$, se calcula la escorrentía (E_i) para cada una de las precipitaciones, con duración de 6 horas, y diferentes períodos de retorno determinadas en el paso anterior, aplicando la siguiente fórmula:

$$E_i = \frac{(N(P+50.80) - 5,080)^2}{N(N(P - 203.20) + 20,320)}, \text{ en mm.}$$

En el siguiente Cuadro, se presentan los valores de E_i , para diferentes períodos de retorno.

Cuadro 5*Escorrentía*

| PERIODO DE RETORNO TR (Años) | VALOR DE LA CURVA N = 60 | Pmax de diseño (mm) | ESCORRENTIA (Ei), mm |
|---|---|------------------------------------|---------------------------------|
| 5 | 60 | 65.79 | 1.97 |
| 10 | 60 | 77.77 | 4.77 |
| 20 | 60 | 89.26 | 8.38 |
| 25 | 60 | 92.91 | 9.69 |
| 50 | 60 | 104.14 | 14.17 |
| 100 | 60 | 115.28 | 19.22 |
| 200 | 60 | 126.39 | 24.76 |
| 400 | 60 | 183.30 | 30.75 |
| 500 | 60 | 141.04 | 32.76 |

d). - Con el valor de tiempo de concentración (T_c), calculado anteriormente, se determina el caudal unitario (q), según los valores de la Tabla N° 2 del Anexo, cuyo valor obtenido es:

Hay que Interpolarse para calcular q_i para un $T_c = 3.53$ hr.:

$$a = 3.00 \quad y = 0.076$$

$$h = 3.53 \quad x =$$

$$b = 4.00 \quad z = 0.063$$

$$\frac{3.00 - 4.00}{3.00 - 3.53} = \frac{0.076 - 0.063}{0.076 - X}$$

$$x = 0.069096$$

$$q = 0.069 \text{ (m}^3\text{/seg) / (mm-Km}^2\text{)}.$$

e).- Como paso final, se calculan los caudales máximos para diferentes valores de (T), aplicando la siguiente relación:

$$Q_{\max} = E_i \times q \times A$$

En el siguiente Cuadro, se presentan los valores de Q_{max} , para diferentes períodos de retorno.

Cuadro 6

Q_{máx}, para diferentes periodos de retorno

| PERIODO DE RETORNO TR (Años) | CAUDAL UNITARIO q_i | ESCORRENTIA (E_i), mm | AREA CUENCA COLECTORA Km² | CAUDAL MAXIMO m³/seg. | Q_{max}. Instantáneo m³/seg. |
|-------------------------------------|---|--|---|---|--|
| 5 | 0.069 | 1.97 | 351.261 | 47.85 | 57.42 |
| 10 | 0.069 | 4.77 | 351.261 | 115.83 | 139.00 |
| 20 | 0.069 | 8.38 | 351.261 | 203.37 | 244.04 |
| 25 | 0.069 | 9.69 | 351.261 | 235.16 | 282.19 |
| 50 | 0.069 | 14.17 | 351.261 | 343.93 | 412.72 |
| 100 | 0.069 | 19.22 | 351.261 | 466.41 | 559.70 |
| 200 | 0.069 | 24.76 | 351.261 | 600.99 | 721.18 |
| 400 | 0.069 | 30.75 | 351.261 | 746.27 | 895.53 |
| 500 | 0.069 | 32.76 | 351.261 | 795.12 | 954.15 |

A continuación, se presentan los valores obtenidos de caudal máximo y caudal máximo instantáneo:

| PERIODO DE RETORNO TR (Años) | CAUDAL MAXIMO m³/seg. | Q_{max}. Instantáneo m³/seg. |
|-------------------------------------|---|--|
| 5 | 47.85 | 57.42 |
| 10 | 115.83 | 139.00 |
| 20 | 203.37 | 244.04 |
| 25 | 235.16 | 282.19 |
| 50 | 343.93 | 412.72 |
| 100 | 466.41 | 559.70 |
| 200 | 600.99 | 721.18 |
| 400 | 746.27 | 895.53 |
| 500 | 795.12 | 954.15 |

3.7.3. Avenidas para el diseño de la Bocatoma.

De acuerdo a los cálculos realizados y los resultados obtenidos en los ítems precedentes, las avenidas de diseño serán las obtenidas mediante los diferentes períodos de retorno. En tal sentido, el valor de los caudales máximos o avenidas de diseño, se presentan a continuación en base a los resultados obtenidos mediante la aplicación del método US Soil Conservation Service:

| PERIODO DE RETORNO TR (Años) | CAUDAL MAXIMO m3/seg. |
|---|--|
| 5 | 47.85 |
| 10 | 115.83 |
| 20 | 203.37 |
| 25 | 235.16 |
| 50 | 343.93 |
| 100 | 466.41 |
| 200 | 600.99 |
| 400 | 746.27 |
| 500 | 795.12 |

3.7.3.1.- Cálculo del caudal de diseño.

Para el cálculo del caudal de diseño, será necesario, primero definir la vida útil de la obra, luego, el riesgo de falla y posteriormente el período de retorno, con el cual, se obtendrá el caudal de diseño.

a.- Vida útil de la obra (n).

Teniendo en consideración que la obra a proyectarse es una Bocatoma para el almacenamiento de agua para riego, se considera la vida útil de 50 años.

$$n = 50$$

b.- Riesgo de falla (R).

Teniendo en consideración que el tipo de obra es una Bocatoma (estructura mayor), el riesgo de falla debe ser

mínimo, por tanto, la seguridad debe ser alta. En tal sentido, se considera un riesgo de falla de 15%.

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

$$R = 0.15$$

c.- Cálculo de período de retorno (T).

Para el caso de la determinación del caudal de diseño de la Bocatoma, el período de retorno (T) se define, como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud Q, puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio.

De la ecuación anterior, el período de retorno se puede determinar mediante la siguiente relación:

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

Reemplazando valores, se tiene:

T = 308.16 años, Para mayor seguridad optamos por un período de **retorno igual a 400 años.**

$$\underline{\underline{T = 400 \text{ años}}}$$

d). - Caudal de diseño para la Bocatoma Ponaza.

El caudal de diseño para el dimensionamiento de la Bocatoma del Sistema de Irrigación Ponaza, es el que corresponde para un período de retorno (T) de 400 años.

En tal sentido el **caudal de diseño es 746.27 m3/seg.**

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros calculados en el río Ponaza en el punto de interés o eje de ubicación de la presa

| | | | |
|----------------|---|-------------------------|------------------------------|
| A | = | 351.261 km ² | área de la cuenca colectora. |
| P | = | 96.91 | perímetro de la cuenca. |
| S | = | 0.0348 | pendiente del cauce. |
| L _c | = | 32.515 k m. | longitud del cauce |
| F _f | = | 0.332 | factor de forma |
| K _c | = | 1.448 | índice de compacidad |

4.2. Caudales máximos aplicando métodos hidrometeorológicos.

4.2.1. Método del US Soil Conservation Service.

El valor de los caudales máximos o avenidas máximas, se presentan a continuación en base a los resultados obtenidos mediante la aplicación del método US Soil Conservation Service:

| <i>PERIODO DE RETORNO</i> <i>En años.</i> | <i>CAUDAL MAXIMO</i> <i>m³/seg.</i> |
|--|---|
| 5 | 47.85 |
| 10 | 115.83 |
| 20 | 203.37 |
| 25 | 235.16 |
| 50 | 343.93 |
| 100 | 466.41 |
| 200 | 600.99 |
| 400 | 746.27 |
| 500 | 795.12 |

4.3. Análisis y discusión de los resultados.

- a). El valor del caudal máximo, empleando el método del US Soil Conservation Service fue de 746.27 m³/seg.
- b). El resultado de N=60 Se ha obtenido teniendo en consideración los aspectos de condición hidrológica (buena, regular y pobre), grupo hidrológico de suelo (A: bajo potencial de escorrentía, B: moderado bajo potencial de escorrentía, C: moderado alto potencial de escorrentía y D: alto potencial de escorrentía), uso de la tierra y tratamiento de la tierra (cultivada, cubierta de pastos y cubierta de bosques y arboledas).
- c). Los resultados de valores de caudales máximos obtenidos para diferentes períodos de retorno aplicando el Método del US Soil Conservation Service, son aceptables, pues consideran no solo los parámetros hidrofisiográficos (Tiempo de concentración, escorrentía, cobertura vegetal, tipo de suelo, etc) sino también hidrológicos (precipitación máxima caída en 24 horas).
- d). En lo que se refiere al riesgo de falla en la estructura hidráulica (Bocatoma), cuanto menor es el riesgo, el período de retorno es mayor, por lo tanto, el valor del caudal de diseño también aumenta, trayendo consigo el aumento en las dimensiones de la Bocatoma y por consiguiente incremento en el costo económico. En tal sentido, se tiene que tener en cuenta el grado de seguridad óptima de la estructura, a fin de no diseñar una estructura muy costosa que a la larga puede ser inviable su construcción.

CONCLUSIONES

- La cuenca hidrográfica del río Ponaza, hasta el punto de interés tiene un área de **351.261 Km²** y la **pendiente media** del río Ponaza en las inmediaciones de la sección de interés o eje de Bocatoma es de $S = 0.0348$.
- Un aspecto que se debe tomar en cuenta es que no existen estaciones meteorológicas automatizadas en zona donde los parámetros hidrológicos sean medidos y registrados por lo tanto se corre el riesgo de precisar los resultados por la escasa disponibilidad de información en la zona.
- Para el desarrollo del presente estudio, se ha utilizado la información pluviométrica registrada en la Estación Tingo de Ponaza durante el período. 1995 – 2009. Así mismo la Carta Nacional elaborada por el IGN, referida a la parte que corresponde a la provincia de Picota. Así mismo el levantamiento topográfico de detalle del lugar donde se emplazará la Bocatoma, ha sido actualizado y proporcionado por el PEHCBM.
- Desde el punto de vista hidrológico, la cuenca del río Ponaza, es propia de la región de Ceja de Selva, caracterizada por dos períodos de precipitaciones bien diferenciados, el período de altas precipitaciones (Noviembre – Abril) y el período de bajas precipitaciones o de estiaje (Mayo – Octubre).
- Se ha considerado en el estudio el diseño de estructura hidráulica como es la Bocatoma, teniendo en cuenta la máxima esorrentía calculada para un periodo de retorno de **400 años**, tomando como información la intensidad de las precipitaciones que se registran en la estación meteorológica de Tingo de Ponaza.
- La precipitación media anual caída en la cuenca es de 1054.10 mm. tal como se registra en las Estación de Tingo de Ponaza.
- Según los pobladores asentados en las inmediaciones de la sección de interés, durante el período de avenidas no se producen desbordes ni inundaciones hacia las

zonas aledañas por parte del río Ponaza en el lugar donde se ha proyectado el emplazamiento de la Bocatoma.

- El caudal o avenida de diseño para el dimensionamiento de los diferentes componentes de la Bocatoma del Sistema de Riego Ponaza, será seleccionado por el proyectista, teniendo en consideración el período de retorno, vida útil de obra y el riesgo de falla.
- El caudal máximo instantáneo calculado con el método de US SOIL CONSERVATION SERVICE es de 746.27 m³/seg.
- El río Ponaza hasta el punto de interés o lugar donde se emplazará la Bocatoma, presenta las siguientes características:

Área de cuenca : 351.261 Km².

Longitud cauce principal : 32.1515 Km.

Pendiente media cauce principal : 0.0348

Factor de Forma : 0.332

Índice de compacidad : 1.448

- Los caudales de avenidas en m³/seg para diferentes períodos de retorno (T) en el río Ponaza, en el lugar donde se emplazará la Bocatoma son:

| Período de retorno (T). | 5 | 10 | 20 | 25 | 50 | 100 | 200 | 400 | 500 |
|---|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|---------------|------------|
| Método US SCS. (m³/seg) | 47.85 | 115.83 | 203.37 | 235.16 | 343.93 | 466.41 | 600.99 | 746.27 | 795.12 |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARTA NACIONAL – IGN (Instituto Geográfico Nacional) Lima-Perú.

CHEREQUE MORAN, WENDOR.; “Hidrología”. Pontificia Universidad Católica. Lima-Perú”,

FRANCISCO JAVIER APARICION MIJARES. - Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa S.A. de C.V. Primera Edición, México. 1989.

MONSALVE SÁENZ, Germán; “Hidrología en la ingeniería”, Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá – Colombia – 2002.

PIZARRO BALDERA, José del Carmen; “Curso hidráulica fluvial de la UNSM” Tarapoto – Perú, 2004.

ROCHA FELICES, Arturo; “Introducción a la hidráulica fluvial”, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú, 1998

SOTO CHÁVEZ, VÍCTOR.; “Manejo De Cuencas Y Conservación De Laderas”, Lima-Perú.

VILLÓN BEJAR, MÁXIMO.; “HIDROLOGIA” Perú”, Editorial Villon. Febrero del 2002, Lima – Perú.

ANEXOS

Tabla 1

Número de curva N Para complejos hidrológicos de suelo y cobertura
(para condición de humedad antecedente II e $Ia = 0.2S$)

| Uso de la tierra | Cobertura | | Número de Curva | | | |
|--|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----|----|----|
| | Tratamiento o práctica | condición hidrológica | A | B | C | D |
| Descuidado, en descanso, sin cultivos | surcos rectos | ----- | 77 | 86 | 91 | 94 |
| Cultivos | surcos rectos | pobre | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | surcos rectos | buena | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | Curvas de nivel | pobre | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | Curvas de nivel | buena | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | Curvas de nivel y en terrazas | pobre | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | Curvas de nivel y en terrazas | buena | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Pequeños granos | Surcos rectos | pobre | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | surcos rectos | buena | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | Curvas de nivel | pobre | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | Curvas de nivel | buena | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | Curvas de nivel y en terrazas | pobre | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | Curvas de nivel y en terrazas | buena | 59 | 70 | 78 | 81 |
| Sembrios cerrados, legumbres o sembrios en rotación | surcos rectos | pobre | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | surcos rectos | buena | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | curvas de nivel | pobre | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | curvas de nivel | buena | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | Curvas de nivel y en terrazas | pobre | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | Curvas de nivel y en terrazas | buena | 51 | 67 | 76 | 80 |
| Pastizales o similares | | pobre | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | | regular | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | | buena | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | curvas de nivel | pobre | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | curvas de nivel | regular | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | curvas de nivel | buena | 6 | 35 | 70 | 79 |
| Pradera | | buena | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Bosques | | pobre | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | regular | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | buena | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Patios | | ----- | 59 | 74 | 82 | 86 |
| Caminos; incluyendo derecho de vía | cieno | ----- | 72 | 82 | 87 | 89 |
| | superficie firme | ----- | 74 | 84 | 90 | 92 |

Fuente: Maximo Villon Bejar. Hidrología

Tabla 2

Gasto unitario q ($m^3/s/mm/km^2$), EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN T_c (horas)

| Tc (hr) | q |
|----------------|----------|
| 0,10 | 0,337 |
| 0,20 | 0,300 |
| 0,30 | 0,271 |
| 0,40 | 0,246 |
| 0,50 | 0,226 |
| 0,60 | 0,208 |
| 0,70 | 0,195 |
| 0,80 | 0,190 |
| 0,90 | 0,168 |
| 1,00 | 0,158 |
| 1,50 | 0,120 |
| 2,00 | 0,100 |
| 2,50 | 0,086 |
| 3,00 | 0,076 |
| 4,00 | 0,063 |
| 5,00 | 0,054 |
| 6,00 | 0,048 |
| 7,00 | 0,043 |
| 8,00 | 0,039 |
| 10,00 | 0,034 |
| 12,00 | 0,030 |
| 14,00 | 0,027 |
| 16,00 | 0,025 |
| 18,00 | 0,023 |
| 20,00 | 0,021 |
| 22,00 | 0,020 |
| 24,00 | 0,019 |

Fuente: Máximo Villón Bejar. Hidrología

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIRECCIÓN REGIONAL DE SAN MARTÍN
INFORMACIÓN METEOROLOGICA
PARA: PROYECTO ESPECIAL HUALLAGA CENTRAL Y BAJO MAYO
SEGÚN PROFORMA N° 041-DRE-9/2006
ESTACION: CO "TINGO DE PONAZA"

Latitud : 07° 03'
 Longitud : 76° 33'
 Altura : 247 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTÍN
 Provincia : BELLAVISTA
 Distrito : BELLAVISTA

CUADRO N° 1

| DATOS DE: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
| 1995 | 72,0 | 96,3 | 253,4 | 25,1 | 14,5 | 18,1 | 16,6 | 22,7 | 51,8 | 104,2 | 64,1 | 96,6 | 835,4 |
| 1996 | 41,8 | 124,9 | 92,9 | 87,0 | 30,1 | 11,8 | 63,6 | 71,4 | 23,7 | 137,9 | 32,6 | 93,4 | 811,1 |
| 1997 | 27,7 | 108,6 | 49,1 | 35,6 | 66,0 | 7,0 | 9,4 | 56,7 | 90,6 | 4,4 | 76,8 | 40,6 | 572,5 |
| 1998 | 22,5 | 98,4 | 157,9 | 43,8 | 35,9 | 67,2 | 33,5 | 47,1 | 78,5 | 252,0 | 38,2 | 149,6 | 1024,6 |
| 1999 | 242,3 | 210,3 | 46,6 | 116,6 | 165,6 | 79,9 | 38,5 | 46,6 | 89,5 | 38,2 | 117,1 | 154,5 | 1345,7 |
| 2000 | 71,9 | 193,1 | 124,9 | 134,0 | 13,6 | 108,7 | 90,6 | 37,3 | 30,0 | 33,0 | 78,8 | 163,9 | 1079,8 |
| 2001 | 74,7 | 135,5 | 143,5 | 94,2 | 53,3 | 54,3 | 27,5 | 41,5 | 83,6 | 158,5 | 116,6 | 131,6 | 1114,8 |
| 2002 | 11,8 | 15,3 | 151,5 | 80,9 | 79,0 | 61,6 | 70,5 | 68,4 | 91,0 | 130,6 | 17,3 | 18,5 | 796,4 |
| 2003 | 40,0 | 73,0 | 79,3 | 123,3 | 171,3 | 100,7 | 8,9 | 76,9 | 38,5 | 97,0 | 152,6 | 156,5 | 1118,0 |
| 2004 | 36,9 | 32,5 | 61,7 | 99,5 | 17,1 | 50,1 | 122,3 | 49,6 | 55,0 | 105,7 | 135,5 | 156,0 | 921,9 |
| 2005 | 26,4 | 145,0 | 120,7 | 121,1 | 34,0 | 25,9 | 22,7 | 43,9 | 10,8 | 45,1 | 276,6 | 175,2 | 1047,4 |
| TOTAL | 668,0 | 1232,9 | 1281,5 | 961,1 | 680,4 | 585,3 | 504,1 | 562,1 | 643,0 | 1106,6 | 1106,2 | 1336,4 | 10667,6 |
| MEDIA | 60,7 | 112,1 | 116,5 | 87,4 | 61,9 | 53,2 | 45,8 | 51,1 | 58,5 | 100,6 | 100,6 | 121,5 | 969,8 |

| DATOS DE: PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HS. (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
| 1995 | 26,6 | 43,9 | 66,4 | 16,4 | 6,1 | 12,0 | 8,2 | 18,6 | 33,8 | 52,1 | 31,8 | 29,5 | 28,8 |
| 1996 | 16,6 | 51,3 | 19,5 | 21,8 | 16,6 | 10,0 | 26,6 | 27,8 | 10,5 | 37,0 | 17,2 | 39,3 | 24,5 |
| 1997 | 18,3 | 40,5 | 17,2 | 14,9 | 19,9 | 7,0 | 5,4 | 25,5 | 21,6 | 1,4 | 36,8 | 36,8 | 20,4 |
| 1998 | 9,6 | 46,5 | 45,0 | 16,1 | 14,3 | 34,7 | 24,3 | 19,0 | 46,8 | 75,1 | 13,2 | 109,0 | 37,8 |
| 1999 | 78,7 | 61,6 | 19,5 | 29,3 | 28,0 | 41,8 | 33,3 | 40,8 | 32,8 | 12,0 | 28,6 | 86,5 | 41,1 |
| 2000 | 23,2 | 78,9 | 40,5 | 32,0 | 4,8 | 67,8 | 28,9 | 33,0 | 15,4 | 15,3 | 45,6 | 72,4 | 38,2 |
| 2001 | 24,4 | 62,7 | 30,0 | 32,0 | 10,6 | 35,5 | 15,1 | 16,6 | 54,0 | 85,2 | 69,1 | 34,6 | 39,2 |
| 2002 | 9,4 | 3,7 | 45,8 | 35,7 | 27,1 | 27,5 | 27,5 | 29,0 | 49,8 | 35,9 | 9,8 | 8,0 | 25,8 |
| 2003 | 26,5 | 19,2 | 18,0 | 35,0 | 75,3 | 61,3 | 5,2 | 35,0 | 12,0 | 83,8 | 63,8 | 48,9 | 40,3 |
| 2004 | 27,2 | 10,2 | 20,5 | 59,1 | 8,8 | 17,8 | 71,9 | 24,2 | 21,2 | 33,8 | 52,2 | 36,2 | 31,9 |
| 2005 | 10,8 | 89,4 | 31,4 | 27,5 | 11,8 | 17,7 | 10,3 | 21,6 | 3,2 | 12,2 | 88,8 | 64,7 | 32,5 |
| MÁXIMA | 78,7 | 89,4 | 66,4 | 59,1 | 75,3 | 67,8 | 71,9 | 40,8 | 54,0 | 85,2 | 88,8 | 109,0 | 41,1 |
| MEDIA | 24,7 | 46,2 | 32,2 | 29,1 | 20,3 | 30,3 | 23,3 | 26,5 | 27,4 | 40,3 | 41,5 | 51,4 | 32,8 |

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

Tarapoto, 03 de Mayo del 2006

V° B°

Ing. Felipe Huamán Solís
 DIRECTOR REGIONAL
 SENAMHI - SAN MARTÍN

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIRECCIÓN REGIONAL DE SAN MARTÍN
INFORMACIÓN METEOROLOGICA**

PARA: PROYECTO ESPECIAL HUALLAGA CENTRAL Y BAJO MAYO
SEGÚN PROFORMA N° 041-DRE-9/2006

ESTACION: CO "TINGO DE PONAZA"

Longitud : 76° 33'
Altura : 247 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTÍN
Provincia : BELLAVISTA
Distrito : BELLAVISTA

CUADRO N° 2

| DATOS DE: TEMPERATURA MEDIA PROMEDIO MENSUAL (°C) | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | MEDIA |
| 1995 | 27,4 | 26,6 | 25,8 | 26,8 | 26,1 | 26,3 | 26,7 | 27,2 | 27,2 | 27,2 | 27,5 | 27,0 | 26,8 |
| 1996 | 27,1 | 26,0 | 26,3 | 26,1 | 26,1 | 25,4 | 25,5 | 25,6 | 26,5 | 26,5 | 27,1 | 26,6 | 26,2 |
| 1997 | 27,7 | 26,2 | 26,5 | 26,6 | 25,8 | 26,8 | 26,7 | 26,1 | 27,7 | 27,8 | 27,9 | 28,0 | 27,0 |
| 1998 | 28,0 | 28,1 | 27,4 | 27,4 | 26,6 | 25,7 | 26,0 | 27,4 | 26,6 | 27,0 | 27,4 | 27,3 | 27,1 |
| 1999 | 26,3 | 26,1 | 26,3 | 25,3 | 25,4 | 25,6 | 24,8 | 25,3 | 26,7 | 26,4 | 26,8 | 27,0 | 26,0 |
| 2000 | 26,7 | 26,0 | 26,3 | 25,6 | 26,2 | 26,2 | 24,7 | 26,1 | 26,4 | 26,6 | 27,8 | 26,6 | 26,3 |
| 2001 | 26,1 | 25,9 | 25,9 | 25,9 | 26,4 | 24,8 | 25,7 | 25,8 | 26,0 | 27,3 | 27,4 | 26,8 | 26,2 |
| 2002 | 27,4 | 27,2 | 26,9 | 26,5 | 26,6 | 25,8 | 25,2 | 26,0 | 26,8 | 26,8 | 27,1 | 27,7 | 26,7 |
| 2003 | 28,1 | 27,1 | 26,3 | 26,4 | 25,8 | 25,8 | 25,3 | 26,0 | 26,6 | 27,6 | 27,2 | 26,6 | 26,6 |
| 2004 | 28,1 | 27,0 | 26,7 | 27,2 | 26,8 | 25,1 | 25,4 | 25,3 | 25,8 | 27,4 | 27,5 | 27,2 | 26,6 |
| 2005 | 28,0 | 27,3 | 27,4 | 26,5 | 27,0 | 26,8 | 25,9 | 26,9 | 27,6 | 27,6 | 27,3 | 27,1 | 27,1 |
| MEDIA | 27,40 | 26,7 | 26,5 | 26,4 | 26,3 | 25,8 | 25,6 | 26,2 | 26,7 | 27,1 | 27,4 | 27,1 | 26,6 |

| DATOS DE: HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL % | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | MEDIA |
| 1995 | 79 | 81 | 86 | 82 | 82 | 79 | 77 | 77 | 74 | 78 | 78 | 80 | 79 |
| 1996 | 77 | 83 | 84 | 84 | 83 | 80 | 78 | 81 | 79 | 81 | 79 | 81 | 81 |
| 1997 | 76 | 82 | 83 | 81 | 83 | 79 | 77 | 79 | 75 | 77 | 77 | 76 | 79 |
| 1998 | 78 | 79 | 84 | 85 | 82 | 82 | 80 | 76 | 79 | 83 | 80 | 80 | 81 |
| 1999 | 83 | 84 | 83 | 86 | 87 | 85 | 84 | 79 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 |
| 2000 | 80 | 83 | 83 | 87 | 85 | 84 | 84 | 81 | 78 | 79 | 77 | 82 | 82 |
| 2001 | 81 | 84 | 85 | 86 | 83 | 83 | 81 | 80 | 81 | 79 | 81 | 85 | 82 |
| 2002 | 79 | 80 | 81 | 84 | 83 | 82 | 85 | 80 | 79 | 81 | 79 | 77 | 81 |
| 2003 | 75 | 81 | 85 | 86 | 88 | 85 | 82 | 79 | 78 | 80 | 82 | 85 | 82 |
| 2004 | 85 | 82 | 85 | 82 | 83 | 87 | 85 | 83 | 81 | 80 | 81 | 81 | 83 |
| 2005 | 79 | 80 | 80 | 85 | 82 | 80 | 78 | 75 | 71 | 75 | 80 | 80 | 79 |
| MEDIA | 79 | 82 | 84 | 84 | 84 | 82 | 81 | 79 | 78 | 79 | 80 | 81 | 81 |

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

Tarapoto, 03 de Mayo del 2006

V° B°

Ing. Felipe Huamán Solís
DIRECTOR REGIONAL
SENAMHI - SAN MARTÍN