

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**DISEÑO DEL MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL  
SISTEMA DE RIEGO DEL DISTRITO DE SANTA ROSA  
PROVINCIA DE EL COLLAO REGION PUNO**

**TESIS:**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**Bach. Nilo Hugo, Arnao Pari**

**Bach. John Percy, Paricahua Tintaya**

**Bach. Vladimir Mario, Mamani Chambilla**

**ASESOR:**

**Ing. Enrique Manuel Durand Bazán**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2022**

---

## HOJA DE FIRMAS

Diseño del Mejoramiento del Sistema de Riego del distrito de Santa Rosa provincia de el Collao Región Puno.

**Autores:**

Bach. Nilo Hugo, Arnao pari

Bach. John Percy, Paricahua Tintaya

Bach. Vladimir Mario, Mamani Chambilla

---

Ing. Enrique Durand Bazán

PRESIDENTE

---

Ing. Guido Marín Cubas

SECRETARIO

---

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

VOCAL

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. También está dedicado a mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez.

Nilo Hugo, Arnao pari

John Percy, Paricahua Tintaya

Vladimir Mario, Mamani Chambilla

## AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres por ser los primordiales promotores de mis sueños, gracias por confiar en mí, así como en mis expectativas, gracias a mi madre por estar preparada para acompañarme cada extendida y agotadora noche de estudio.

Gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor para mí, gracias por cada consejo y por todas sus enseñanzas que me guiaron a lo largo de mi vida y mi carrera. .

Los autores.

## INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	15
ABSTRACT .....	16
I. INTRODUCCION.....	17
1.1. Realidad Problemática .....	17
1.1.1. Determinación de las principales causas.....	18
1.1.2. Determinación de los principales efectos.....	18
1.2. Formulación del Problema .....	19
1.3. Justificación.....	20
1.4. Objetivos.....	22
1.1.1. Objetivo General.....	22
1.1.2. Objetivos Específicos.....	22
1.5. Antecedentes .....	22
1.6. Bases Teóricas .....	26
1.7. Formulación de Hipótesis.....	31
1.8. Propuesta de aplicación profesional .....	31
1.8.1. Metas del proyecto .....	31
Infraestructura proyectada.....	31
II. MATERIALES Y METODOS.....	33
2.1. Material de Estudio .....	33
2.1.1. Población.....	33
2.1.2. Área de Influencia.....	33
2.1.3. Población y muestra .....	34
2.1.4. Muestra.....	34
2.1.5. Recopilación y análisis de datos.....	34
III. RESULTADOS .....	36
3.1. Aspectos generales .....	36
3.2. Propuesta del proyecto .....	49
3.3. Estudio topográfico.....	49
3.3.1. Generalidades.....	49
3.3.2. Recursos disponibles .....	50
3.3.3. Información disponible .....	51
3.3.4. Metodología de trabajo .....	51
3.3.5. Programación de actividades .....	53
3.3.5.1. Reconocimiento de campo .....	53
3.3.5.2. Levantamiento topográfico de la bocatoma.....	53
3.3.5.3. Replanteo.....	54

3.3.5.4.	Nivelación.....	55
3.3.5.5.	Seccionamiento .....	55
3.4.	Estudio geológico y de geotecnia .....	64
3.4.1.	Generalidades.....	64
3.4.2.	Objetivos del estudio geotécnico .....	65
3.4.3.	Ensayos de mecánica de suelos en laboratorio a realizar .....	65
3.4.4.	Evaluación mediante estudios de campo.....	66
3.4.4.1.	Metodología de trabajo .....	66
3.4.4.2.	Recopilación de datos.....	66
3.4.5.	Trabajo de campo.....	66
3.4.6.	Trabajos gabinete.....	67
3.5.	Geotecnia de bocatoma de c. p. calachaca modulo a– b.....	68
3.5.1.	Estratigráfico en bocatoma.....	68
3.5.1.1.	Conformación del subsuelo en bocatoma.....	69
3.5.1.2.	Clasificación de suelos en bocatoma .....	70
3.5.2.	Análisis de la cimentación .....	71
3.5.2.1.	Cálculo de la capacidad portante admisible .....	71
3.5.2.2.	Cálculo de la densidad relativa (dr).....	71
3.5.2.3.	Características geotecnicas de los suelos en bocatoma .....	74
3.6.	Geotecnia de la bocatoma c.p. llustacucho modulo c y d. ....	75
3.6.1.	Perfil estratigráfico en bocatoma.....	75
3.6.2.	Conformación del subsuelo en bocatoma.....	76
3.6.3.	Clasificación de suelos en bocatoma llustacucho .....	76
3.6.4.	Análisis de la cimentación .....	77
3.6.4.1.	Cálculo de la capacidad portante admisible .....	77
3.6.4.2.	Cálculo de la densidad relativa (dr).....	77
3.6.4.3.	Características geotecnicas de los suelos en bocatoma .....	80
3.7.	Características geotecnicas de los canales principales.....	80
3.8.	Descripción de suelos dentro del canal principal modulo “a” .....	83
3.8.1.	Descripción del canal principal calachaca modulo – a, según su caracterizacion geotecnica.....	85
3.8.2.	Descripción de suelos dentro del canal principal modulo “b”.....	89
3.8.3.1.	Descripción del canal principal calachaca modulo – b, según su caracterización geotécnica .....	.....
	.92	
3.8.4.	Descripción de suelos dentro del canal principal modulo “c” .....	95
3.8.4.1.	Descripción del canal principal llustacucho modulo – c, según su caracterizacion geotecnica	

.....	
.98	
3.8.5.	Descripción de suelos dentro del canal principal modulo “d” ..... 103
3.8.5.1.	Descripción del canal principal Ilustacucho modulo – d, según su caracterizacion geotecnica
.....	
105	
3.9.	Estudio hidrológico ..... 107
3.9.1.	Oferta hídrica ..... 107
3.9.1.1.	Disponibilidad de agua a nivel mensualizado..... 107
3.9.1.2.	Modelo Lutz Schölz..... 108
3.9.1.3.	Ecuación de Balance Hídrico ..... 109
3.9.1.4.	Coefficiente de Escurrimiento ..... 110
3.9.1.5.	Precipitación efectiva ..... 111
3.9.1.6.	Retención de la cuenca ..... 113
3.9.1.7.	Relación entre descargas y retención ..... 114
3.9.1.8.	Coefficiente de agotamiento..... 115
3.9.1.9.	Almacenamiento hídrico ..... 116
3.9.1.10.	Determinación del caudal mensual para un año promedio..... 118
3.9.1.11.	Generación de caudales mensuales para periodos extendidos..... 118
3.9.1.12.	Test estadísticos..... 119
3.9.1.13.	Restricciones del modelo ..... 120
3.9.1.14.	Aplicación del Modelo Lutz Schölz..... 120
3.10.	Análisis de persistencia de probabilidad de ocurrencia de caudales ..... 128
3.11.	Caudal de Diseño ..... 131
3.11.1.	Modelo HEC-HMS ..... 131
3.11.2.	Componentes Hidrológicos del HEC-HMS ..... 131
3.11.3.	Modelo de Cuenca ..... 133
3.11.4.	Modelo Meteorológico..... 142
3.11.5.	Cálculo de relaciones IDF Criterio Dick y Peschke..... 145
3.11.6.	Hietogramas de Diseño – Método del Bloque Alterno..... 146
3.11.7.	Resultados hidrograma ..... 150
3.12.	Usos y demandas de agua..... 153
3.12.1.	Evapotranspiración del Cultivo de referencia (ET)..... 155
3.12.2.	Calendario de Siembra y Cosecha ..... 159
3.12.3.	Coefficiente de Cultivo ..... 159
3.12.4.	Etapas de germinación ..... 160
3.12.5.	Etapas de crecimiento vegetativo..... 160

---

3.12.6.	Fase intermedio .....	160
3.12.7.	Fase final o de madurez .....	160
3.12.8.	Cédula de cultivos .....	160
3.12.9.	Programación de Riego .....	161
3.12.10.	Evapotranspiración del cultivo o real.....	161
3.12.11.	Precipitación efectiva .....	162
3.12.12.	Lámina neta de riego (Ln) .....	163
3.12.13.	Eficiencia de riego .....	163
I.	DISCUSIÓN .....	167
II.	CONCLUSIONES.....	168
III.	RECOMENDACIONES .....	171
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	172
V.	ANEXOS .....	174



## INDICE DE TABLAS

TABLA N° 01 Poblacion total del ambito del proyecto .....	93
TABLA N° 02 Ubicaci3n politica el ambito del proyecto.....	93
TABLA N° 03 Limites del distrito de Santa Rosa de Mazocruz.....	93
TABLA N° 04 Limites del ambito del proyecto .....	95
TABLA N° 05 Comportamiento geotecnico .....	96
TABLA N° 06 Descripci3n de unidades geomorfol3gicas .....	102
TABLA N° 07 Coordenadas de bocatoma de rio .....	104
TABLA N° 08 Tabla de coordenadas de vertices del poligono de apoyo.....	105
TABLA N° 09 Perfil estratigrafico de bocatoma .....	113
TABLA N° 10 Clasificaci3n de suelos.....	114
TABLA N° 11 Parametros de calculo.....	115
TABLA N° 12 Calculo de capacidad carga ultima y capacidad portante seg3n la profundidad.....	115
TABLA N° 13 Calculo de capacidad carga ultima y capacidad portante seg3n la profundidad .....	116
TABLA N° 14 Clasificaci3n de suelos.....	117
TABLA N° 15 Parametros de calculo .....	117
TABLA N° 16 Calculo de capacidad carga ultima y capacidad portante seg3n la profundidad .....	118
TABLA N° 17 Calculo de capacidad carga ultima y capacidad portante seg3n la profundidad .....	118
TABLA N° 18 Relacion de calicatas modulo A .....	120
TABLA N° 19 Relacion de calicatas modulo B .....	121
TABLA N° 20 Relacion de calicatas modulo C .....	121
TABLA N° 21 Relacion de calicatas modulo D.....	124

---

TABLA N° 22 Descripcion de material en el tramo.....	124
TABLA N° 23 Clasificacion de suelos de canal modulo A .....	126
TABLA N° 24 Caracteristicas geotecnicas canal principal.....	126
TABLA N° 25 Descripcion de material en el tramo .....	128
TABLA N° 26 Clasificacion de suelos de canal modulo B .....	128
TABLA N° 27 Caracterizacion geologica geotecnica del canal calachaca modulo B.....	93
TABLA N° 28 Descripcion de matrial en el tramo .....	93
TABLA N° 29 Clasificacion de canal C.....	95
TABLA N° 30 Caracterizacion geologica geotecnica del canal calachaca modulo C .....	96
TABLA N° 31 Descripcion de material en el tramo .....	102
TABLA N° 32 Caracterizacion geologica geotecnica del canal calachaca modulo D .....	104
TABLA N° 33 Limite superior para la precipitacion efectiva.....	105
TABLA N° 34 Limite coheficientes para el calculo de la precipitacion efectiva .....	113
TABLA N° 35 Calculo de los coheficientes de agotamiento A .....	114
TABLA N° 36 Lamina de agua acumulada en los tres tipos de almacen hidrico.....	115
TABLA N° 37 Caudales medio mensuales para la calibracion del modelo Lutz Schltz .....	115
TABLA N° 38 Analisis de datos T de muestras observadas y calculadas.....	116
TABLA N° 39 Criterio de decision del coeficiente de correlacion de Pearson .....	117
TABLA N° 40 Criterio de decision del coeficiente de correlacion de Pearson .....	117

---

TABLA N° 41 Persistencia de probabilidad caudales generados rio Tupala	
Pto de interes bocatoma Calachaca del sistema de riego Llusta en m <sup>3</sup> /s .....	118
TABLA N° 42 Persistencia de probabilidad caudales generados rio Chichillapi	
Pto de interes bocatoma Llustacucho del sistema de riego Llusta en m <sup>3</sup> /s ...	118
TABLA N° 43 Persistencia de probabilidad caudales generados rio Chichillapi	
Pto de interes bocatoma Llustacucho del sistema de riego Llusta en MMC ....	120
TABLA N° 44 Diagrama del sistema escala local .....	121
TABLA N° 45 Diagrama tipico del proceso de escurrimiento .....	121
TABLA N° 46 Morfologia de la cuenca rio Chichillapi Pto interes	
bocatoma Llustacucho del sistema de riego Llusta.....	124
TABLA N° 47 Morfologia de la cuenca rio Tupala Pto interes	
bocatoma Calachaca del sistema de riego.....	124
TABLA N° 48 Numero de curva .....	126
TABLA N° 49 Numero de curva para diferentes condiciones .....	126
TABLA N° 50 Calculos realizados de la sub cuenca para el ingreso al	
modelo.....	128
TABLA N° 51 Prueba Kolmogorov Smirnov .....	128
TABLA N° 52 Calculo de la precipitacion maxima para diferentes	
duraciones .....	93
TABLA N° 53 Calculo de la intensidad .....	95
TABLA N° 54 Calculo de hietograma para 1000 años.....	96
TABLA N° 55 Calculo de hietograma para 500 años .....	102
TABLA N° 56 Calculo de hietograma para 100 años .....	104
TABLA N° 57 Calculo de hietograma para 50 años .....	105
TABLA N° 58 Calculo de hietograma para 25 años .....	113
TABLA N° 59 Calculo de hietograma para 10 años .....	114
TABLA N° 60 Calculo de hietograma para 5 años .....	115

---

TABLA N° 61 Calculo de hietograma para 2 años .....	115
TABLA N° 62 Caudal maximo en cada uno de los puntos de interes del sistema de riego Llusta .....	116
TABLA N° 63 Radiacion extraterrestre Ra expresada de evaporacion en mm/mes .....	117
TABLA N° 64 Duracion maxima diaria media de las horas de fuerte insolacion(N) .....	117
TABLA N° 65 Factor evapotranspiracion potencial MF en mm/mes .....	118
TABLA N° 66 Evapotranspiracion de referencia metodo Hargreaves.....	118
TABLA N° 67 Distribucion de la precipitacion efectiva.....	120
TABLA N° 68 Eficiencia de aplicación del riego por aspersion.....	121

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01 Macro localizacion .....	36
FIGURA N° 02 Micro localizacion.....	37
FIGURA N° 03 Temperatura maxima minima .....	40
FIGURA N° 04 Temperatura maxima minima .....	51
FIGURA N° 05 Probabilidad de precipitacion .....	100
FIGURA N° 06 Probabilidad de precipitacion .....	102
FIGURA N° 07 Formacion discordancia angular.....	103
FIGURA N° 08 Vista de calicata explorada en el eje de la bocatoma Calachaca.....	37
FIGURA N° 09 Ubicaciones de la bocatoma Calachaca .....	40
FIGURA N° 10 Perfil estratigrafico en bocatoma.....	51
FIGURA N° 11 Caudales generados y aforados puente llave .....	100
FIGURA N° 12 Caudales medios mensuales generados vs caudales de la estacion puente llave .....	102
FIGURA N° 13 Correlaion entre los caudales observados y los caudales generadospor el modelo estacion puente llave .....	36
FIGURA N° 14 Caudales medios mensuales generados vs caudales de la estacion puente llave Validacion .....	37
FIGURA N° 15 Correlacion entre los caudales observados y los caudales generados por el modelo estacion puente carretera llave .....	40
FIGURA N° 16 Persistencia de probabilidad caudales generados bocatoma en m/3.....	51
FIGURA N° 17 Persistencia de probabilidad caudales generados bocatoma en MMC .....	100
FIGURA N° 18 Persistencia de probabilidad caudales generados bocatoma	

---

en m/3.....	102
FIGURA N° 19 Persistencia de probabilidad caudales generados bocatoma en MMC .....	36
FIGURA N° 20 Modelo HechHms sistema de riegoLlusta sub cuenca del rio Chichillapi bocatoma Llustacucho y sus componentes hidraulicos .....	37
FIGURA N° 21 Modelo HechHms sistema de riegoLlusta sub cuenca del rio Chichillapi bocatoma Llustacucho y sus componentes hidraulicos .....	40
FIGURA N° 22 Ingreso de Hietograma especifico .....	51
FIGURA N° 23 Hidrograma de salida.....	100
FIGURA N° 24 Hidrograma de salida.....	102
FIGURA N° 25 Caudal pico bocatoma Llustacucho .....	36
FIGURA N° 26 Caudal pico bocatoma Calachaca.....	37
FIGURA N° 27 Representacion e la evapotranspiracion .....	40
FIGURA N° 28 Humedecimiento en riego por aspercion.....	51

## RESUMEN

En este informe de tesis denominado Propuesta y Diseño Para el Mejoramiento del Sistema de Riego del distrito de Santa Rosa provincia de el Collao Región Puno.

Para este caso los beneficiarios directos son las 389 familias de los sectores de Albertoni, Umajalso, Canllacollo, Sapanani y sector Aguada Llusta, los cuales están sensatos de la necesidad de contar con un sistema de riego, que contribuya a mejorar los rendimientos de los cultivos bandera, aumentando los volúmenes de producción agrícola para aumentar directamente sus unidades ganaderas tanto en número como en calidad.

Dentro de las propuestas previstas en el presente estudio consta de un Sistema de 01 estructura de represamiento y 03 estructuras de Captación y/o Bocatoma para el aprovechamiento óptimo de las aguas superficiales del río Llusta, dicha estructura estará constituida por una bocatoma y diques de encauzamiento, la primera conformada por un barraje y una obra de toma en la margen derecha del río, y la segunda conformada por diques de encauzamiento en ambas márgenes del río, aguas arriba y abajo.

El sistema de riego estará compuesto por cuatro canales los cuales partirán de dos diferentes bocatoma en las zonas de Calachaca y Llustacucho, distrito de Santa Rosa Para la zona de Calachaca se han considerado dos (02) canales principales entubados, Modulo "A" en el margen derecho con una longitud de 5.50 km., que conducirá un caudal de 18.76 lit/seg. El Modulo "B" en el margen izquierdo con una longitud de 5.50 km., este canal entubado conducirá un caudal de 23.96 lit/seg y Para la zona de Llustacucho se considera dos (02) canales principales entubados, Modulo "C" en el margen izquierdo con una longitud de 5.70 km., que conducirá un caudal de 60.06 lit/seg. El Módulo "D" en el margen derecho con una longitud de 2.05 km., este canal entubado conducirá un caudal de 11.26 lit/seg. Todos los canales serán de sección circular con tubería corrugada de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), con la finalidad de disminuir las considerables pérdidas de agua por filtración que se presentan por no estar revestidos, además se reduce el coeficiente de rugosidad, permitiendo a su vez una mayor protección de los taludes. El canal ha sido concebido por lo general como canal en ladera y llano, debido a condiciones topográficas y a su longitud.

---

## ABSTRACT

In this thesis report called Proposal and Design for the Improvement of the Irrigation System of the district of Santa Rosa province of El Collao Region Puno.

In this case, the direct beneficiaries are the 389 families from the Albertoni, Umajalso, Canllacollo, Saparani and Aguada Llusta sectors, who are aware of the need to have an irrigation system that contributes to improving crop yields. Flag, increasing the volumes of agricultural production to directly increase their livestock units both in number and quality.

Within the proposals provided for in this study, there is a System of 01 damming structure and 03 Catchment and/or Intake structures for the optimal use of the surface waters of the Llusta River, said structure will consist of an intake and channeling dikes. , the first made up of a barrage and an intake work on the right bank of the river, and the second made up of channeling dikes on both banks of the river, upstream and downstream.

The irrigation system will be made up of four canals which will start from two different intakes in the areas of Calachaca and Llustacucho, district of Santa Rosa. For the Calachaca area, two (02) main piped canals have been considered, Module "A" in the right bank with a length of 5.50 km, which will carry a flow of 18.76 lit/sec. Module "B" on the left bank with a length of 5.50 km, this piped channel will carry a flow of 23.96 lit/sec and for the Llustacucho area two (02) main piped channels are considered, Module "C" on the left bank with a length of 5.70 km., which will carry a flow of 60.06 lit/sec. Module "D" on the right bank with a length of 2.05 km. This tubed channel will carry a flow of 11.26 lit/sec. All the channels will be of circular section with corrugated High Density Polyethylene (HDPE) pipe, with the purpose of reducing the considerable losses of water due to filtration that occur due to not being lined, in addition the roughness coefficient is reduced, allowing its a greater protection of the slopes. The channel has generally been conceived as a sloped and flat channel, due to topographic conditions and its length.



## I. INTRODUCCION

### 1.1. Realidad Problemática

El agua potable es una necesidad fundamental de la humanidad. Es el líquido más importante para la vida de este planeta, esencial para la vida del ser humano sin el cual no podríamos vivir. Las Naciones Unidas considera el acceso al agua limpia como un derecho básico de la humanidad, y como un paso esencial en la mejora de los estándares de vida en todo el mundo. Las comunidades carentes de recursos hídricos, por lo general, son económicamente pobres también, y sus residentes están atrapados en un círculo vicioso de pobreza.

Realizando un análisis socioeconómico en la población involucrada, se pudo definir que uno de los múltiples problemas encontrados está referido al uso eficiente del recurso hídrico, siendo este uno de los limitantes para poder ampliar la frontera agrícola, satisfacer al 100 % los terrenos existentes con agua para riego en cantidades necesarias, y otras que están directamente relacionados a este tema. Dicha información se obtuvo a partir de la realización de talleres participativos con la población beneficiaria, en las que se ha ensayado una lluvia de ideas, con la finalidad de conocer los problemas relacionados al sector mencionado desde el enfoque de los beneficiarios.

Una bocatoma, o captación, es una estructura hidráulica destinada a derivar desde unos cursos de agua, río, arroyo, o canal; o desde un lago; o incluso desde el mar, una parte del agua disponible en esta, para ser utilizada en un fin específico, como pueden ser abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía eléctrica, agricultura, enfriamiento de instalaciones industriales, etc.

La diferencia de nivel entre aguas arriba y aguas abajo, que se obtiene con el remanso causado por el barraje, se utiliza para permitir el ingreso del agua en la obra de toma. Al mismo tiempo, este remanso permite ubicar el canal de toma y las obras anexas a una elevación más alta respecto al cauce,

reduciendo los costos de excavación de las obras. Para evitar que el remanso aguas arriba del barraje produzca inundaciones no deseadas, se complementa la bocatoma con diques en materiales sueltos de longitud suficiente para contener el remanso durante las avenidas.

### **1.1.1. Determinación de las principales causas**

#### **a. Causas Directas**

- Inadecuada disponibilidad del recurso hídrico
- Ineficiencia en el uso del recurso hídrico
- Inadecuada capacidad de gestión de recurso hídrico

#### **b. Causas Indirectas**

- Insuficiente infraestructura hidráulica eficiente
- Inadecuada conservación de infraestructura
- Uso ineficiente de técnicas de riego
- Desconocimiento de técnicas de riego eficientes
- Inadecuada conservación de infraestructura hidráulica
- Bajo conocimiento en manejo de sistema de riego, recursos hídricos, leyes de aguas y tarifas.
- Inadecuado manejo de organizaciones de regantes e inadecuado conocimiento de marketing.

### **1.1.2. Determinación de los principales efectos**

#### **a. Efectos Directos**

- Bajos ingresos de los productores agrarios
- Disminución del grado de integración al mercado

**b. Efectos Indirectos**

- Perdida de capital de trabajo
- Abandono de actividad agrícola
- Migración
- Productores poco integrados dentro de la cadena productiva.

**1.2. Formulación del Problema**

**Pregunta General**

¿Cuál es la propuesta de diseño para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno?

**Problema Específico**

**A. Problema Especifico**

¿Cuál es el estudio de topografía, para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno?

**B. Problema Especifico**

¿Cuál es el estudio Geológico y de Geotecnia, para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno?

**C. Problema Especifico**

¿Cuál es el estudio de hidrológico, para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno?

### 1.3. Justificación

El problema central de la actividad agropecuaria en el ámbito del proyecto es la falta del recurso hídrico lo que ocasiona un sistema de cultivo en seco ocasionando bajos niveles de producción y productividad de los cultivos, fundamentalmente por factores adversos como el clima, la erosión y la degradación de los suelos, a lo que se suma el uso de técnicas tradicionales de cultivo, la insuficiente asistencia técnica de las instituciones del sector público, la ausencia de apoyo financiero porque existen escasas entidades que apoyan al agro, la deficiente organización de los productores por falta de buenos dirigentes.

Medidas de manejo elementales, como mejoramiento y ampliación de bofedales, implantación de pasturas, pastoreo rotativo, manejo reproductivo, selección y sanidad, elevan los índices de productividad y el número de cabezas a criar por la mejora en la receptividad de los campos. Se cuenta con una potencial cuenca para la crianza de camélidos sudamericanos, muy interesante tanto para las posibilidades de producción de fibra y carcaza.

En líneas generales la explotación ganadera a nivel del ámbito de estudio es de forma extensiva, predominando la producción de alpacas razas huacaya; ovinos de las razas criollas y Corriedale

Todo intento de mejora de la actividad pecuaria en la zona debe de ir acompañada, de un programa de mejoramiento de praderas nativas e instalación de pastos, forrajes cultivados y disponibilidad de agua para riego; teniendo en consideración la situación crítica, de la zona debido a los factores climáticos (altitud, precipitación, temperatura, entre otros), que originan la escasez de alimentos durante la época de invierno.

El rendimiento actual de los pastos es muy bajo por la escasez de agua, siendo necesario elaborar un estudio de soportabilidad ganadera, más aún, si la producción agropecuaria se sustenta en la utilización de pastos naturales, los cuales están en degradación por el sobre pastoreo y manejo tradicional.

Todos estos aspectos mencionados van a mermar en el desarrollo de la actividad pecuaria, puesto que es esta la actividad económicamente más importante en el ámbito de estudio de la irrigación, constituyéndose en el ahorro e ingreso seguro de las familias de las diferentes comunidades.

### **Justificación legal**

#### **Normas sobre el Aprovechamiento de Recursos Naturales Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)**

Sistema de Gestión de los Recursos Hídricos señala en el capítulo V el cual se refiere a la Organización de Usuarios; los artículos 26, 27, 28 respecto a la conformación de comités de usuarios, quienes compartirán el sistema hídrico a la cual pertenecen para hacer uso del agua, estas se encuentran registradas debidamente en la Autoridad Nacional.

#### **Junta de Usuarios**

La junta de usuarios comparten un sistema hídrico común su conformación se enmarca dentro de la ley la cual se acoge a las directrices técnicas de la autoridad nacional las funciones.

- Operación y Mantenimiento de la infraestructura hídrica
- Distribución del agua
- Cobro y Administración de la tarifa de agua

#### **Normas locales**

Se enmarca dentro de los lineamientos del Plan de Desarrollo Concertado del Gobierno Regional de Puno, donde uno de los objetivos estratégicos de prioridad es Promover el desarrollo agropecuario en forma planificada, concertada, competitiva, rentable y sostenible para elevar los niveles de producción y rendimiento de los productos agropecuarios.

#### **Administración Local de Agua llave**

Es la encargada de brindar el apoyo técnico normativo a las diferentes organizaciones de regantes existentes en la Microcuenca, tales como gestión y manejo técnico del uso racional del Recurso Hídrico (Reglamento de Organizaciones y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua Ley N°29338

pág. 21 y 22) y aprobar el valor de las tarifas de agua por la utilización de la infraestructura hidráulica, así mismo se enmarca en la Resolución de Autorización de Uso de agua con fines de riego para el ámbito del Proyecto.

## **1.4. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

Diseñar el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

#### **A. Objetivo Especifico**

Realizar el estudio de topografía para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno.

#### **B. Objetivo Especifico**

Realizar el estudio Geológico y de Geotecnia, para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno.

#### **C. Objetivo Especifico**

Realizar el estudio de hidrología, para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno.

## **1.5. Antecedentes**

**Alcántara, I. F. & Torres, E. R. (2015).** En su tesis ingenieril “Mejoramiento mediante el revestimiento del canal y construcción de obras de arte de 6.8 km. del Canal Sucurunday. Ubicado en el Caserío Sucurunday, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco - La Libertad”. El presente trabajo de investigación tiene por objetivo diseñar una adecuada sección geométrica para el canal de conducción y sus estructuras que en el comprenden. Los criterios de diseño que se encuentran apoyadas en sus respectivos cálculos matemáticos, que permitan asegurar una infraestructura hidráulicamente eficiente y estructuralmente segura que permita una buena operación y disponibilidad del curso hídrico hacia los terrenos de cultivo. Para la elaboración del proyecto se emplearon los programas de ingeniería como: AutoCAD, Hcanales, AutoCAD LAND Civil 3D, S10 y otros programas básicos como: Microsoft office: Word, Excel y Project. El estudio del área atendida por el proyecto, se realizará en base a la superficie que corresponden a la localidad donde se encuentra el área del proyecto en este caso Caserío de “Sukurunday”.

**Aredo, A. E. & Valverde, A. (2016).** En su tesis ingenieril “Mejoramiento y rehabilitación del canal de regadío Carabamba margen izquierda, Distrito de CARABAMBA, Provincia de JULCÁN, Departamento de LA LIBERTAD”. El planeamiento hidráulico para la presente tesis de riego contempla la ejecución de un canal margen izquierda las cuales tienen las siguientes características:

- Partidor: tipo compuerta de concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con medidas de 0.70 x 0.70 m y un espesor de 0.15 m.
- Canal margen izquierda: canal de concreto de 0.60 x 0.60 m y un espesor 0.10 m. y una longitud de 6,168.9 m.
- Pase aéreo: de concreto con malla de fierro de 26.25 x 1.0 m y un espesor de 0.10 m. y una longitud 26.25 m.
- Toma lateral: de concreto con mampostería de piedra 0.90 x 0.30 m y un espesor de 0.10 m.
- Posas disipadoras: son de diferentes medidas de concreto armando de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para muros y pisos, armadura de acero de  $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y recubrimiento mínimo de 4 cm.

La elaboración de esta tesis contempla la realización de estudios de ingeniería, y se tuvo en cuenta el siguiente esquema: El estudio topográfico, levantamiento taquimétrico, trabajo de campo y de gabinete para la generación del perfil longitudinal que proporcionará la mejor ubicación de las bocatomas y del canal rectangular a proyectarse. El estudio hidrológico para determinar los caudales máximos y mínimos que nos proporcione el dato para el diseño del canal de riego. La descripción de las especificaciones técnicas, las que se tendrá en cuenta en el momento de la ejecución del proyecto. El estudio de mecánica de suelos, sus generalidades, propiedades físicas del terreno donde se construirán las estructuras de riego.

**Consorcio Cajamarca (2012).** En su expediente técnico “Mejoramiento de Infraestructura del Canal de Riego Zonanga Jaén Cajamarca”. El proyecto ha sido concebido por los agricultores beneficiarios, asentados en el ámbito del proyecto y que conforman los caseríos de Mochenta, Aceríal, El Limón Balsahuaico y Playa hermosa; que pertenecen al Distrito de Jaén y que se agrupan en la Comisión de Regantes CHAMAYA, ha sido construido por los mismos agricultores con el apoyo de una ONG española en 1970.

El mejoramiento de la Infraestructura del referido canal; lo vienen gestionando desde 1,980, ante las diversas instituciones del Estado, pero hasta la fecha no han logrado una solución definitiva. El Canal Zonanga Alto, capta las aguas de la Quebrada Zonanga Alto, por la margen izquierda, mediante un canal a tajo abierto, tipo trapezoidal, y que debido al mal estado en que se encuentra no puede conducir el volumen total para satisfacer su demanda de agua hacia las áreas de cultivo. En la actualidad, este canal principal de derivación tan solamente conduce un volumen de 30 l/s, pese a que cuenta con una autorización de la Oficina de Administración Local del agua (ALA)-Jaén, para que conduzca un volumen de agua de 130 l/s. En el año 1,988, el Proyecto Especial Jaén-San Ignacio y Bagua; construyó la carretera afirmada Jaén – La Palma Central; y en el tramo La Florida – Santa Rosa; el canal corre paralelo y bajo de la vía carrozable; lo que produjo, de que el movimiento de tierras tapara al canal, además provocó el asentamiento de la plataforma del canal en 40 m. Ante este gran problema los beneficiarios realizaron faenas,



para la limpieza del canal y el Proyecto Especial, construyó un acueducto metálico para el pase de las aguas. Se hace notorio, que desde hace mucho tiempo, los Beneficiarios, han puesto su interés de mejorar la infraestructura de su canal, por lo que solicitan al Gobierno Regional de Cajamarca para que se elabore un Perfil de Inversión, el cual se aprobó con fecha 17/11/2011, y está registrado con el Código N° 35509.

**Tello, L. (2013).** En su proyecto profesional "Mejoramiento del canal de riego El Piruro". El presente trabajo, materia del proyecto profesional denominado "Mejoramiento Canal de Riego el Piruro", se encuentra ubicado en los caseríos Juanchopuquio, Shitapampa y Potrerillo, distrito de la Encafiada, provincia y departamento de Cajamarca, el cual se encuentra a una altitud media de 3050 m.s.n.m. El estudio es elaborado con la finalidad de plantear una alternativa al problema de agua de riego en los mencionados caseríos, consistiendo básicamente esto, en la construcción de bocatoma y el mejoramiento de 4.98 Km de canal. El beneficio del presente estudio es para 80 familias, en una área de 145 Has, y una demanda hídrica de 160 l/s, según cedula de cultivo. Realizado el estudio hidrológico, el caudal máximo esperado es de 20 m<sup>3</sup>/s, durante un periodo de 50.68 años y una vida útil de estructura de 30 años. Físicamente, la ejecución del proyecto comprende la construcción de una captación, la cual está constituida por muros de encauzamiento, barraje fijo, barraje móvil, ventana de captación, colchón dissipador, canal de limpia, vertedero lateral, canal de excedencias, desarenador con su respectivo canal de limpia; con respecto al canal principal está constituido por: canal rectangular en una longitud de 590.017 metros, el cual tendrá un espesor de 0.12 m, en paredes y fondo, revestido con concreto simple de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , canal de sección trapezoidal en una longitud de 3854.845 m cuyo fondo de espesor y paredes será de 0.12m vaciado con concreto simple de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , así mismo para el desarrollo normal del canal y según las condiciones topográficas, se ha planteado la construcción de las siguientes obras de arte: 3 rápidas, una alcantarilla denominada conducto cerrado para el paso vehicular, una caída escalonada, una caída vertical, 4 puentes canales en el cruce de riachuelos, un sifón invertido para salvar una depresión, 4 puentes

peatonales, transición para ampliación de sección ,los cuales hacen una longitud total de 535.138 m.

## 1.6. Bases Teóricas

**Canales (Rojas, H. 2015).** Se llaman canales a los cauces artificiales de forma regular que sirven para conducir agua. El flujo del agua se produce sin presión; o sea, siempre existe una superficie libre en el cual se tiene la presión atmosférica. Puede por lo tanto considerarse canal cualquier conducto cerrado, como un tubo o túnel que se encuentra funcionando parcialmente lleno.

Se llaman canales abiertos a los conductos que van a cielo abierto, es decir aquellas que se excavan a media ladera por lo general, y el material excavado de ser posible se utiliza en el relleno del labio inferior. Se llaman túneles a los conductos que se excavan bajo tierra con el objeto de atravesar una loma Según la Sección:

- Rectangulares.
- Trapezoidales.
- Triangulares.
- Circulares.
- Herradura (Horse-Shoe).

### **Criterios de Diseño Para Canales de Flujo**

Uniforme En el diseño hidráulico de los canales, se debe tener en cuenta las leyes de la hidráulica y los criterios siguientes a continuación: Velocidad Máxima de Erosión.- Durante el diseño hay que tener en cuenta el hecho de que las velocidades de la corriente del agua en el canal excesivamente grande, pueden actuar de una manera destructiva sobre el fondo y las paredes de este. La velocidad media del agua en el canal debe ser menor que la velocidad de socavación. En el cuadro siguiente se dan las velocidades admisibles límites en función de los suelos y el tipo de revestimiento en los cuales discurre el agua:

## Velocidad Mínima de Sedimentación

Otro de los problemas que tiene que afrontar el ingeniero hidráulico al proyectar canales consiste en el transporte de los sedimentos. La velocidad demasiado baja produce el depósito de los sedimentos, disminuyendo la sección del canal y a veces azolvándolo por completo. La corrección de estos defectos es costosa y por eso desde hace mucho tiempo se ha estudiado la forma de crear un canal estable. Por definición un canal estable, es aquel en el que no se presenta ni erosión ni sedimentación (asolvamiento). El primer estudio sobre canales estables fue publicado por Robert G. Kennedy, en base a proyectos de irrigación de ISRAEL, LA INDIA, LA UNIÓN SOVIÉTICA y los EE.UU., llegando a establecer la siguiente expresión como velocidad límite que no produce sedimentación:

$$V_o = \beta h^{0.64}$$

$V_o$  = Velocidad Media Límite que no Produce Asolvamiento (m/s).

$\beta$  = Coeficiente que Depende del Material en Suspensión.

$h$  = Profundidad del Agua (mts).

**Canales de Riego por su Función (Condori, H. 2010).** Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones.

**Canal de primer orden.-** Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos.

**Canal de segundo orden.-** Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub – laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego.

**Canal de tercer orden.-** Llamados también sub – laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas del solar, el área de riego que sirve un sub – lateral se conoce como unidad de rotación. De lo anterior de

deduce que varias unidades de rotación constituyen una unidad de riego, y varias unidades de riego constituyen un sistema de riego, este sistema adopta el nombre o codificación del canal madre o de primer orden.

**Clasificación de los Canales (Perez, G. 2013).** Los canales pueden clasificarse según, la función que cumplen en los sistemas en:

**Canal de Derivación:** Es el canal que conduce las aguas desde la toma hasta el punto inicial de reparto de las aguas.

**Canales Laterales:** Son los que llevan las aguas a las áreas de riego y finalmente a las parcelas. De acuerdo a su origen:

**Naturales:** Son los cursos de agua existentes en forma natural como consecuencia del escurrimiento de la lluvia.

**Artificiales:** Son los construidos por el hombre.

**Información básica para el diseño:**

- Capacidad.
- Trazo.
- Topografía.
- Geología.
- Geotecnia. Información inicial para el diseño:
- Fotografía aérea (google map).
- Planos topográficos y catastrales.
- Estudios geológicos, salinidad, suelos.
- Levantamiento topográfico (1/500, 1/1000, 1/2000).

## **Definición de términos Básicos**

### **Eficiencia**

Eficiencia es la capacidad de hacer las cosas bien, la eficiencia comprende y un sistema de pasos e instrucciones con los que se puede garantizar calidad en el producto final de cualquier tarea (Diccionario de la Real Academia Española).

### **Conducción**

Transporte del agua de una parte a otra, Conjunto de conductos dispuestos para el paso del agua (Glosario de Riegos).

### **Canal**

Cauce artificial por donde se conduce el agua para diversos usos (Glosario de Riegos).

**Canal Revestido** Son aquellos capaces de transportar el agua entre dos puntos de una forma segura a un costo óptimo, se tienen canales rectangulares, trapezoidales y triangulares (Wikipedia).

### **Canales Naturales**

Incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, ríos pequeños y grandes, arroyos, lagos y lagunas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales (Civilgeeks).

### **Canales Artificiales**

Los canales artificiales son todos aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo de la mano del hombre, tales como: canales de riego, de navegación, control de inundaciones, canales de centrales hidroeléctricas, alcantarillado pluvial, sanitario, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras, cunetas de drenaje agrícola y canales de modelos construidos en el laboratorio (Civilgeeks).

### **Acueducto**

Construcción para la conducción de agua a fin de salvar un desnivel (Glosario de Hidraulica).

### **Aforo**

Es la acción o efecto de aforar corrientes de agua en una unidad de tiempo (Glosario de Hidráulica).

### **Aforar**

Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo (Glosario de Hidráulica).

## **Bocatoma**

Estructura hidráulica diseñada para captar y dirigir el agua directamente de ríos sin regular o de embalses, a la estructura de conducción. Las bocatomas son frecuentemente parte de un nudo hidráulico compuesto por una presa derivadora, vertedero de descarga de aguas de excesos, descargas de fondo para evacuar sedimentos, canal de aproximación, cámara de entrada, sistema de conducción y obras de control fluvial. Las bocatomas trabajan junto con estructuras de conducción para llevar el agua al sitio de consumo o para regular y dar salida al agua durante crecientes (Glosario de Hidráulica).

## **Captación**

Conjunto de estructuras hidráulicas, de forma y características variadas, que permiten tomar y derivar un determinado caudal desde la fuente (generalmente un río), sin o con regulación o embalse, para luego ser conducido a los sitios de consumo (Glosario de Hidráulica).

## **Cauce**

Conducto abierto, creado natural o artificialmente, el cual contiene agua en movimiento periódico o continuamente (Glosario de Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres).

## **Caudal**

Volumen de fluido que circula en un tiempo determinado. Unidades: m<sup>3</sup>/min, cm<sup>3</sup>/min, l/min, gpm (Glosario de Hidráulica).

## **Compuerta**

Especie de puerta pequeña levadiza, compuesta de dos o más tablones anchos y gruesos, unidos y asegurados con barras o chapas de hierro, que se pone en el canal o portillo hecho en la presa del río por donde pasa y baja el agua, para detenerla cuando se quisiere (Glosario de Hidráulica).

## **Eficiencia de Riego**

La proporción entre el agua de riego consumida por los cultivos de una explotación, un terreno o un proyecto y el agua desviada desde la fuente de suministro. Se denomina eficiencia del riego en la explotación o eficiencia del suministro a la explotación cuando se mide desde la entrada a la explotación; eficiencia de riego en el terreno o parcela cuando se mide en el

terreno o parcela; eficiencia de suministro y conducción del agua o eficiencia general cuando se mide en la fuente de suministro (Glosario de Riegos).

## 1.7. Formulación de Hipótesis

### a. Hipótesis general: Hi

Se desarrollara la propuesta de diseño para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno.

### b. Hipótesis específicas: Ha

**HE1:** Se realizara es el estudio de Topografía para la propuesta de diseño del Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno.

**HE2:** Se realizara el estudio de Geología y Geotecnia, para la propuesta de diseño del Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno.

**HE3:** Se realizara el estudio hidrológico, para la propuesta de diseño del Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno

## 1.8. Propuesta de aplicación profesional

### 1.8.1. Metas del proyecto

#### **Infraestructura proyectada.**

A continuación se describe las obras a construirse en el área de influencia del proyecto

- Construcción de Bocatoma Calachaca la que captara agua del rio Tupala y derivara caudales de 0.02 m<sup>3</sup>/s y 0.02 m<sup>3</sup>/s, al módulo de riego A y Modulo de riego B respectivamente.
- Construcción Bocatoma Llustacucho que captara agua del rio Chichillapi y derivara caudales de 0.05 m<sup>3</sup>/s y 0.01 m<sup>3</sup>/s al módulo de riego C y modulo del riego D respectivamente.
- Construcción de un Canal Principal A (Calachaca) con un caudal de conducción de 0.02m<sup>3</sup>/s de longitud de 7.700 km, permitiendo la incorporación de 19 has al riego.
- Construcción de un Canal Principal B (calachaca) con un caudal de conducción de 0.02 m<sup>3</sup>/s, de una longitud de 6.636 Km, permitiendo la incorporación de 24.7 has al riego.
- Construcción de un Canal Principal C (Llustacucho) con una longitud de 5.425 km con un caudal de 0.05 m<sup>3</sup>/s, permitiendo la incorporación de 50 has al riego.
- Construcción de un Canal Principal D (Llustacucho) con una longitud de 2.000 km con un caudal de 0.01 m<sup>3</sup>/s, permitiendo la incorporación de 11.6 has al riego.
- Construcción de obras de arte como: Alcantarillas, canoas, caídas, cruces de rio, acueductos pases peatonales, pozas de disipación, puentes vehiculares y tomas simples en el margen izquierdo y derecho de los ríos.

### **Estado Actual de las Estructuras**

En la actualidad, no se tiene estructuras hidráulicas para la conservación de estas, puesto que las estructuras que se plantean son nuevas.

### **Extensión del proyecto:**

El proyecto comprende la instalación del sistema de riego Llusta a nivel de la construcción de diversas estructuras hidráulicas, en una extensión de 105 has en el ámbito de estudio.

### **Características Típicas:**

El presente proyecto considera la instalación del sistema de riego Llusta mediante la construcción de dos Bocatomas, 4 Canales Principales A, B, C y D. y obras de arte.



## Intervenciones en la Infraestructura Actual:

No se tiene intervención de alguna infraestructura en la zona del ámbito del proyecto.

## II. MATERIALES Y METODOS

### 2.1. Material de Estudio

#### 2.1.1. Población

##### Población del Ámbito del Proyecto

La distribución de la población del ámbito del proyecto se observa en la tabla.

**Tabla N° 01 Población total del ámbito del proyecto**

N°	COMUNIDADES / PARCIALIDADES	TOTAL DE FAMILIAS	TOTAL POBLACIÓN
1	Sector Albertoni	93	372
2	Sector Umajalso	46	184
3	Sector Canllacollo	69	276
4	Sector Saparani	31	124
5	Sector Aguada Llusta	55	220
	<b>TOTAL</b>	<b>294</b>	<b>1176</b>
	N° de Personas por Familia 4		<b>4.00</b>

Fuente: Información de campo diagnostico 2019

El ámbito del estudio tiene un promedio familiar de 4 integrantes por familia como se muestra en la tabla anterior.

#### 2.1.2. Área de Influencia

### 2.1.3. Población y muestra

**Poblacion.** Tal como señala Vara (2012) la población es un “conjunto de sujetos o cosas que tiene una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio y varían en el transcurso del tiempo” (p. 221). La población llamada también universo, comprende la gran diversidad de unidades que forman las necesidades, no solamente puede referirse a personas si no a cosas o hechos de interés social Para el diseño de la presente tesis lo que conllevara a los parámetros de diseño de se tomó en cuenta: Cantidad de familias 294 aplicando 04 habitantes por familia se determina que la población es de = 1176 habitantes

### 2.1.4. Muestra

Según Vara (2012) la muestra “es el conjunto o una parte de casos extraídos de la población, seleccionado por algún método racional, siempre parte de la población, que se somete a observación científica en representación del conjunto con el propósito de obtener resultados validos” (p. 223). La muestra se ha determinado que sea un aproximado del 18% tomando en cuenta la cantidad de viviendas existentes, por ello la muestra para el presente estudio de tesis es el de 1176 habitantes

### 2.1.5. Recopilación y análisis de datos

Recopilación y análisis de la información existente.

- Información geológica.
- Información climática.
- Información hidrológica.

- Estudios anteriores ejecutados como de topografía en la zona relacionada con los fines del estudio.
- Selección del material cartográfico del área a evaluar.
- Delimitación de las unidades fisiográficas, en base a trabajos anteriores.
- Ubicación de los puntos en los cuales se van a realizar las observaciones de campo (barrenos y calicatas).

### **Fase de Campo.**

Reconocimiento general de área del estudio, con identificación de las unidades fisiográfica determinadas por los anteriores estudios.

Observaciones detalladas y/o identificación, con el empleo del barreno y apertura de calicatas para determinar los perfiles típicos que corresponden a las unidades taxonómicas identificadas, y cuya descripción detallada incluye para cada estrato u horizonte lo siguiente: espesor, textura, estructura, color, consistencia, moteaduras, modificador textural, actividad de organismos y límite inferior. Además, para cada calicata se ha enfatizado sobre los factores de formación

### **Variable de estudio**

**Variable dependiente:** Propuesta y Diseño para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego del Distrito de Santa Rosa Provincia de el Collao, Región Puno.

**Indicador:** Cantidad de Beneficiarios.

Operacionalización de variable

variables	definición conceptual	definición operacional	dimensiones	indicadores
Propuesta y Diseño Para el mejoramiento y ampliación del sistema de riego	En el ámbito del proyecto actualmente no existe ningún sistema de riego en operación	Se encomienda manipular los estudios apropiados y emplear los instrumentos adecuados para que la investigación cumpla su correcta aplicación	Recaudación de información	Beneficiarios

### Tipo de investigación

- Esta tesis es de Diseño no Experimental ya no se manipula determinadamente la variable
- De la misma condición es de Diseño Descriptivo porque se observa y representan los fenómenos tal como se muestran en forma natural.

La Actual Investigación es de Carácter No Probabilístico.

## III. RESULTADOS

### 3.1. Aspectos generales

#### a) Ubicación del Proyecto

##### Ubicación Política

**Tabla N° 02. Ubicación Política del Ámbito de Irrigación**

REGION	Puno
PROVINCIA	El Collao

<b>DISTRITO</b>	Santa Rosa
<b>COMUNIDADES</b>	Aguada Llusta, Canllacollo, Arbertoni, Saparani y Umajalco
<b>SISTEMA INTEGRAL HIDRICO</b>	Huenque

Fuente: Diagnostico DEPI – GORE

### **Ubicación Geográfica**

El sistema de riego se ubica al sur del distrito de Santa Rosa, geográficamente está ubicada en la zona sur oeste de la provincia de El Collao y al sur de la Región de Puno y tiene una extensión de 2524.02 Km<sup>2</sup>. Según información del plan regional territorial de Puno, el distrito de Santa Rosa de Mazocruz, se encuentra ubicado entre las regiones naturales de Suni, Puna y Cordillera, conformado por las mesetas andinas, con superficie horizontal, con menor pendiente y colinas, y con conformación de montañas cubiertas de nieve. La superficie está conformada con pastos naturales, para la actividad pecuaria básicamente en la crianza de camélidos sudamericanos.

UTM-DATUM-WGS-84;

Este de 426,477 a 424,414

Norte de 8'123,907 a 8'131,160.

Altitud: 4,012 a 4,060 msnm.

Figura N° 01. Macro Localización



Figura N° 02. Micro Localización



## b) Límites del Distrito de Santa Rosa

**Tabla N° 03. Límites del Distrito de Santa Rosa de Mazocruz**

Norte	Distrito de Condurire
Sur	Distrito de Capaso
Este	Distrito de Huacullani
Oeste	Moquegua

Fuente: Diagnóstico DEPI -GORE

**Tabla N° 04. Límites del ámbito del Proyecto**

Norte	CP. Chichillapi y Muchuma
Sur	CP. Tupala
Este	CP Chapilaca
Oeste	CP. Chichillapi

Fuente: Diagnóstico DEPI -GORE

## a) Características Físicas

### Características climáticas

En el distrito de Santa Rosa, los veranos son cortos, frescos y mayormente nublados; los inviernos son cortos, muy frío y mayormente despejados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de -4 °C o sube a más de 21 °C.

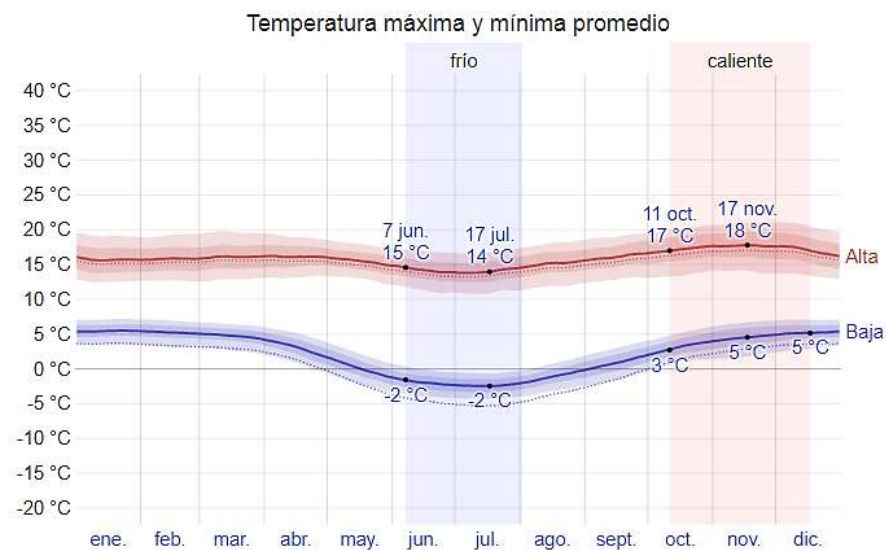
En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar Santa Rosa, para actividades de tiempo caluroso es desde finales de septiembre hasta mediados de diciembre

### Temperatura

Según los datos de la Estación MAZO CRUZ – 116026 ubicado en Santa rosa tipo automático en longitud - 69.71547° y latitud 16.739°, La temporada templada dura 2,2 meses, del 11 de octubre al 17 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 17 °C. El

día más caluroso del año es el 17 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 18 °C y una temperatura mínima promedio de 5 °C. La temporada fría dura 1,8 meses, del 7 de junio al 2 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 15 °C. El día más frío del año es el 17 de julio, con una temperatura mínima promedio de -2 °C y máxima promedio de 14 °C.

**Figura N° 03 Temperatura máxima mínima**

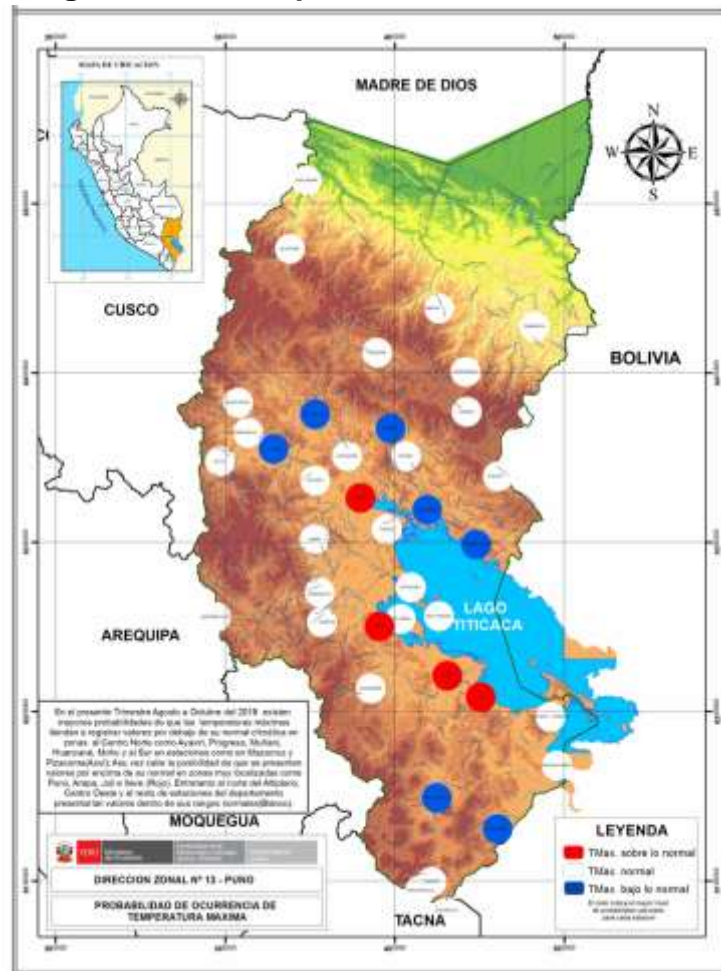


La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Fuente: SENAMHI – 2019



Figura N° 04 Temperatura máxima mínima



### Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Santa Rosa, varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 3,2 meses, de 18 de diciembre a 24 de marzo, con una probabilidad de más del 15 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 31 % el 25 de enero.

La temporada más seca dura 8,8 meses, del 24 de marzo al 18 de diciembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 0 % el 15 de mayo.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta

categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 31 % el 25 de enero.

**Figura N° 05 Probabilidad de precipitación**



Fuente: SENAMHI - 2019

## Lluvias

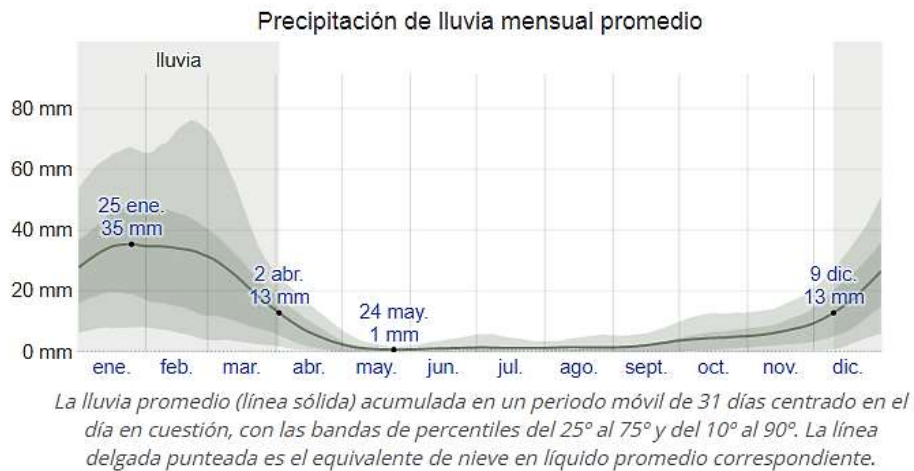
Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Mazo Cruz tiene una variación ligera de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 3,8 meses, del 9 de diciembre al 2 de abril, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros.

La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 25 de enero, con una acumulación total promedio de 35 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 8,2 meses, del 2 de abril al 9 de diciembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 24 de mayo, con una acumulación total promedio de 1 milímetros.

**Figura N° 06 Probabilidad de precipitación**



Fuente: SENAMHI - 2019

## Topografía

La configuración topográfica está definida por áreas bastante extensas, suaves a ligeramente onduladas y colinadas, así como laderas de moderado a fuerte declive hasta presentar en muchos casos afloramientos rocosos.

El escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos, de textura moderadamente gruesa, ácidos, generalmente con influencia volcánica (Páramo Andosoles) o sin influencia volcánica (Paramosoles). Donde existe predominio de materiales calcáreos, completan el Cuadro edáfico, suelos de mal drenaje (Gleysoles) y Litosoles (suelos delgados).

## Geología Local

### Estratigrafía

En el área del Proyecto se han identificado rocas que son de Cenozoico (Terciario – Cuaternario), serie Pleistoceno a Holoceno y la secuencia litológica está comprendida por las siguientes unidades estratigráficas:

Grupo Barroso, Sencca, Formación Capullani y depósitos Cuaternarios, como fluvioglaciares y aluviales.

En el presente Ítem se describen, los principales afloramientos y formaciones circundantes, en un área de influencia del área de estudio. La descripción se efectúa en base a la información obtenida a partir de mapas regionales a escala 1:100 000 del Instituto Geológico Minero Metalúrgico - INGEMMET.

## **Cenozoico (Terciario)**

### **Grupo Barroso (Tq - Vba) (Plioceno)**

Este datado en el Paleogeno – Oligoceno, Regionalmente es un grupo diverso con rocas volcánicas andesíticas teniendo en gran parte hasta un 50% de sedimentos terrestres. Las lavas son de olivino y/o augita porfirítica y se caracterizan por la presencia de minerales de cobre diseminado, principalmente malaquita, en las juntas y superficies de fracturas en forma de astillas.

Las rocas volcánicas muestran laderas escarpadas con tonos medios y estratificación delgada. Normalmente es muy difícil distinguir lavas de rocas piroclásticas gruesas, aunque usualmente los tufos lapilíticos muestran tonos pálidos sin trazas de estratificación. Las zonas de alteración que son comúnmente silicificadas, se muestran a menudo como zonas irregulares de tonos pálidos a oscuras con piroclásticos casi horizontales y flujos de lava de gran extensión, están generalmente bien definidas. Los sedimentos muestran generalmente elevaciones con pendientes más suaves con tonos relativamente pálidos y trazas de estratificación localmente bien definidas y está distribuida a lo largo de los cerros mal elevados y sedimentados en zonas bajas por la erosión glacial.

En nuestra área de proyecto se ubica claramente en los Bocatomas, Captaciones en el canal principal en los inicios del trazo del canal Llustacucho y Calachaca y en tramos identificados como rocas de canal

Chaullacullco entre 4+120 a 4+350 y presencia en forma de bloques de canal Calachaca MD entre 6+000 hasta 8+000.

### **Comportamiento Geotécnico**

Las rocas de esta formación presentan buenas características geotécnicas buena dureza y resistencia a la alteración, por lo cual son adecuados como materiales de construcción y como bloques para enrocados (enrocados, defensas ribereñas y cimentaciones en obras de arte). Pero como material de relleno es regularmente bueno, valor como cimentación es bueno a regular por tener algunas veces material expansivo, los cortes que se efectúen necesariamente requieren del uso de explosivos así como para rocas en bloques.

### **Formación Capilluni (Tp-Ca) (Plioceno)**

La edad de la formación Capillune no ha podido ser establecida con precisión por no haberse obtenido datos paleontológicos; en forma aproximativa se le asume al Plioceno superior teniendo en cuenta únicamente sus relaciones de campo, pues suprayace con leve discordancia al volcánico Sécoca considera de del Plioceno medio a superior; superiormente está cubierta por rocas volcánicas sin mayor deformación e intensamente afectados por la glaciación, pleistocénica.

A la formación Capillune se le correlaciona por la discordancia con Grupo Barroso de la región del lago Titicaca (Newell, 1946); también es posible que la parte superior corresponda al Pleistoceno antiguo o tal vez contemporáneo con la primera época glaciaria. Aflora en Mazocruz en el cerro Cruz laca, y en Sector Llusta en el Cerro Llusta.

La litología de la formación consiste de una intercalación de arcillas, limolitas, areniscas, conglomerados y piroclásticos, Las arcillas se encuentran en capas delgadas hasta laminares y predominantemente son de color blanquecino.

La roca es de grano fino a grueso con coloraciones grises y amarillentas, su composición y matriz es variable, distinguiéndose areniscas arcillosas, tufáceas y conglomerádicas.

Como material de construcción para cantera de rocas no son bueno por tener bastante alteración y fuerte erosión pero como material de relleno es malo a regular y valor como cimentación es bueno a pobre en función de la cimentación, pero no tiene incidencia alguna en ambas márgenes del Canal Izquierdo, Derecho pero aflora en sus proximidades, Veamos la imagen.

### **Figura N°07 formación discordancia angular**

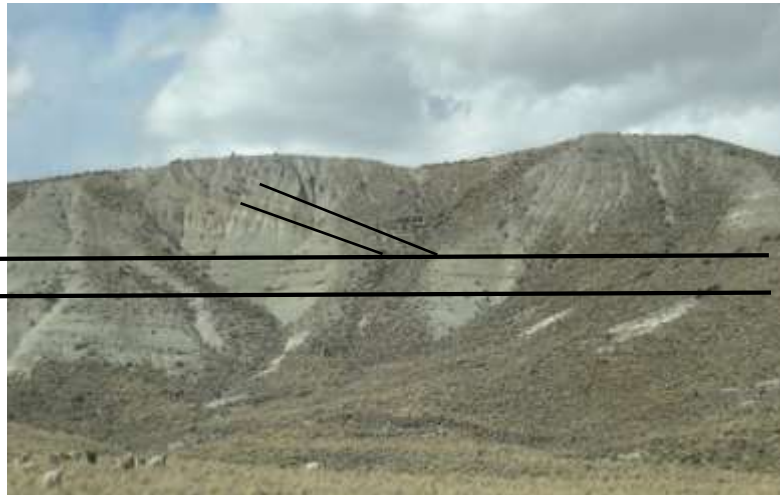


Foto formación capillune – discordancia angular

## **Cenozoico (Cuaternario)**

### **Depósitos Coluviales (Qh-Co)**

Son los que se forman en el mismo lugar en que se encuentran, por la descomposición físico - química de la roca madre infrayacente, éstos constituyen suelos finos orgánicos y sobre la que crece la vegetación, son de escaso espesor (20 a 30 cm.). Están constituidos por una mezcla heterogénea de fragmentos de rocas volcánicas, de formas angulosas y heterogéneas englobados en una abundante matriz limo-arcilloso de baja plasticidad y arenas - limosas en porcentaje variable, de color marrón y

hacia profundidad cambia de coloración de gris a blanco, son consolidados y semipermeables.

### **Comportamiento Geotécnico.**

Estos depósitos son adecuados como materiales de construcción (canteras) material de relleno para la construcción de terraplenes para canales principales, laterales y reservorios según al uso ósea para mezcla con agregado, como valor de cimentación es buena, esto formación de materiales es a lo largo del proyecto de Sector canal Llustacucho, Sector Chaullacullco MI de Calachaca y Sector del canal Calachaca MD.

### **Depósitos Bofedales (Qh-bo)**

Conformados por arcillas y limos orgánicos en áreas depresionadas aisladas, donde se acumulan aguajales, predominantemente en las zonas de pampas. Son observables aisladamente en ambos lados del eje de los canales principales, laterales. Pero son intrascendentes en nuestro proyecto por su escasa y pequeña ocurrencia. En las acumulaciones de aguas adyacentes al eje de los canales principales y laterales se les debe dotar de alcantarillas nuevas según sea el caso.

### **Comportamiento Geotécnico.**

Los materiales que los conforman son inadecuados para todo uso los tramos identificados son de 1+820 al 2+200 y 3+550 al 3+750 se propone mejoramiento de enrocado o reemplazar el canal por entubado, ver caso en vista el material orgánico es de 0.70 a 1.00cm.

### **Depósitos Aluviales (Qh-al)**

Se emplaza básicamente en la llanura de las cuencas del río Chichillape, Humalso y Tupala, en forma masiva en el área inundable, están constituidos por materiales de gravas, arenas, limos, arcillas, boloneras y fragmentos de roca, en forma general englobada, los sedimentos están conformados por los depósitos transportados, sin estructura estratificada,

dominantemente por gravas limosas, van desde suelos permeables a semi impermeables.

### Comportamiento Geotécnico

Estos depósitos son adecuados como materiales de construcción (canteras) para over, concreto y mezcla para terraplén, como valor de cimentación es buena, estos depósitos se encuentra a lo largo de los ríos Rio Llusta.

**Tabla Nº 05. Comportamiento geotécnico**

UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA				
ERA	SISTEMA	SERIE	SIMBOLO	UNIDADES LITOLÓGICAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Qr-al	DEPOSITOS ALUVIALES
			Qpl-bo	DEPOSITOS BOFEDALES
			Qp-mo	DEPOSITO MORRENICOS
		PLEISTOCENO	TQ-vba	GRUPO BARROSO
	TERCIARIO	PLIOCENO	Tp-ca	FORMACION CAPILLUNE

### Geomorfología Local

En la zona de emplazamiento del estudio del proyecto, destacan unidades geomórficas bien definidas que conforman una topografía muy variada, reconociéndose sectores de suaves y fuertes pendiente, superficies onduladas poco accidentadas que contrastan con paisajes agrestes con elevaciones que fluctúan entre los 4,000.00 - 4,300.00 m.s.n.m. aproximadamente.

De los depósitos cuaternarios de material fluvio glaciar, aluvial, que conforman las planicies o pampas. En la zona de estudio del proyecto, durante los trabajos de campo se ha podido identificar tres sistemas (Antrópico, Fluvial, y Sedimentario - Montañoso), los mismos que contienen unidades geomorfológicas, en cuyas unidades externas han participado agentes como clima, la lluvia, hielo y las corrientes fluviales, finalmente crean las formas de la superficie presente de la zona están asociados a la litología y estructuras como pliegues y fallas, En el área circundante al proyecto se distinguen las siguientes unidades



geomorfológicas bien definidas ya se en el Canal principal LLustacucho canal “C”, canal nuevo proyectado “D” y Calachaca canales A, B: las que se presentan en el cuadro siguiente:

**Tabla N° 06. Descripción de unidades geomorfológicas**

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS			
SISTEMA	UNIDAD	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
ANTROPICO	ÁREA RURAL	A – Ru	Formada por los asentamientos humanos, caseríos y fundos aislados.
	VÍAS DE ACCESO	A – va	Red vial distrital y vecinal, las vías son asfaltados, afirmadas y trochas carrozables
FLUVIAL	LLANURA DE INUNDACION	LI-I	Zona de deposición de material transportado por el río.
	BOFEDALES	Bof	Zona de vegetación generalmente húmeda y saturada.
	PLANICIES	Pla	Presenta poca pendiente.
SEDIMENTARIO - MONTAÑOSO	COLINAS ALTAS	Ca	Presentan elevaciones entre 4100 – 5000 m.s.n.m.
	COLINAS MEDIAS	Cm	Presenta elevaciones 3990 – 4100 m.s.n.m.
	PIE DE MONTE	Pie-m	Con elevaciones inferiores a 4000 m.s.n.m.

FUENTE: Elaboración propia

### 3.2. Propuesta del proyecto

- ✓ Canal Principal Calachaca Modulo. A con: 0+000 – 5+500.00 Km.
- ✓ Canal Principal Calachaca Modulo. B con: 0+000 – 5+500.00 Km.
- ✓ Canal Principal Llustacucho Modulo. C con: 0+000 – 5+700.00 Km.
- ✓ Canal Principal Llustacucho Modulo. D con: 0+000 – 2+050.00 Km.
- ✓ Reconocimiento de las canteras evaluadas
- ✓ Recojo de muestras de campo inalteradas y disturbadas
- ✓ Ejecución de los ensayos en laboratorio de las muestras recopiladas.
- ✓ Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio

### 3.3. Estudio topográfico.

#### 3.3.1. Generalidades

Para la elaboración de un proyecto de riego, es necesario contar con una información topográfica detallada, por lo que se tomó, todas las medidas posibles para lograr generar información topográfica, detallada y confiable.

### **Antecedentes**

Existen canales rudimentarios que es utilizado para mantener Bofedales, con lo que alimentan especialmente a sus animales.

El Proyecto especial Binacional Lago Titicaca, logro realizar el levantamiento de todo este área por lo cual en este informe se verificara los puntos de control y así mismo se levantara las nuevas zonas necesarias para los canales principales y ver los diferentes accidentes del terreno, este mismo que sirvió como base para la ejecución de estos estudios.

### **3.3.2. Recursos disponibles**

Para la ejecución de todas las actividades necesarias para el logro de esta actividad, se contó con diferentes recursos los que ayudaron a conseguir el objetivo propuesto, que es la de realizar el estudio topográfico de toda el área en estudio.

Entre los recursos utilizados podemos mencionar: recursos humanos, equipo de ingeniería, información disponible, y materiales.

#### **Recursos humanos:**

01 Ing. Topógrafo.

01 Auxiliar en topografía.

01 Chofer.

04 Portamiras.

#### **Equipo y herramientas:**

- 01 Estaciones Totales
- 04 Prismas circulares con sus accesorios
- 04 Equipos de radio tipo MOTOROLA
- 02 Winchas de 50 m.
- 01 Camioneta

### 3.3.3. Información disponible

Para la ejecución se contó con la siguiente información:

- Información general, constituida principalmente por información obtenida de imágenes satelitales del google earth como principal fuente de apoyo para la ubicación de los manantes de agua, así como la ubicación de las captaciones de río a realizarse.
- Información de trabajos anteriores como el del ejecutado por el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, consistentes principalmente en:
  - Plano topográfico del área de riego con curvas a 1 m.
  - Relación de BMs o puntos de control.

### 3.3.4. Metodología de trabajo

La metodología empleada en la ejecución de los trabajos topográficos es:

- **Reconocimiento de campo**, Verificación de todo el área de trabajo es decir realizar un recorrido por todo el área del proyecto, para poder tener una visión general y al mismo tiempo ubicar puntos para los polígonos de apoyo y que sirvieron para el levantamientos de trabajos anteriores y que sirvan como puntos de partida para la ejecución de todos trabajos topográficos y posteriores replanteos de los eje principales y canales secundarios a ejecutarse.
- **Levantamiento topográfico de las bocatomas**, Teniendo como puntos de apoyo, los puntos (vértices y BMs.) existentes, y ubicados

en el reconocimiento de campo, se hace el levantamiento topográfico de las zonas de las bocatomas y obras de arte especiales, empleando el método de relleno topográfico por radiación desde los vértices del polígono de apoyo y poder levantar estos lugares.

La intensidad de puntos será de acuerdo a la necesidad de los terrenos, ya que un terreno accidentado deber tener mayores puntos a levantar que una zona uniforme. Tratando en lo posible que formen cuadrículas.

- **Replanteo**, primeramente, se ubica y se monumenta los PIs (puntos de inflexión o intersección). Apoyados por una línea de gradiente, fijados en el campo con marcas determinadas con un nivel de ingeniero.

El replanteo propiamente dicho consiste en marcar con estacas de madera, las progresivas en campo a cada 25 m.

Para la deflexión de curvas se empleó el método de ordenadas sobre la tangente, que consiste en hacer los cálculos de X y Y y medir a partir de las tangentes.

$$X = \text{Sen } \beta * R \quad Y = 1 - (\text{Cos } \beta) * R$$

Dónde:

$\beta$  = Angulo que corresponde al arco calculado

R = radio de la curva

- **Nivelación**, Se hace partiendo de un BM conocido, para poder llevar las gradientes de los canales según sea los diseños calculados para dar cotas a los diferentes puntos utilizados en estos trabajos.

En las poligonales de canales se deja BMs aproximadamente a cada 500 m. con nivelación doble de ida y vuelta con una precisión determinada por la siguiente fórmula:

$$E = 0.001 * \sqrt{D}$$

Dónde:

D=distancia en kilómetros

### **3.3.5. Programación de actividades**

Para el logro de metas, se tuvo que hacer una programación previa de actividades teniendo en cuenta los medios con que se contaba, tales como equipo de ingeniería, información disponible, materiales, y recursos humanos.

De esta manera se programó las diferentes actividades a seguir como son:

- Reconocimiento de campo.
- Levantamiento topográfico de las Bocatomas.
- Replanteo de ejes principales.
- Trabajo de gabinete.

#### **3.3.5.1. Reconocimiento de campo**

Previamente se hizo un recorrido a toda el área de proyecto, para así tener una visión general y ubicar los puntos existentes (vértices del polígono de apoyo) los cuales existen y están monumentados con concreto.

Del mismo modo se ubicó los puntos que definen el eje de las bocatomas para la ubicación de las captaciones del río.

Los datos de estos puntos, están definidas por coordenadas (P, E, N, Z, Descripción) y están en el Datum WGS-84.

#### **3.3.5.2. Levantamiento topográfico de la bocatoma**

Con el apoyo de los puntos de los vértices de los polígonos de apoyo se sacó puntos secundarios, ubicados en el reconocimiento de campo, se hicieron los respectivos levantamientos topográficos como son:

- Levantamiento topográfico bocatoma Calachaca.
- Levantamiento topográfico bocatoma Llustacucho, Con apoyo del vértice V-A, se hizo el levantamiento de la zona de ubicación de la bocatoma Llustacucho, se levantó un área aprox. de 4.8 has. Con relleno de puntos por método de radiación.
- Levantamiento topográfico zona cruce de bofedal del CANAL PRINCIPAL "B", Se levantó con mayor cantidad de puntos por ser un accidente natural y para poder ubicar las obras de arte necesarias para poder solucionar estos accidentes.

### **3.3.5.3. Replanteo**

Para el replanteo o mejor dicho para llevar las pendientes en terreno se tendrá que realizar con nivel de ingeniero llevando las gradientes definidas o calculadas en gabinete para los canales ya sea principales o las secundarias, y para ello se definirán los PI (Puntos de inflexión), y posterior a ello el estacado correspondiente a cada 25 m. en las tangentes y las deflexiones de curvas por algún método conveniente según el terreno, dentro de los canales principales se puede determinar en 04 canales principales:

- CANAL PRINCIPAL "A", Captación Calachaca. Este canal principal tiene una longitud de 5500.00 m.
- CANAL PRINCIPAL "B", Captación Calachaca. Este canal principal tiene una longitud de 5500.00 m.
- CANAL PRINCIPAL "C", Captación Llustacucho. Este canal principal tiene una longitud de 5700.00 m.
- CANAL PRINCIPAL "D", Captación Llustacucho. Este canal principal tiene una longitud de 2044.00 m.

### 3.3.5.4. Nivelación

Partiendo de BMs. Conocidos en un levantamiento previo, se procederá a nivelación de estacas fijadas en el replanteo a cada 25 m. en tramos de 500 m. en cuyos puntos se dejara BMs. Monumentados, los que a su vez están amarrados con una nivelación de precisión, con doble itinerario es decir de ida y de vuelta, la tolerancia permitida en cada tramo, es de  $\pm 3$  mm.

Como BMs. De partida se tomaron los puntos que determinan el eje de bocatoma, los cuales se muestran en los planos de perfil y planta según los diseños calculados para poder llevar la gradiente hidráulica esto ya sea para canales abiertos o cerrados según diseño y de acuerdo a las necesidades de la población en estudio.

### 3.3.5.5. Seccionamiento

El seccionamiento del terreno estará detallado, para generar las secciones transversales, se realizó según las secciones típicas lo exijan en el programa para poder alcanzar todos los cortes en el terreno.

**Tabla N°07 coordenadas de bocatoma de rio**



N°	NOMBRE	COORDENADAS		OBSERVACIONES
		NORTE	ESTE	
1	V-E. Izq. L.	8128253.016	422131.906	Eje izq. bocatoma Llusta Cucho
2	V-E. Izq. C.	8123931.933	426452.846	Eje Izq. de la captación Calachaca

**Tabla N°08 Tabla de coordenadas de vértices del polígono de apoyo**

N°	NOMBRE	COORDENADAS		COTA	OBSERVACIONES
		NORTE	ESTE		
1	EJE MD-LL	8128240.723	422187.555	4030.057	Eje derecho bocatoma LlustaCucho.
2	EJE MI-LL	8128253.016	422131.906	4032.000	Eje izquierdo bocatoma LlustaCucho .
3	V-A	8128345.968	422112.8938	4038.630	A 95 m. aguas abajo del canal LlustaCucho MI.
4	V-B	8128989.404	423696.110	4029.153	En un mogote llamado Chuntaccatusiri.
5	V-C	8130443.880	423282.600	4026.256	En un cerro al lado norte del levantamiento de la zona.
6	V-D	8131389.595	424182.268	4029.753	En una ladera en cuyo pie esta la escuela de Llusta.
8	V-E	8130179.450	424303.495	4018.754	En un mogote denominado Ancocollo.
9	V-F	8127293.280	424993.782	4033.963	En un mogote llamado Callanca.
10	V-F.2	8127803.764	424921.925	4032.588	Al lado izquierdo del levantamiento, parte media lado Este.
11	V-F.3	8128185.790	424870.255	4027.052	Al lado izquierdo del levantamiento a 500 m al norte de V-F.
12	V-G	8125693.930	424989.208	4038.127	Al lado sur de la zona a 2500 m de la captación Calachaca.
13	V-G.1	8126092.378	424667.420	4031.080	Al lado sur de la zona a 3000 m de la captación Calachaca.
14	V.H.	8124557.040	425973.556	4048.288	En una culata al lado derecho del canal Calachaca MI
17	V-E. Der. C.	8123948.241	426501.894	4043.791	Eje derecho de la captación Calachaca
18	V-E. Izq. C.	8123931.933	426452.846	4043.565	Eje izquierdo de la captación Calachaca



## Hoja N° 01

NOMBRE DEL VERTICE <b>V-B</b>		UBICADO POR: <b>DEPI - GRP</b>	
UBICACIÓN: DISTRITO: SANTA ROSA PROVINCIA: EL COLLAO REGION: PUNO		CARACTERISTICAS: ES UN HITO MONUMENTADO CON CONCRETO CON UN NUCLEO DE FIERRO DE 1/2".	
LATITUD (S) <b>16° 55' 17.42"</b>	Longitud (W) <b>69° 42' 59.53"</b>	COTA ABSOLUTA: <b>4029.153</b>	ZONA UTM: <b>19</b>
NORTE (Y) <b>8128989.404</b>	ESTE (X) <b>423696.110</b>	DATUM: <b>WGS 84</b>	FECHA: <b>ABRIL - 2022</b>
			

### Descripcion:

Para llegar al vertice V-B, se parte del local comunal , se sale a la carretera afirmada que va a Capazo, a 5.5 km. Pasando un puente se encuentra con una trocha que va a la derecha, se toma esta trocha a 2.6 km. Acaba en una casas, de ahí se va a pie hacia el norte 0.66 km. Se encuentra el cerro Chunta Ccatusiri en la cumbre de ese cerro se encuentra el vertice V-B.

## Hoja N° 02

NOMBRE DEL VERTICE <b>V-C</b>		UBICADO POR: <b>DEPI - GR</b>	
UBICACIÓN: DISTRITO: SANTA ROSA PROVINCIA: EL COLLAO REGION: PUNO		CARACTERISTICAS: ES UN HITO MONUMENTADO CON CONCRETO CON UN NUCLEO DE FIERRO DE 1/2".	
LATITUD (S) <b>16° 54' 30.04"</b>	Longitud (W) <b>69° 43' 13.33"</b>	COTA ABSOLUTA: <b>4026.256</b>	ZONA UTM: <b>19</b>
NORTE (Y) <b>8130443.880</b>	ESTE (X) <b>423282.600</b>	DATUM: WGS 84	FECHA: ABRIL - 2022
			

### Descripción:

Para llegar al vértice V-C, se parte del local comunal, por la trocha que va a Llustamayo, se recorre 1.76 km. y a pie se va al lado izquierdo 0.16 km. En la parte alta de la lomada Janccolasa se encuentra el vértice.

### Hoja N° 03

NOMBRE DEL VERTICE <b>V-D</b>		UBICADO POR: <b>DEPI - GRP</b>	
UBICACIÓN: DISTRITO: SANTA ROSA PROVINCIA: EL COLLAO REGION: PUNO		CARACTERISTICAS: ES UN HITO MONUMENTADO CON CONCRETO CON UN NUCLEO DE FIERRO DE 3/8".	
LATITUD (S) <b>16° 53' 59.38"</b>	Longitud (W) <b>69° 42' 42.81"</b>	COTA ABSOLUTA: <b>4029.753</b>	ZONA UTM: <b>19</b>
NORTE (Y) <b>8131389.595</b>	ESTE (X) <b>424182.268</b>	DATUM: WGS 84	FECHA: ABRIL - 2022
			

#### Descripción:

Para llegar al vértice V-D, se parte del local comunal, a pie con dirección oeste hacia el cerro Canllacollo, a 150 m. se encuentra la cumbre de ese cerro, en donde se encuentra el vértice V-D.

**Hoja N° 04**

NOMBRE DEL VERTICE		UBICADO POR:	
V-E		DEPI - GRP	
UBICACIÓN: DISTRITO: SANTA ROSA PROVINCIA: EL COLLAO REGION: PUNO		CARACTERISTICAS: ES UN HITO MONUMENTADO CON CONCRETO CON UN NUCLEO DE FIERRO DE 3/8".	
LATITUD (S)	Longitud (W)	COTA ABSOLUTA:	ZONA UTM:
16° 54' 38.76"	69° 42' 43.05"	4018.754	19
NORTE (Y)	ESTE (X)	DATUM:	FECHA:
8130179.450	424179.450	WGS 84	ABRIL - 2022
			

**Descripción:**

Para llegar al vértice V-E, se parte del local comunal, por la trocha que se dirige a Llustacucho, hasta recorrer 1.76 km. De ese punto se dirige al lado izquierdo con dirección al cerro Ancocollo, que se encuentra a 1.21 km. En la cumbre de ese cerro se encuentra el vértice.



**Hoja N° 05**

NOMBRE DEL VERTICE <b>V-F</b>		UBICADO POR: <b>DEPI - GRP</b>	
UBICACIÓN: DISTRITO: SANTA ROSA PROVINCIA: EL COLLAO REGION: PUNO		CARACTERISTICAS: ES UN HITO MONUMENTADO CON CONCRETO CON UN NUCLEO DE FIERRO DE 3/8".	
LATITUD (S) <b>14° 36' 37.10"</b>	Longitud (W) <b>70° 28' 47.33"</b>	COTA ABSOLUTA: <b>4033.963</b>	ZONA UTM: <b>19</b>
NORTE (Y) <b>8127293.280</b>	ESTE (X) <b>424993.782</b>	DATUM: WGS 84	FECHA: ABRIL - 2022
			

**Descripción:**

Para llegar al vértice V-F, se parte del local comunal, hacia la carretera afirmada que va de llave a Ccapazo que está a 335 m. del local, de ahí se dirige con dirección a Ccapazo, a 4.56 km. Al lado izquierdo, se encuentra un pequeño cerro llamado Callanca, en cuya cumbre y a 98 m. se encuentra el vértice. .



### Hoja N° 06

NOMBRE DEL VERTICE <b>V-G</b>		UBICADO POR: <b>DEPI - GRP</b>	
UBICACIÓN: DISTRITO: SANTA ROSA PROVINCIA: EL COLLAO REGION: PUNO		CARACTERISTICAS: <b>ES UN PUNTO PINTADO EN ROCA FIJA CON PINTURA ROJA.</b>	
LATITUD (S) <b>16° 57' 04.81"</b>	Longitud (W) <b>69° 42' 16.22"</b>	COTA ABSOLUTA: <b>4038.127</b>	ZONA UTM: <b>19</b>
NORTE (Y) <b>8125693.930</b>	ESTE (X) <b>424989.208</b>	DATUM: <b>WGS 84</b>	FECHA: <b>ABRIL - 2022</b>
			

#### Descripción:

Para llegar al vértice V-G, se parte del local comunal, hacia la carretera afirmada que va de llave a Ccapazo que está a 335 m. del local, de ahí se dirige con dirección a Ccapazo, a 6.35 km. Al lado derecho, y a 22.50 m. se encuentra el vértice, en el sitio denominado Lipichajaque.

### Hoja N° 07

NOMBRE DEL VERTICE <b>V-H</b>		UBICADO POR: <b>DEPI - GRP</b>	
UBICACIÓN: DISTRITO: SANTA ROSA PROVINCIA: EL COLLAO REGION: PUNO		CARACTERISTICAS: ES UN HITO MONUMENTADO CON CONCRETO CON UN NUCLEO DE FIERRO DE 3/8".	
LATITUD (S) <b>14° 37' 49.37"</b>	Longitud (W) <b>70° 29' 07.36"</b>	COTA ABSOLUTA: <b>4048.288</b>	ZONA UTM: <b>19</b>
NORTE (Y) <b>8124557.040</b>	NORTE (Y) <b>425973.556</b>	DATUM: WGS 84	FECHA: ABRIL - 2022
			

#### Descripción:

Para llegar al vértice V-H, se parte del local comunal, hacia la carretera afirmada que va de llave a Ccapazo que está en dirección este y a 335 m. del local, de ahí se dirige con dirección a Ccapazo, a 7.78 km. Hay que avanzar a pie al lado izquierdo y cruzar un bofedal a 207 m. se encuentra una culata rocosa en cuya cumbre se encuentra el vértice V-H, en el cerro llamado cerro Sarahui.

### 3.4. Estudio geológico y de geotecnia

#### 3.4.1. Generalidades

El estudio Geotécnico dentro del Proyecto denominado Propuesta y diseño para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno, consta de la evaluación de los 18+750 KM tiene como objetivo evaluar de diversos tramos críticos de los canales propuestos, divididos en 4 canales principales para este sistema de irrigación, de los cuales se ha viniendo evaluando las características del suelo, de cada canal propuesto, esto con la finalidad de determinar , mediante ensayos de laboratorio a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, asentamientos y conformaciones nuevas, para luego tomar dicha información y plasmarlo mediante trabajos de gabinete en base a los cuales se definirán los resultados y determinar su uso dentro de la vía que se viene ejecutando, estos objetivos de evaluación son:

El estudio en cada uno de los Canales Principales tiene sus bocatomas y Obras de Arte como acueductos, canoas, pases vehiculares, peatonales; el cual tiene como objetivo estudiar en el campo a través de pozos de exploración o calicatas “a cielo abierto”, así como la evaluación de canteras como material de préstamo, mediante los ensayos de laboratorio a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, para donde se construirá las estructuras, sus propiedades de resistencia, asentamientos y labores de gabinete en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad de cimentación, para luego realizar los cálculos de capacidad portante admisible y luego dar las recomendaciones generales para la cimentación del terreno de fundación donde se implantará las estructuras a construirse.



### 3.4.2. Objetivos del estudio geotécnico

El objetivo del estudio de la mecánica de suelos para el presente estudio nos ayudara a evaluar, controlar y calificar y determinar las condiciones naturales de materiales encontrados en el ámbito de proyecto en estudio, tanto de los canales de riego y de los materiales de préstamo las cuales son las canteras (rocas y suelos) los cuales se ha realizado la exploración mediante la excavación de calicatas dentro del trazo definido, las cuales se extraerá para su estudio y determinación de sus características físicas del suelo en donde se emplazará la infraestructura de los canales de riego, así como la determinación de los tipos de materiales de préstamo que permita evaluar y ejecutar posteriormente las obras bajo condiciones de seguridad y economía.

Otros objetivos del mismo también lo constituyen:

- Dar a conocer el contexto geológico y geotécnico, así como la determinación y evaluación del sub suelo del trazo longitudinal final del canal principal, bocatoma, de acuerdo a la acreditación hídrica en la captación de las bocatomas.
- Evaluación de los materiales de préstamos como son, las canteras de agregados, para el revestimiento de los canales y obras de arte, cantera de roca para la conformación de los tramos críticos, cantera de relleno para la estabilidad de la conformación de la plataforma nueva donde se dará el trazo del canal.

### 3.4.3. Ensayos de mecánica de suelos en laboratorio a realizar

Los trabajos en laboratorio dentro de la obra, consisten en realizar ensayos de muestras obtenidas mediante el muestreo en campo, de las cuales se realizarán por el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto, mediante los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis Granulométricos por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107
- Limite Liquido ASTM D-4318, MTC E 110

- Limite Plástico ASTM D-4318, MTC E 111
- Contenido de Humedad ASTM D-2216, MTC E 108
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Clasificación AASHTO M-145.

### **3.4.4. Evaluación mediante estudios de campo**

#### **3.4.4.1. Metodología de trabajo**

Para el estudio geológico – geotécnico, la metodología definida comprende básicamente una investigación de campo a lo largo de la zona en estudio, para determinar las propiedades geotécnicas de los suelos y rocas presentes en el área del proyecto mediante calicatas exploratorias a cielo abierto. Con la finalidad de obtener muestras representativas en cantidades suficientes, para los ensayos respectivos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos de estas, en ambas fases se realizarán las labores de gabinete, para consignar luego la interpretación en forma gráfica y escrita los resultados del estudio, en tres etapas como sigue.

#### **3.4.4.2. Recopilación de datos**

En esta etapa se efectuó lo siguiente:

- Recopilación bibliográfica, selección y evaluación de la información general desde el punto de vista geológico-geotécnico con planos de INGEMMET 1: 100,000.
- Análisis y evaluación de la documentación referente al área del proyecto.
- Obtención de información geológica-geotécnica, cartográfica y topográfica existente.

#### **3.4.5. Trabajo de campo**

A la presente se viene realizando los siguientes trabajos en campo:

- Se ha verificado el estudio mediante el replanteo de los trazos iniciales de la topografía para poder definir las nuevas exploraciones de las calicatas a cielo abierto a lo largo del eje de canales principales replanteados acuerdo a los parámetros de la profundidad alcanzada obedece a la intensidad y tipos de carga que transmiten al sub-suelo, llegando hasta 1.50m. la ubicación de las calicatas nos permitirá obtener una información confiable y representativa de los suelos potencialmente considerada como subrazante o terreno de fundación a cada 500 m. dependiendo del tipo de tipos de sedimentación.
- Luego se ha realizado el muestreo sistemático en lugares estratégicos y representativos previo a un programa diseñado para cada uno de las estructuras planteadas en el proyecto en estudio de cada 500m, para estos tipos de proyectos, esto en los 04 Canales Principales como Calachaca Modulo – A, Calachaca Modulo – B, Llustacucho Modulo – C y canal nuevo Llustacucho Modulo - D proyectado.
- Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno con su respectiva tarjeta de identificación, para luego ser remitidas al laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.
- Paralelamente se ha realizado hizo el mapeo geológico, exploración y localización de canteras, así como la zonificación de los trazos de los canales, con un reconocimiento del afloramiento de suelo roca y rocas fracturadas, para relleno, fuentes de agua, cantera de roca, zona de botadero, donde han sido evaluadas y comparadas con estudio realizado en etapa de proyecto.

#### **3.4.6. Trabajos gabinete**

En esta etapa se finaliza con los trabajos de campo, por lo que se realizara la elaboración del informe mediante la consolidación de información de los resultados de Laboratorio.

- La fase de procesado de los datos obtenidos en trabajo de campo, se viene elaborando el plano geológico regional, los planos geológicos locales, planos de canteras así mismo se ha elaboración de los perfiles

litológicos de cada una de las calicatas realizadas con sus respectivas fotografías en la zona del proyecto.

- Con los datos obtenidos mediante los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos se va realizar la certificación de los estudios de suelos en etapa de perfil, las cuales acrediten la confiabilidad de los resultados del laboratorio, para lo cual se vienen tomando las muestras cada un kilómetro dentro del trazo del canal principal.
- la interpretación de la geología y geotecnia del subsuelo ha sido corroborada de ambos resultados de Laboratorio para su interpretación y levantamiento de informe final del estudio, planteando soluciones para tomar resultados de acuerdo a la necesidad de los especialistas.
- Finalmente se viene elaborando el informe final del estudio en mención, tomando criterios y experiencias para determinar algunos resultados según resultados básicos del estudio de suelos.

### **3.5. Geotecnia de bocatoma de c. p. calachaca modulo a– b.**

#### **Generalidades**


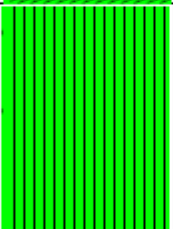
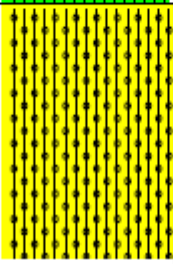
El presente estudio geotécnico de las captaciones de agua denominados bocatomas, tiene por objeto investigar el terreno de fundación de la Bocatoma del sector de calachaca, ubicado en el inicio del Canal Principal Calachaca 0+000 del Módulo A y Modulo B, para ello se han realizado trabajos de campo a través de calicatas “a Cielo Abierto”, mediante los ensayos de laboratorios a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, asentamientos y labores de gabinete en base a los datos obtenidos de los perfiles estratigráficos según la descripción visual – manual según Norma ASTM D 2488, tipo y profundidad de cimentación, capacidad portante admisible, asentamientos, agresión del suelo al concreto, recomendaciones y conclusiones para la cimentación.

#### **3.5.1. Estratigráfico en bocatoma**

En base a la información obtenida de los trabajos de campo mediante la exploración de calicatas y de los ensayos de laboratorio, se han

establecido el perfil estratigráfico de la calicata C-1, Dichos perfiles estratigráficos están hasta una profundidad de 1.80m que a continuación se detallan.

**Tabla N°09 perfil estratigráfico en bocatoma**

ESCALA GRAFICA PROFUNDIDAD m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA OBTENIDA	SIMBOLO	CLASIFICACION EN SUCS AASHTO	DESCRIPCION
0.10	0.30 m.	SI EXISTE N.F. A -1.50	E-1		CL	Material compuesto de suelos residuales de color pardo a negro con raices de platas de la zona
0.20						
0.30						
0.40	0.70 m		E-2		A-6 ML	Material conformado por suelos residuales de color gris a negro hacia profundidad de compacidad media a baja, distribuido uniformemente de textura fina a gruesa a los 1.00m de profundidad.
0.50						
0.60						
0.70						
0.80						
0.90	0.80 m		E-3		A-2.4 SM	Suelos aluviales con presencia de arenas y gravas de densidad suelta a baja presenta nivel freatico hasta la profundidad explorada, hacia profundidad mas de 1.80 gravas sueltas
1.00						
1.10						
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						
1.60						
1.70						
1.80						

### 3.5.1.1. Conformación del subsuelo en bocatoma

#### CALICATA MI (C-01):

0.0– 1.80m, en la parte superficial está conformado por material orgánico, mezcla de gravas superficiales en estratos bien diferenciados con clastos de rocas transportados, continua estrato conformado por material de grava mal gradada también en estratos que aflora de manera notoria con poca cantidad de finos, de color gris claro a pardusco, su estado de compacidad es medio a alto, y material de arena limosa mal gradada como un estrato bien definido como el estrato N°03, no se tiene presencia de agua hasta la profundidad explorada.

**Figura N°08 Vista de calicata explorada en el eje de la bocatoma calachaca**



**Figura N°09 ubicaciones de la bocatoma calachaca**



### **3.5.1.2. Clasificación de suelos en bocatoma**

Según a los resultados de laboratorio de las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y las muestras restantes que no figuran en el cuadro fueron clasificados por pruebas sencillas de campo,

observación y comparación con las muestras representativas ensayadas, donde se realizara a mayor detalle.

**Tabla N°10 clasificación de suelos**

CALICATA	C-01 MI
PROFUNDIDAD m.	0.00 – 1.80
MUESTRA	E-02
% QUE PASA MALLA N° 4	97.80
% QUE PASA MALLA N° 200	26.80
LIMITE LIQUIDO	N.P.
INDICE PLASTICO	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD	17.47%
CLASIFICACION DE SUELOS "SUCS"	SM

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.5.2. Análisis de la cimentación

#### 3.5.2.1. Cálculo de la capacidad portante admisible

Para determinar la capacidad portante de los suelos granulares se determinará para las dos consideraciones de asentamiento tolerables y resistencia al corte del suelo, es generalmente controlada por el primer criterio. Cuando se trata de suelos granulares como es (GP-GW, GW-GM) o más gruesos, en los que no es posible medir su resistencia a la penetración mediante pruebas penetrométricas del tipo de ensayo SPT (Standard Penetración Test) Terzaghi recomienda asumir valor de "N" (Numero de golpes/pie en el SPT) y calcular la capacidad admisible, asumiendo al suelo granular grueso como si fuera una arena a la misma densidad relativa. Así para un valor de  $N=10 - 15$  corresponde a una densidad relativa medianamente densa a suelta.

#### 3.5.2.2. Cálculo de la densidad relativa ( $d_r$ )

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas y a partir del ensayo de campo de densidad natural, obtenida de la grava y arena (SM) en la calicata C-01 MI, se

determinó una densidad natural donde indica que este material se encuentra en un estado de compacidad baja a media.

$$\text{Por Meryehot} : = 25^\circ + 0.15 * D_r$$

### CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE POR CORTE

La capacidad portante en cimentaciones se puede determinar aplicando la siguiente expresión general de Karl Terzaghi:

$q_u = 1.2 * c * N_c + q N_q + 0.40 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots EC - 01$
$q_u = c * N_c + q N_q + 0.50 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots EC - 02$

Dónde:

- $q_u$  : Capacidad de carga.
- $c$  : Cohesión.
- $N_c, N_q, N_\gamma$  : Factores de capacidad de carga
- $\gamma$  : Densidad natural.
- $D_f$  : Profundidad de desplante
- $B$  : Ancho de la cimentación.

La capacidad admisible de carga es calculada como en la ecuación N° 03:

$$q_{adm} = q_u / F.S. \dots\dots\dots E- 03$$

Dónde:

- $q_{adm}$  : Capacidad admisible de carga.
- $F. S.$  : Factor de seguridad (acápite 3.3\_a Norma E-050).

De acuerdo al análisis efectuado y otras consideraciones de carácter geotécnico, la capacidad de carga admisible a nivel de cimentación a una profundidad de 2.00 m. para la construcción de la Bocatoma se ha actualizado en el siguiente ensayo:



## C-01 BOCATOMA CALACHACA – MI

### Tabla N°11 Parámetros de calculo

PARAMETROS DE CALCULO			
ANGULO DE FRICCION	$\phi$	26	Grados
COHESION	C	0	Kg/m <sup>2</sup>
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	Nc	27.09	
	Nq	14.21	
	Nw	9.84	
PESO ESPECIFICO DEL SUELO	PE	1480.00	Kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO DEL SUELO SATURADO	PE	1665.00	Kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO DEL AGUA	PU	1000	Kg/m <sup>3</sup>
PROFUNDIDAD DEL AGUA	Zw	1.6	m.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### Tabla N°12 cálculo de capacidad carga ultima y capacidad portante según a la profundidad

CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi ZAPATA CUADRADA	BASE(m).	1.00	qu	26856.08	Kg/m <sup>2</sup>	26.85508	TN/m <sup>2</sup>	2.69	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.00	qd	10742.432	Kg/m <sup>2</sup>	10.742432	TN/m <sup>2</sup>	1.07	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	37371.48	Kg/m <sup>2</sup>	37.37148	TN/m <sup>2</sup>	3.74	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.50	qd	14948.592	Kg/m <sup>2</sup>	14.948592	TN/m <sup>2</sup>	1.49	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	46181.68	Kg/m <sup>2</sup>	46.18168	TN/m <sup>2</sup>	4.62	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	2.00	qd	18472.672	Kg/m <sup>2</sup>	18472672	TN/m <sup>2</sup>	1.85	Kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### Tabla N°13 cálculo de capacidad carga ultima y capacidad portante según a la profundidad

CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi ZAPATA CORRIDA	BASE(m).	1.00	qu	283012.4	Kg/m <sup>2</sup>	28.3124	TN/m <sup>2</sup>	2.83	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.00	qd	11324.96	Kg/m <sup>2</sup>	11.32496	TN/m <sup>2</sup>	1.13	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	38827.8	Kg/m <sup>2</sup>	38.8278	TN/m <sup>2</sup>	3.88	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.50	qd	15531.12	Kg/m <sup>2</sup>	15.53112	TN/m <sup>2</sup>	1.55	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	47638	Kg/m <sup>2</sup>	47.638	TN/m <sup>2</sup>	4.76	Kg/cm <sup>2</sup>

	PROFUND. (m).	2.00	qd	19055.2	Kg/m <sup>2</sup>	19.0552	TN/m <sup>2</sup>	1.91	Kg/cm <sup>2</sup>
--	---------------	------	----	---------	-------------------	---------	-------------------	------	--------------------

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De acuerdo al análisis efectuado y otras consideraciones de carácter geotécnico, la capacidad de carga admisible a nivel de cimentación a una profundidad de 1.50 m. para la construcción de la Bocatoma será lo siguiente:

- ✓ C-01 qadm con agua será: 1.49 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata cuadrada o rectangular
- ✓ C-01 qadm con agua será: 1.55 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata corrida

### 3.5.2.3. Características geoténicas de los suelos en bocatoma

#### CALICATA 01 LADO IZQUIERDO – MOD. B:

- ✓ Geología : Material conf. depósitos Coluvial y fluviales.
- ✓ Su clasificación SUC : GM. SM
- ✓ Su clasificación AASHTO : A-2-4 (0)
- ✓ % de bolonería y bolones : 0.00 %
- ✓ % de grava : 2.20 %
- ✓ % de arena : 97.40 %
- ✓ % pasante la malla N° 200 : 26.80 %
- ✓ Límites de consistencia : No presenta
- ✓ Resistencia : Media a baja.
- ✓ Cohesión : 0.00 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 25.84°
- ✓ Compresibilidad : Variable a alta.
- ✓ Densidad Natural : 1.48 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible (Prof. 1.50 m) : 1.55 Kg/cm<sup>2</sup> (Z. corrida),
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad :  $K > 10^{+2} - 10^{-1}$  cm /seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 150 a 250 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Medidas Constructivas : Control de T°.
- ✓ Valor como cimentación : regular apoyo

### **3.6. Geotecnia de la bocatoma c.p. llustacucho modulo c y d.**

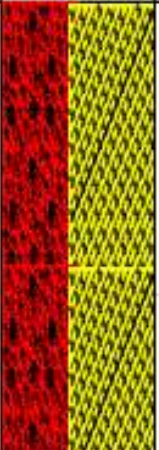
#### **Generalidades**

El presente estudio geotécnico, tiene por objeto investigar el terreno de fundación del Proyecto: Propuesta y diseño para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego del distrito de Santa Rosa provincia de le Collao Región Puno, la Bocatoma proyectada, está ubicado en el inicio del canal principal Llustacucho Modulo C 0+000, para ello se han realizado trabajos de campo a través de calicatas “a Cielo Abierto”, la investigación del subsuelo y extraer muestras para determinar mediante los ensayos de laboratorios a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, asentamientos, en base a los datos obtenidos de campo, determinar y definir en gabinete los perfiles estratigráficos según la descripción visual – manual según Norma ASTM D 2488, tipo y profundidad de cimentación, capacidad portante admisible, asentamientos, conclusiones para determinar así la cimentación de la bocatoma proyectada.

#### **3.6.1. Perfil estratigráfico en bocatoma**

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se han establecido el perfil estratigráfico de la calicata C-1. Dichos perfiles estratigráficos están hasta una profundidad de 1.60m. que a continuación se detallan.

#### **Figura N°10 Perfil estratigráfico en bocatoma**

ESCALA GRAFICA	PROFUNDIDAD 0 m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA CBTENDA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION EN SUCS AASHTO	DESCRIPCION
	0.00	2.00 m.	PRESENCIA DE NF. A 0.60m	E-1		A-24 (0) GP-GM	ESTRATO CONFORMADO POR GRAVA LIMOSA BIEN GRADUADA DE COLOR GRIS CLARO Y SU ESTADO ES SEMI COMPACTO, HAY PRESENCIA DE BOLONERIAS CON TAMAÑOS DE 0.15 - 0.30 m. Y TAMBIEN BLOQUES DE ROCA CON DIAMETROS HASTA 120 m. 77.81% DE GRAVA, 7.89 % DE MATERIAL FINO QUE PASA LA MALLA N° 200, PRESENCIA DE NIVEL FREATICO A 0.80 PROFUNDIDAD EXPLORADA.
	0.10						
	0.20						
	0.30						
	0.40						
	0.50						
	0.60						
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						
	1.10						
	1.20						
	1.30						
	1.40						
	1.60						
	1.80						

### 3.6.2. Conformación del subsuelo en bocatoma

#### CALICATA MI (C-01):

0.00 – 1.60m, en la parte superficial está conformado por mezcla de gravas con bloques de rocas transportados sin material orgánico existente en alrededores, continuando con el estrato, conformado por material de grava mal gradada sub redondeados que aflora de manera notoria con poca cantidad de finos, de color gris claro a pardo, su estado de compacidad es medio a alto, hay presencia de bolonerias de tamaños de 3" - 6" en forma redondeado a sub redondeada, que ha sido transportado en grandes avenidas donde los bloques de roca son de diámetros de 0.80 - 1.00 m., presencia de agua a 0.60m, por lo que dificulta la exploración de la calicata a mayor profundidad, hasta la profundidad explorada se tiene gravas con guijarros.

### 3.6.3. Clasificación de suelos en bocatoma Ilustacucho

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Tabla N°14 Clasificación de suelos

CALICATA	C-01 MI
PROFUNDIDAD m.	0.00 – 1.80
MUESTRA	M - 1
% QUE PASA MALLA N° 4	22.19

% QUE PASA MALLA N° 200	7.89
LIMITE LIQUIDO	N.P.
INDICE PLASTICO	N.P.
CONTENIDO DE HUMEDAD	15.44%
CLASIFICACION DE SUELOS "SUCS"	GP-GM

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.6.4. Análisis de la cimentación

#### 3.6.4.1. Cálculo de la capacidad portante admisible

Para determinar la capacidad portante de los suelos granulares se determinará para las dos consideraciones de asentamiento tolerables y resistencia al corte del suelo, estando generalmente controlada por el primer criterio. Cuando se trata de suelos granulares como es (GP-GM) o más gruesos, en los que no es posible medir su resistencia a la penetración mediante pruebas penetrométricas del tipo de ensayo SPT (Standard Penetración Test) Terzaghi recomienda asumir valor de "N" (Numero de golpes/pie en el SPT) y calcular la capacidad admisible, asumiendo al suelo granular grueso como si fuera una arena a la misma densidad relativa. Así para un valor de  $N=10 - 15$  corresponde a una densidad relativa medianamente densa a suelta al revés.

#### 3.6.4.2. Cálculo de la densidad relativa ( $d_r$ )

Con los resultados de los ensayos en el laboratorio de densidades máximas y mínimas y a partir del ensayo de campo de densidad natural, obtenida de la grava y arena (GP-GM), así mismo en la calicata C-2 MD, se determinó una densidad natural donde indica que este material se encuentra en un estado de compactación baja.

$$\text{Por Meryehot} : = 25^\circ + 0.15 * D_r$$

### CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE POR CORTE

La capacidad portante en cimentaciones se puede determinar aplicando la siguiente expresión general de Karl Terzaghi:

$$q_u = 1.2 * c * N_c + q N_q + 0.40 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots EC - 01$$

$$q_u = c * N_c + q N_q + 0.50 \gamma B N_\gamma \dots\dots\dots EC - 02$$

Dónde:

$q_u$  : Capacidad de carga.

$c$  : Cohesión.

$N_c, N_q, N_\gamma$  : Factores de capacidad de carga

$\gamma$  : Densidad natural.

$D_f$  : Profundidad de desplante

$B$  : Ancho de la cimentación.

La capacidad admisible de carga es calculada como en la ecuación N° 03:

$$q_{adm} = q_u / FS \dots\dots\dots E- 03$$

Dónde:

$q_{adm}$  : Capacidad admisible de carga.

F. S. : Factor de seguridad (acápite 3.3\_a Norma E-050).

### C-01 BOCATOMA LLUSTACUCHO – MI

**Tabla N°15 Parámetros de calculo**

PARAMETROS DE CALCULO			
ANGULO DE FRICCION	$\phi$	34	Grados
COHESION	C	0	Kg/m <sup>2</sup>
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA	$N_c$	52.64	
	$N_q$	36.5	
	$N_w$	38.04	
PESO ESPECIFICO DEL SUELO	PE	1920.00	Kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO DEL SUELO SATURADO	PE	1665.00	Kg/m <sup>3</sup>

PESO UNITARIO DEL AGUA	PU	1000	Kg/m <sup>3</sup>
PROFUNDIDAD DEL AGUA	Zw	0.8	m.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla N°16 Calculo de capacidad carga ultima y capacidad portante según a la profundidad**

CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi <b>ZAPATA CUADRADA</b>	BASE(m).	1.00	qu	99294.72	Kg/m <sup>2</sup>	99.29472	TN/m <sup>2</sup>	9.93	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.00	qd	39717.888	Kg/m <sup>2</sup>	39.717888	TN/m <sup>2</sup>	3.97	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	134334.72	Kg/m <sup>2</sup>	134.33472	TN/m <sup>2</sup>	13.43	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.50	qd	53733.888	Kg/m <sup>2</sup>	53.733888	TN/m <sup>2</sup>	5.37	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	132728.72	Kg/m <sup>2</sup>	132.72872	TN/m <sup>2</sup>	13.27	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	2.00	qd	53091.488	Kg/m <sup>2</sup>	53.091488	TN/m <sup>2</sup>	5.31	Kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla N°17 Calculo de capacidad carga ultima y capacidad portante según a la profundidad**

CALCULO DE CAPACIDAD CARGA ULTIMA Y CAPACIDAD PORTANTE SEGÚN A LA PROFUNDIDAD									
Terzaghi <b>ZAPATA CORRIDA</b>	BASE(m).	1.00	qu	106598.4	Kg/m <sup>2</sup>	106.5984	TN/m <sup>2</sup>	10.66	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.00	qd	42639.36	Kg/m <sup>2</sup>	42.63936	TN/m <sup>2</sup>	4.26	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	141638.4	Kg/m <sup>2</sup>	141.6384	TN/m <sup>2</sup>	14.16	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	1.50	qd	56655.36	Kg/m <sup>2</sup>	56.65536	TN/m <sup>2</sup>	5.67	Kg/cm <sup>2</sup>
	BASE(m).	1.00	qu	140032.4	Kg/m <sup>2</sup>	140.0324	TN/m <sup>2</sup>	14.00	Kg/cm <sup>2</sup>
	PROFUND. (m).	2.00	qd	56012.96	Kg/m <sup>2</sup>	56.01296	TN/m <sup>2</sup>	5.60	Kg/cm <sup>2</sup>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De acuerdo al análisis efectuado y otras consideraciones de carácter geotécnico, la capacidad de carga admisible a nivel de cimentación a una profundidad de 1.50 m. para la construcción de la Bocatoma de Llustacucho será lo siguiente:

- ✓ C-01 qadm con agua será: 5.37 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata cuadrada o rectangular
- ✓ C-01 qadm con agua será: 5.67 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata corrida.

### 3.6.4.3. Características geoténicas de los suelos en bocatoma

#### CALICATA 01 LADO IZQUIERDO:

- ✓ Geología : Depósitos aluviales y fluviales.
- ✓ Su clasificación SUCS : GP-GM (grava limosa mal graduada).
- ✓ Su clasificación AASHTO : A-1-a (0) (mezcla de bolones con grava)
- ✓ % de bolonería y bolones : 15 a 25 %
- ✓ % de grava : 77.81 %
- ✓ % de arena : 22.19 %
- ✓ % pasante la malla N° 200 : 7.89 %
- ✓ Límites de consistencia : No presenta
- ✓ Resistencia : Media a alta.
- ✓ Cohesión : 0.00 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : Alta 33.66°
- ✓ Compresibilidad : Variable a baja.
- ✓ Densidad Natural : 1.92 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible (Prof. 1.50 m) : 5.37 Kg/cm<sup>2</sup> (Z. cuadrada), 67 Kg/cm<sup>2</sup> (Z. corrida)
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad :  $K > 10^1 - 10^{-1}$  cm /seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 350 a 500 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Observaciones : Presencia de nivel freático a 0.60
- ✓ Valor como cimentación : Buen apoyo

### 3.7. Características geotécnicas de los canales principales

#### • TRABAJOS DE CAMPO - CALACHACA

Para la definición los perfiles estratigráficos del área de estudio de los canales principales, se realizaron exploraciones del suelo mediante la apertura de calicatas a cielo abierto y el muestreo del suelo como terreno de fundación del Canal Principal de Calachaca, los cuales se dividen en dos Módulos A y B, que consta de 5+500.00 Km. De longitud los canales principales en ambos módulos.



## Calicatas

Mediante esta exploración a cielo abierto En base a las características de los materiales existentes, para la exploración, se procedió a emplear el método de ensayo a cielo abierto ASTM D-1588, con el objeto de investigar las características de las calicatas del sub-suelo de los puntos de apoyo se llevaron a cabo pozos exploratorios de 1.30 m. 1.50 m. De profundidad, a una distancia cada 500m, se excavaron 08 Calicatas o Pozos de Exploración a cielo abierto en todo el, asignándole como sigue:

**Tabla N°18 Relación de calicatas modulo A**

MODULO - A				
CALICATA	COORDENADAS		PROGRESIVA	ESTRATO
	ESTE	NORTE		
C - 01	426498	8123912	0+000	E=02
C - 02	426244	8124397	0+500	E=02
C - 03	426297	8124906	1+000	E=02
C - 04	426058	8125245	1+500	E=02
C - 05	426060	8125706	2+000	E=02
C - 06	425908	8126336	3+000	E=02
C - 07	425460	8126818	4+000	E=02
C - 08	425184	8127530	5+000	E=02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla N°19 Relación de calicatas modulo B**

MODULO - B				
CALICATA	COORDENADAS		PROGRESIVA	ESTRATO
	ESTE	NORTE		
C - 01	246468	8123910	0+000	E=02
C - 02	426060	8124219	0+500	E=02
C - 03	425769	8124576	1+000	E=02
C - 04	424805	8125738	2+500	E=02
C - 05	423937	8127214	4+500	E=02
C - 06	423685	8128243	5+500	E=02
C - 01	246468	8123910	0+000	E=02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## • TRABAJOS DE CAMPO - LLUSTACUCHO

Para la definición los perfiles estratigráficos del área de estudio de los canales principales de la zona de Llustacucho, se realizaron exploraciones del suelo mediante la apertura de calicatas a cielo abierto y el muestreo del suelo como terreno de fundación del Canal Principal de Llustacucho, los cuales se dividen en dos Módulos C y D, que consta de 5+700.00 Km. Y de 2+050.00 Km. De longitud los canales principales en ambos módulos.

### Calicatas

Se ha realizado la excavación de calicatas en base a las características topográficas del terreno de los materiales existentes, para la exploración de las mismas, se procedió a emplear el método de ensayo a cielo abierto ASTM D-1588, con el objeto de investigar las características geotécnicas de las calicatas del sub-suelo como puntos de apoyo para esta exploración se llevaron a cabo pozos exploratorios de 1.30 m. 1.50 m. De profundidad, a una distancia cada 500m, para ellos se excavaron 10 Calicatas a cielo abierto en toda la longitud de ambos canales, determinando su ubicación y tipo de estrato muestreado, asignándole su ubicación en el siguiente cuadro como se describe:

**Tabla N°20 Relación de calicatas modulo C**

MODULO - C				
CALICATA	COORDENADAS		PROGRESIVA	ESTRATO
	ESTE	NORTE		
C - 01	422139	8128229	0+000	E=02
C - 02	422521	8128565	0+500	E=02
C - 03	422766	8129044	1+150	E=02
C - 04	423014	8129846	2+150	E=02
C - 05	423553	8130212	2+900	E=02

C-07	423723	8130819	4+000	E=02
C-08	424182	8130989	4+700	E=02
C-09	424287	8131504	5+400	E=02
C-01	422139	8128229	0+000	E=02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**Tabla N°21 Relación de calicatas modulo D**

MODULO - D				
CALICATA	COORDENADAS		PROGRESIVA	ESTRATO
	ESTE	NORTE		
C-01	422985	8128545	1+000	E=02
C-02	423467	8128476	1+500	E=02

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.8. Descripción de suelos dentro del canal principal modulo "a"

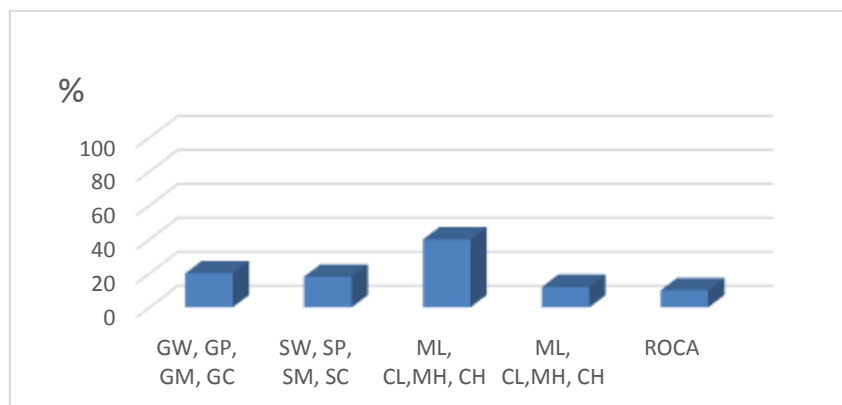
La variedad de suelos que conforman el terreno de fundación por donde se emplazara los canales Principales del sector de Calachaca, presentan perfiles morfológicos definidos, guardando relación con los aspectos geológicos, geomorfológicos descritos anteriormente, así como en los perfiles estratigráficos de las calicatas exploradas.

En todos los kilómetros se ha encontrado que están representados por un suelo de tipo A-1 hasta A-2 en la clasificación AASTHO y en clasificación SUCS GW-GM, CL, ML, constituidos predominantemente por suelos granulares y arenas con pequeños estratos de limos, gravas limosas y gravas arcillosas a lo largo del eje de canal principal del sector de calachaca, las proporciones en las que estos se encontraron son las siguientes, suelos granulares 48%, 52% arenas, limos y 10% de roca suelta:

**Tabla N°22 descripción de material en el tramo**

N°	DESCRIPCION DEL MATERIAL EN EL TRAMO	SIMBOLO	%
1	SUELOS GRAVOSOS	GW, GP, GM, GC	20

2	SUELOS ARENOSOS	SW, SP, SM, SC	18
3	SUELOS FINOS	ML, CL, MH, CH	40
4	SUELOS ORGANICOS	ML, CL, MH, CH	12
5	ROCAS	ROCA	10

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

**Tabla N°23 clasificación de suelos de canal modulo a**

RESUMEN DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LOS CAÑALES CALACHACA MODULO - A															
N° CALICATAS	UBICACIÓN EN (km)	UBICACIÓN		GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL (%)	TIPO DE MATERIAL	
		ESTRATO	Prof.(m)	#200	#40	#4	#2	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO			
C-01	0+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion											LIMOS ARENOSO
		E=2	1.80	12.32	28.71	54.98	82.1	NP	NP	NP	GM	A-1-a(0)	16.44	GRAVA LIMOSA	
C-02	0+500	E=1	0.00	Estrato existente bien conformado											LIMOS GRAVOSOS
		E=2	0.70	17.31	31.88	56.42	81.69	NP	NP	NP	GM	A-1-b(0)	15.22	GRAVA LIMOSA	
C-03	1+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion											LIMOS GRAVOSOS
		E=2	2.10	53.87	86.62	100	100	36.8	24.8	12	ML	A-6(5)	15.22	LIMOS DE BAJA PLASTICIDAD	
C-04	1+5000	E=1	0.00	Estrato existente bien conformado											GRAVAS LIMOSAS
		E=2	2.00	9.41	22.36	45.44	84.44	NP	NP	NP	GP-GM	A-1-a(0)	11.86	GRAVAS MAL GRADADAS, GRAVAS LIMOSAS	
C-05	2+000	E=1	0.00	Estrato existente bien conformado											GRAVAS LIMOSAS
		E=2	2.20	3.9	19.9	50.81	91.89	NP	NP	NP	GP	A-1-a(0)	28.05	GRAVAS MAL GRADADAS	
C-06	3+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion											LIMOS ARENOSOS GRAVOSOS
		E=2	2.10	30.39	60.58	97.4	100	29.9	19.8	10.1	SC	A-2-6(0)	8.85	ARENAS LIMOSAS ARENAS ARCILLOSAS	
C-07	4+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion											LIMOS ARENOSOS GRAVOSOS
		E=2	1.90	17.23	29.17	50.29	97.35	30.4	22.3	8.1	GC	A-2-4(0)	11.5	GRAVA ARCILLOSAS	
C-08	5+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion											LIMOS ARENOSOS GRAVOSOS
		E=2	2.00	32.54	44.48	60.39	99.22	30.8	18.7	12.1	GC	A-2-6(0)	12.59	GRAVAS ARCILLOSAS	

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

## CARACTERISTICAS GEOTECNICAS CANAL PRINCIPAL

Según las características geotécnicas del canal se determinarán la geomorfología de los canales principales de los sectores de Calachaca y Llustacucho, definiendo este el canal del módulo "A", considerándose los aspectos principales de interés geotécnico, en el siguiente cuadro:

**Tabla N°24 características geotécnicas canal principal**

CARACTERIZACION GEOLOGICA GEOTECNICA DEL CANAL CALACHACA MODULO "A"								
PROGRESIVA		TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASIFICACION DE MATERIALES			UNIDAD ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION LITOSTRATIGRAFICA DEL TRAMO
DESDE	HASTA			R.F.(%)	R.S(%)	M.S(%)		
0+000	1+600	LADERA MONTAÑOSO	Quebradas y colinas	10%	30%	60%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del inicio del canal modulo "A" conformado por suelos arenas limosas gravosos, semi consolidados mayormente material finos de baja plasticidad de color pardo amarillento blanquesino de consistencia medianamente compacto, material coluvial de facil saturacion, material disgregable.
1+600	2+300	PLANA	Zona Hidromorfica	0%	30%	70%	BOFEDAL	Trazo del canal del modulo "A", conformado por suelos limo arenosos gravosos en menor proporcion, cauce del rio humajalso area hidromorfica (bofedal saturado)de la formacion capillune de color pardo amarillentos de consistencia medianamente compacta, material disgregable.
2+300	3+400	LADERA MONTAÑOSO	Zona de laderas y cerros	20%	50%	30%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del inicio del canal modulo "A", esta conformado por suelos arenas gravosas, semi consolidados por la pendiente de las laderas conformado por material fino de baja plasticidad de coloracion pardo amarillento blanquesino de consistencia compacta a medianamente compacto, material coluvial de facil saturacion, material disgregable por su composicion.
3+400	3+700	PLANA	Zona Hidromorfica	0%	30%	70%	BOFEDAL	Trazo del canal del modulo "A", conformado por suelos limo arenosos gravosos en menor proporcion, cauce del rio humajalso area hidromorfica (bofedal saturado), de la formacion capillune de color pardo amarillentos de consistencia medianamente compacta, material con nivel freatico.
3+700	5+500	LADERA	Zona de laderas y cerros	20%	50%	30%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal del modulo "A" conformado por laderas de los cerros con material coluvial compacto a medianamente compacto, conformado por suelos limo arenosos gravosos, cin un indice de plasticidad baja de la formacion capillune de color pardo blanquesino amarillento, zona de quebrada, material permeable sin prescencia de nivel freatico en algunos sectores.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.8.1. Descripción del canal principal calachaca modulo – a, según su caracterizacion geotecnica

#### PROGRESIVA Km. 0+000 a 1+600 MD.

- ✓ Descripción : Estrato conformado por gravas mal gradadas, tramos de rocas consolidadas y arena limosas, de color pardo gris de consistencia compacto a muy compacto.
- ✓ Su clasificación SUC : GP, GM GC.

- ✓ Nombre : Grava mal gradada, arena limosa.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : menor a 0.055 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 22° - 28°.
- ✓ Compresibilidad : media a alta
- ✓ Densidad Natural : 1.60 a 1.75 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 1.20 a 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 2.24 a 3.60 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-2</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 180 a 250 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Bueno
- ✓ Riesgo de asientos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : Alto a muy bajo
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : En este tramo utilizar enrocado de ribera de rio margen derecho de 0+000 al 0+150, en vista que el canal pasara por el costado de rio.

#### **PROGRESIVA Km. 1+600 a 2+300 MD.**

- ✓ Descripción : estrato conformado por arena limosa de color pardo gris de consistencia compacto a muy compacto.
- ✓ Su clasificación SUC : GP, GM GC,
- ✓ Nombre : Grava mal gradada con arena limosa.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : menor a 0.015 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 28° - 36°.
- ✓ Compresibilidad : Media a alta
- ✓ Densidad Natural : 1.70 a 1.80 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 2.00 a 3.50 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 2.34 a 4.00 Kg/cm<sup>2</sup>

- ✓ Coeficiente de Permeabilidad :  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$  cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 200 a 400 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buena
- ✓ Riesgo de asientos : bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Tramos con suelos granulares no necesita mejoramiento, desbroce de 0.30cm, área estable.

### **PROGRESIVA Km. 2+300 a 3+400 MD.**

- ✓ Descripción : Estrato conformado por arena limosa de color pardo gris de consistencia compacto a muy compacto.
- ✓ Su clasificación SUC : ML, CL
- ✓ Nombre : Limos y arcillas de baja plasticidad.
- ✓ Resistencia : Baja
- ✓ Cohesión : Menor a 0.122 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 12° - 16°.
- ✓ Compresibilidad : Alta
- ✓ Densidad Natural : 1.40 a 1.58 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 0.20 a 0.60 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 0.80 a 0.95 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad :  $10^{-6}$  a  $10^{-8}$  cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 80 a 120 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Pobre susceptible a la compresión.
- ✓ Riesgo de asientos : Medio
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : Medio a alto
- ✓ Características de drenaje : Muy pobre.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Su nivel freático está a una profundidad de 0.20 m. en época de verano y son considerados

como zonas hidromorficas, producto de canal de irrigación rustico existente de la zona.

### **PROGRESIVA Km. 3+400 a 3+700 MD.**

- ✓ Descripción : Material conformado por gravas limosas, limos y arcillas de baja plasticidad de color pardo claro de consistencia compacto a medianamente compacto.
- ✓ Su clasificación SUC : GC, SC, ML; CL.
- ✓ Nombre : Grava limosa, gravas arcillosas.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : Menor a 0.150 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 22° - 30°.
- ✓ Compresibilidad : Media a baja
- ✓ Densidad Natural : 1.60 a 1.80 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 1.72 a 2.40 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 2.00 a 3.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-6</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 180 a 300 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buena.
- ✓ Riesgo de asentos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : Bajo a muy bajo
- ✓ Características de drenaje : Pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : No hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Desbroce 0.30, no necesita mejoramiento, buena resistencia en su capacidad portante del suelo.

### **PROGRESIVA Km. 3+700 a 5+500 MD.**

- ✓ Descripción : Material conformado por arenas limosas y limos arcillosos de color pardo a gris de consistencia medianamente compacto a muy compacto.
- ✓ Su clasificación SUC : SM; ML; CL.
- ✓ Nombre : Arena limosa limo arcillosa.



- ✓ Resistencia : variable a baja
- ✓ Cohesión : 0.125 – 0.200 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 24° - 26°.
- ✓ Compresibilidad : media a alta
- ✓ Densidad Natural : 1.62 a 1.78 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 1.00 a 1.60 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 1.26 a 1.80 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-5</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 180 a 300 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buena a regular
- ✓ Riesgo de asientos : bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo a medio
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Tramo final del Canal Principal Calachaca MD, presenta hacia superficie con bloques de roca de mayores de 1.20x1.00 en promedio, donde se necesita desbroce de material orgánico y las rocas volcánicas muy resistentes.

### 3.8.2. Descripción de suelos dentro del canal principal modulo “b”

La variedad de suelos que conforman el terreno de fundación por donde se emplazara los canales Principales del sector de Calachaca, presentan perfiles morfológicos definidos, guardando relación con los aspectos geológicos, geomorfológicos descritos anteriormente, así como en los perfiles estratigráficos de las calicatas exploradas.

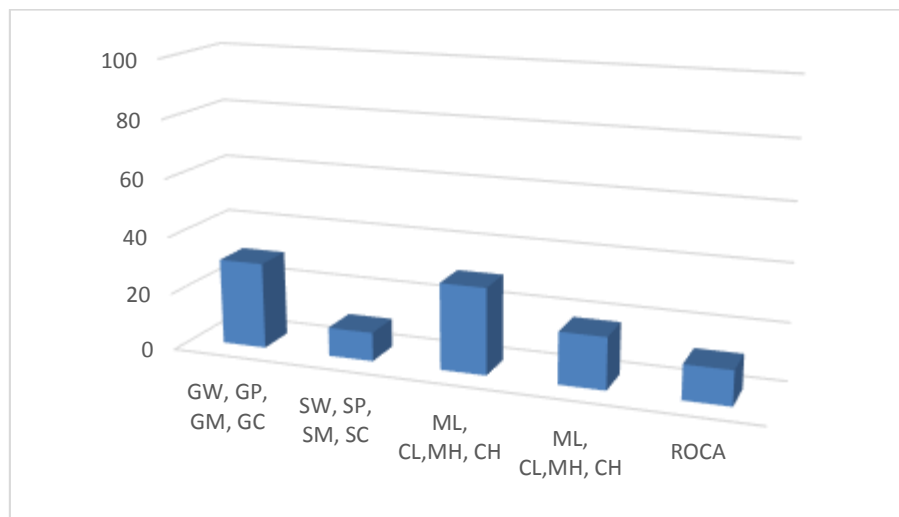
En todas las progresivas se ha encontrado materiales, que están representados por un suelo de tipo A-1 hasta A-2 en la clasificación AASTHO y en clasificación SUCS GW–GP, GP-GM, SM-SC, SM-ML, constituidos predominantemente por suelos granulares y arenas con pequeños estratos de limos, gravas limosas y gravas arcillosas, y material rocoso (roca) a lo largo del eje de canal principal del sector de Calachaca, las proporciones en las que estos se encontraron son las

siguientes, suelos granulares 40%, 48% arenas, limos y 12% de roca suelta:

**Tabla N°25 Descripción de material en el tramo**

N°	DESCRIPCION DEL MATERIAL EN EL TRAMO	SIMBOLO	%
1	SUELOS GRAVOSOS	GW, GP, GM,	30
2	SUELOS ARENOSOS	SW, SP, SM, SC	10
3	SUELOS FINOS	ML, CL, MH, CH	30
4	SUELOS ORGANICOS	ML, CL, MH, CH	18
5	ROCAS	ROCA	12

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



**Tabla N°26 clasificación de suelos de canal modulo b**

RESUMEN DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LOS CANALES CALACHACA MODULO - B														
N° CALICATAS	UBICACIÓN EN (km)	UBICACIÓN		GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL (%)	TIPO DE MATERIAL
		ESTRATO	Prof.(m)	#200	#40	#4	#2	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO		
C-01	0+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS ARENOSO
		E=2	1.30	26.95	68.75	98.2	100	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)	16.79	GRAVA LIMOSA
C-02	0+500	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion										LIMOS GRAVOSOS
		E=2	1.10	58.45	85.85	95.15	100	NP	NP	NP	ML	A-4(5)	23.88	LIMOS MAL GRADADAS, GRAVAS LIMOSAS
C-03	1+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion										LIMOS ARENOSOS
		E=2	1.30	54	80.85	94.85	100	NP	NP	NP	ML	A-4(4)	23.98	LIMOS MAL GRADADAS, GRAVAS LIMOSAS
C-04	2+500	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion										LIMOS ARENOSOS GRAVOSOS
		E=2	1.20	45.4	80.1	96.65	100	NP	NP	NP	SM	A-2(2)	14.99	ARENAS LIMOSAS ARENAS ARCILLOSAS
C-05	4+500	E=1	0.00	Estrato existente bien conformado										LIMOS ARENOSOS GRAVOSOS
		E=2	1.10	39.6	90.55	99.3	100	NP	NP	NP	SM	A-4(1)	19.23	ARENAS LIMOSAS ARENAS ARCILLOSAS
C-06	5+500	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion										LIMOS ARENOSOS GRAVOSOS
		E=2	1.20	25.6	77.6	100	100	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)	17.46	GRAVA ARCILLOSAS

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

### CARACTERISTICAS GEOTECNICAS CANAL PRINCIPAL

La determinación de la geomorfología de los canales principales de los sectores de Calachaca y Llustacucho, así como este canal descrito como modulo "B", se define los aspectos principales de interés geotécnico, así como en las características geológicas más destacadas, tanto en roca como en suelos los cuales se describen en el siguiente cuadro:

### Tabla N°27 Caracterización geológica geotécnica del canal calachaca Modulo B

CARACTERIZACION GEOLOGICA GEOTECNICA DEL CANAL CALACHACA MODULO "B"								
PROGRESIVA		TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASIFICACION DE MATERIALES			UNIDAD ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION LITOSTRATIGRAFICA DEL TRAMO
DESDE	HASTA			R.F.(%)	R.S(%)	M.S(%)		
0+000	0+700	LADERA MONTAÑOSO	Quebradas y colinas	10%	30%	60%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal modulo "B" conformado por suelos arenas limosas gravosos, semi consolidados mayormente material finos de baja plasticidad de color pardo amarillento de consistencia medianamente compacto, material de facil saturacion, material disgregable.
0+700	0+900	PLANA	Zona Hidromorfica	0%	40%	60%	BOFEDAL	Trazo del canal del modulo "B", conformado por suelos limo arenosos gravosos, cauce del rio humajalso area hidromorfica (bofedal)de la formacion capillune de color pardo amarillentos de consistencia compacta, material disgregable y fracturado.
0+900	3+100	LADERA	Zona de laderas y cerros	10%	50%	40%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal del modulo "B" conformado por laderas de los cerros con material coluvial, conformado por suelos limo arenosos gravosos, de la formacion capillune de color pardo blanquesino amarillento, zona de quebrada de consistencia medianamente compacta, material permeable con prescencia de nivel freatico en algunos sectores.
3+100	5+500	LADERA MONTAÑOSO	Quebradas y colinas	30%	40%	30%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal del modulo "B", conformado por laderas de los cerros con material coluvial, conformado por suelos limo arenosos gravosos, de la formacion capillune de color pardo blanquesino amarillento, prescencia de zonas de quebrada de consistencia medianamente compacta, material permeable sin prescencia de nivel freatico.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.8.3.1. Descripción del canal principal calachaca modulo – b, según su caracterización geotécnica

#### PROGRESIVA Km. 0+000 a 0+700 MI.

- ✓ Descripción : Estrato conformado por arena limosa y arena tramos de gravas y arenas limosas, con presencia de grava de color gris pardo de consistencia medianamente compacto a suelto de Rio Túpala donde está ubicado Bocatoma de calachaca.
- ✓ Su clasificación SUC : GM, SM
- ✓ Nombre : Gravas de baja plasticidad, Arena limosa.
- ✓ Resistencia : variable a baja
- ✓ Cohesión : 0.010 – 0.012 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 18° - 28°.

- ✓ Compresibilidad : baja a media
- ✓ Densidad Natural : 1.52 a 1.65 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 0.85 a 1.20 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 1.00 a 1.65 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-5</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 150 a 350 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Regular a muy pobre
- ✓ Riesgo de asentos : medio a alto
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Asentamiento alto, desbroce a partir de 0.30 material orgánico, requiere mejoramiento por material de préstamo antes del relleno enrocado.

#### **PROGRESIVA Km. 0+700 a 0+900 MI.**

- ✓ Descripción : Estrato conformado por grava mal gradada con arena limosa de color pardo con compacidad baja a media y está constituido por 60 % de grava, 8.12% pasante la malla N° 200, LL=NP, IP=NP, si hay presencia NF a los 0.80 por presentar cause de Rio Humajalso.
- ✓ Su clasificación SUC : GW, GP, GM,
- ✓ Nombre : Grava limosa de mala gradación.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : 0.10 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 32° - 38°.
- ✓ Compresibilidad : Baja
- ✓ Densidad Natural : 1.60 a 1.75 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 2.00 a 2.80 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 2.60 a 3.02 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>+2</sup> a 10<sup>-2</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 300 a 400 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buena

- ✓ Riesgo de asentamientos : Muy bajo
- ✓ Características de drenaje : Excelente.
- ✓ Nivel freático : Presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Se debe realizar los resultados en etapa de construcción donde Estribo Derecho es roca volcánica con  $Q_{adm}.18.00 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **PROGRESIVA Km. 0+900 a 3+100 MI.**

- ✓ Descripción : Estrato conformado por gravas mal gradadas con presencia de arenas limosa de color pardo gris de consistencia compacto a muy compacto y estratos de arena en tramos definidos.
- ✓ Su clasificación SUC : GM, GP, SM-SC,
- ✓ Nombre : Grava arena limosa, arena arcillosa.
- ✓ Resistencia : variable a baja
- ✓ Cohesión :  $0.125 - 0.250 \text{ Kg/cm}^2$ .
- ✓ Angulo de fricción :  $23^\circ - 30^\circ$ .
- ✓ Compresibilidad : media a alta
- ✓ Densidad Natural :  $1.60 \text{ a } 1.80 \text{ gr/cm}^3$ .
- ✓ Carga admisible húmedo :  $0.90 \text{ a } 2.50 \text{ Kg/cm}^2$
- ✓ Carga admisible seco :  $1.40 \text{ a } 2.52 \text{ Kg/cm}^2$
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad :  $10^{-2} \text{ a } 10^{-5} \text{ cm / seg.}$
- ✓ Módulo de elasticidad :  $200 \text{ a } 300 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✓ Valor como cimentación : Buen a regular
- ✓ Riesgo de asentamientos : bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : presencia de nivel freático dentro de la progresiva 1+000 y 3+100 (áreas puntuales).
- ✓ Construcción : Con tramo Hidromorfo por la presencia de filtración de aguas de canal existente, donde se tiene

que reemplazar 0.50cm en promedio material orgánico con material de relleno a lo largo del tramo indicado.

### **PROGRESIVA Km. 3+100 a 5+500 MI.**

- ✓ Descripción : Estrato conformado por gravas mal gradadas con presencia de arenas limosa con mezclas de arenas y limos de color pardo gris de consistencia compacto.
- ✓ Su clasificación SUC : GM, SM, SC, ML
- ✓ Nombre : Grava arena limosa arena arcillosa.
- ✓ Resistencia : variable a baja
- ✓ Cohesión : 0.105 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 20° - 26°.
- ✓ Compresibilidad : media a alta
- ✓ Densidad Natural : 1.50 a 1.60 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 0.80 a 1.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 1.00 a 1.25 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-4</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 160 a 240 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buen a regular
- ✓ Riesgo de asientos : bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo A medio
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Tramos de rocas duras y suelos donde están descritas en el cuadro de Caracterización Geotécnica de Canal Principal "C" MI del Sector Llustacucho, desbroce de 0.30cm.

#### **3.8.4. Descripción de suelos dentro del canal principal modulo "c"**

Las características de los suelos que conforman el terreno de fundación por donde se emplazara los canales Principales del sector de Llustacucho, presentan perfiles morfológicos definidos, guardando relación con los aspectos geológicos, geomorfológicos descritos

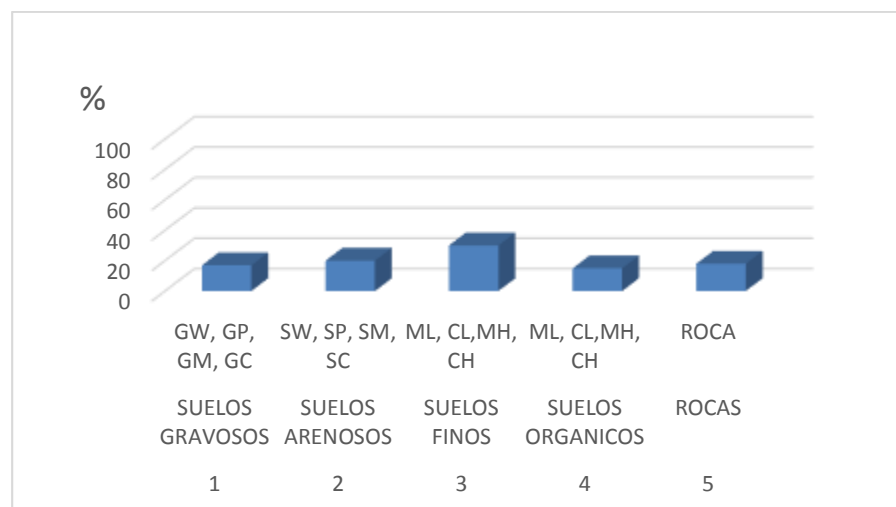
anteriormente, así como en los perfiles estratigráficos descritos de las calicatas exploradas.

Dentro de las progresivas proyectadas de los canales se ha encontrado materiales, que están representados, según su clasificación por un suelo de tipo A-1 hasta A-2 en la clasificación AASTHO y en clasificación SUCS GP-GM, SM-SC, CL, constituidos predominantemente por suelos granulares y arenas con pequeños estratos de limos, gravas limosas y gravas arcillosas a lo largo del eje de canal principal del sector de Llustacucho, las proporciones en las que estos se encontraron son las siguientes, suelos granulares 20%, 65% arenas, limos y 25% de roca suelta:

**Tabla N°28 descripción de material en el Tramo**

N°	DESCRIPCION DEL MATERIAL EN EL TRAMO	SIMBOLO	%
1	SUELOS GRAVOSOS	GW, GP, GM,	17
2	SUELOS ARENOSOS	SW, SP, SM, SC	20
3	SUELOS FINOS	ML, CL, MH, CH	30
4	SUELOS ORGANICOS	ML, CL, MH, CH	15
5	ROCAS	ROCA	18

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA





**Tabla N°29 clasificación de canal C**

RESUMEN DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LOS CANALES LLUSTACUCHO MODULO C														
N° CALICATAS	UBICACIÓN EN (km)	UBICACIÓN		GRANULOMETRIA % QUE PASA				LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL (%)	TIPO DE MATERIAL
		ESTRATO	Prof.(m)	#200	#40	#4	#2	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO		
C-01	0+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con poca vegetacion										LIMOS ARENOSO
		E=2	1.80	0.49	48.91	88.53	100	29.95	24.12	5.83	SP	A-1-b(0)	22.75	GRAVA LIMOSA LIMOS ARENOSOS
C-02	0+500	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS GRAVOSOS
		E=2	0.70	32.45	52.95	66.85	100	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)	18.99	GRAVAS LIMOSAS
C-03	1+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS ARENOSOS
		E=2	1.00	22.65	31.5	50.65	100	NP	NP	NP	GM	A-1-b(0)	19.61	GRAVA MAL GRADADA LIMOS ARENOSOS
C-04	2+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS ARENOSOS GRAVOSOS
		E=2	1.00	47.15	67.05	85.65	100	NP	NP	NP	SM	A-4(2)	29.96	GRAVAS LIMOSAS
C-05	3+100	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS ARENOSOS
		E=2	0.90	29.55	65.35	79.55	100	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)	17.87	GRAVAS LIMOSAS
C-06	4+000	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS ARENOSOS
		E=2	1.50	4.6	15.34	38.79	78.13	13.66	NP	NP	GP	A-1-a(0)	13.66	GRAVA MAL GRADADA LIMOS ARENOSOS
C-07	4+800	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS ARENOSOS
		E=2	1.50	53.1	94.35	98.35	100	NP	NP	NP	ML	A-4(4)	32.88	LIMOS ARCILLOSOS ARENOSOS
C-08	5+500	E=1	0.00	Estrato existente conformado con vegetacion										LIMOS ARENOSOS
		E=2	1.20	29.05	76.65	90	100	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)	13.35	LIMOS ARCILLOSOS ARENOSOS

**FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

### CARACTERISTICAS GEOTECNICAS CANAL PRINCIPAL

La determinación geomorfológica mediante la característica geotécnica de los canales principales de sector de Llustacucho, así como este canal descrito como modulo "C", se define los aspectos principales de interés geotécnico, así como en las características geológicas más destacadas con la clasificación de suelos y el grado de sensibilidad de los suelos, esto con la finalidad de cuantificar los tipos de suelos, tanto en roca como en suelos los cuales se describen en el siguiente cuadro:

**Tabla N°30 caracterización geológica geotécnica del canal de calachaca modulo C**

CARACTERIZACION GEOLOGICA GEOTECNICA DEL CANAL CALACHACA MODULO "C"								
PROGRESIVA		TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASIFICACION DE MATERIALES			UNIDAD ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION LITOSTRATIGRAFICA DEL TRAMO
DESDE	HASTA			R.F.(%)	R.S(%)	M.S(%)		
0+000	0+500	LADERA MONTAÑOSO	Zona de laderas y cerros	10%	30%	60%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal modulo "C" conformado por suelos arenas limosas gravosos, semi consolidados mayormente material de gravas con finos de baja plasticidad de color pardo de consistencia medianamente compacto, material de facil saturacion, material disgregable por la presencia de las gravas sub angulosas.
0+500	2+300	LADERA	Quebradas y colinas	20%	40%	40%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal del modulo "C", conformado por suelos gravas arenosos, producto de la deposicion de los materiales coluviales de la formacion Capillune de color pardo blanquesinos con bloques sub angulosos clastos transportados hasta de 3" de consistencia compacta, material suelto y fracturado.
2+300	2+800	LADERA	Zona Hidromorfica	0%	30%	70%	BOFEDAL	Trazo del canal del modulo "C", conformado por suelos limo arenosos gravosos, margen izquierdo del cauce del rio chichillapi area hidromorfica (bofedal) area saturada por los canales rusticos existentes dentro de la formacion capillune de color pardo amarillentos de consistencia compacta, material disgregable y fracturado.
2+800	3+600	LADERA ONDULADA	Quebradas y colinas	30%	50%	20%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal del modulo "C", conformado por laderas de los cerros con material coluvial depositado, conformado por suelos limo arenosos gravosos, de la formacion capillune como material coluvial de color pardo blanquesino, presencia de zonas de quebrada de consistencia medianamente compacta, material permeable sin presencia de nivel freatico por el trazo del canal proyectado.
3+600	4+400	LADERA	Zona Hidromorfica	20%	40%	40%	BOFEDAL	Trazo del canal del modulo "C", conformado por suelos limo arenosos gravosos, al margen izquierdo de la ladera de la formacion Capillune area hidromorfica (bofedal) area saturada por los canales rusticos existentes dentro de la formacion de color pardo amarillentos de consistencia compacta.
4+400	5+700	LADERA ONDULADA	Quebradas y colinas	30%	30%	40%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Trazo del canal del modulo "B", conformado por laderas de los cerros con material coluvial depositados al margen del area hidromorfica, conformado por suelos limo arenosos gravosos, de la formacion capillune de color pardo blanquesino, presencia de zonas de quebrada de consistencia medianamente compacta y compacto, material permeable sin presencia de nivel freatico en el trazo del canal existente.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 3.8.4.1. Descripción del canal principal Ilustacucho modulo – c, según su caracterizacion geotecnica

#### PROGRESIVA Km. 0+000 a 0+500 MI.

- ✓ Descripción : estrato conformado por arena limosa de color pardo gris de consistencia compacto a muy compacto y está constituido por Gravas arena limosa y estratos de arena.
- ✓ Su clasificación SUC : GM - SM-SC,

- ✓ Nombre : Grava arena limosa.
- ✓ Resistencia : variable a baja
- ✓ Cohesión : 0.125 – 0.140 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 20° - 24°.
- ✓ Compresibilidad : media a alta
- ✓ Densidad Natural : 1.550 a 1.68 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 0.90 a 1.58 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 1.26 a 2.02 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-4</sup> a 10<sup>-6</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 150 a 200 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buen a regular
- ✓ Riesgo de asentos : bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo presencia aguas pluviales
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático natural.
- ✓ Construcción : No necesita mejoramiento, desbroce 0.30m, densificar el subsuelo.

#### **PROGRESIVA Km. 0+500 a 2+300 MI.**

- ✓ Descripción : material del sub suelo conformado por gravas areno limosas a arcillosa de color gris claro a pardo, medianamente compacto, estrato constituido por sedimentos vulcano sedimentario.
- ✓ Su clasificación SUC : GP - GM-GC,
- ✓ Nombre : Grava limosa a grava arcillosa.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : menor a 0.200 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 26° - 30°.
- ✓ Compresibilidad : bajo
- ✓ Densidad Natural : 1.64 a 1.5 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 1.80 a 2.10 Kg/cm<sup>2</sup>

- ✓ Carga admisible seco : 2.10 a 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-5</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 250 a 400 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Bueno
- ✓ Riesgo de asientos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo a muy bajo
- ✓ Características de drenaje : bueno.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : No necesita mejoramiento.

### **PROGRESIVA Km. 2+300 a 2+800 MI.**

- ✓ Descripción : Sub suelo conformado por arena limosa a arena arcillosa pobremente graduada de color gris pardo a blanco de compacidad suelto si tiene, hay presencia de gravas en forma aislada en cantidad de 10 % mayores de 3".
- ✓ Su clasificación SUC : SM-SC,
- ✓ Nombre : Arena limosa, arena arcillosa.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : 0.00 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 25° - 28°.
- ✓ Compresibilidad : Baja
- ✓ Densidad Natural : 1.48 a 1.55 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 1.25 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 1.60 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-6</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 150 a 250 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Bueno
- ✓ Riesgo de asientos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo a muy bajo
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Desbroce 0.30cm, no necesita mejoramiento, densificar el terreno de fundación.

### PROGRESIVA Km. 2+800 a 3+600 MI.

- ✓ Descripción : Sub suelo conformado por arena limosa a arena arcillosa pobremente graduada de color gris pardo a blanco de compacidad suelto si tiene, hay presencia de gravas en forma aislada en cantidad de 10 % mayores de 3", no presenta nivel freático hasta la profundidad explorada.
- ✓ Su clasificación SUC : SM-SC,
- ✓ Nombre : Arena limosa, arena arcillosa.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : 0.00 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 25° - 28°.
- ✓ Compresibilidad : Baja
- ✓ Densidad Natural : 1.48 a 1.55 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 1.25 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 1.60 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-6</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 150 a 250 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Bueno
- ✓ Riesgo de asentos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo a muy bajo
- ✓ Características de drenaje : pobre a medio.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Desbroce 0.30cm, no necesita mejoramiento, densificar el terreno de fundación.

### PROGRESIVA Km. 3+600 a 4+400 MI.

- ✓ Descripción : Sub-suelo conformado por grava pobremente graduada de color gris pardo de compacidad suelto no tiene plasticidad, no presenta nivel freático, boloneria en forma aislada en cantidad de 10 % mayores de mayores de 3".
- ✓ Su clasificación SUC : GP - GM
- ✓ Nombre : Grava limosa mal gradada.

- ✓ Resistencia : alta
- ✓ Cohesión : 0.0 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 32° - 38°.
- ✓ Compresibilidad : Baja
- ✓ Densidad Natural : 1.72 a 1.86 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 4.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-2</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 300 a 500 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buena
- ✓ Riesgo de asentos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo muy bajo
- ✓ Características de drenaje : buena.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : requiere realizar densificación de suelos en el corte de 2.80m, no necesita mejoramiento, recomendación canal enterrado o entubado para evitar caídas de sedimentos de talud en donde la zona presenta lluvias fuertes, así evitaremos la colmatación de canal.

#### **PROGRESIVA Km. 4+400 a 5+700 MI.**

- ✓ Descripción : Conformado por grava pobremente graduada de color gris pardo de compacidad suelta no tiene plasticidad, no presenta nivel freático, bolonería en forma aislada en cantidad de 10 % mayores de mayores de 3”.
- ✓ Su clasificación SUC : GP - GM
- ✓ Nombre : Grava limosa mal graduada.
- ✓ Resistencia : alta
- ✓ Cohesión : 0.0 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 32° - 39°.
- ✓ Compresibilidad : Baja
- ✓ Densidad Natural : 1.75 a 1.88 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>

- ✓ Carga admisible seco : 4.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-2</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 300 a 500 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buena a excelente
- ✓ Riesgo de asentos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo muy bajo
- ✓ Características de drenaje : buena a excelente
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : Realizar densificación de suelos en el corte de 2.80m, no necesita mejoramiento, recomendación canal enterrado o entubado para evitar caídas de sedimentos de talud en donde la zona presenta lluvias fuertes, así evitaremos la colmatación de canal.

### 3.8.5. Descripción de suelos dentro del canal principal modulo “d”

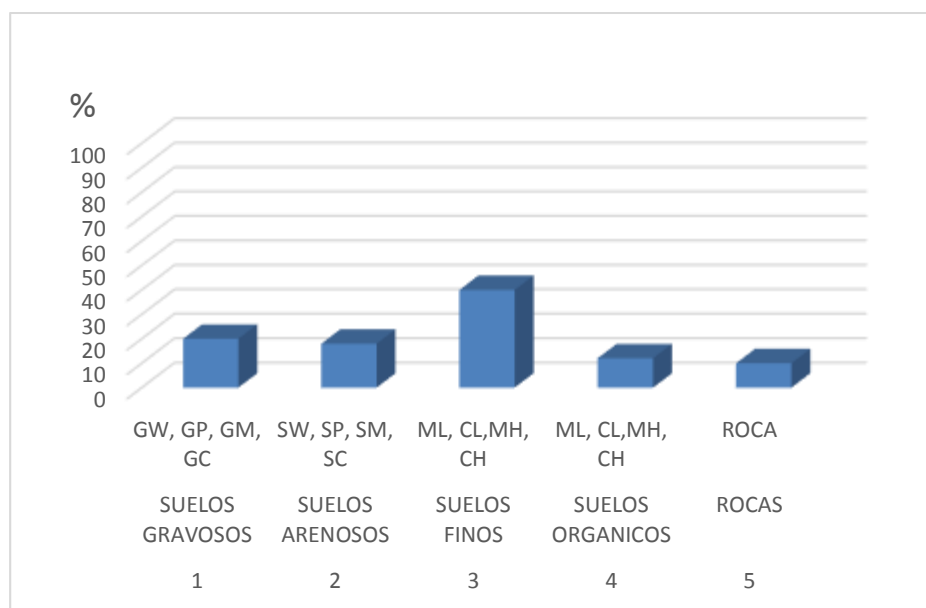
Las características de los suelos que conforman el terreno de fundación por donde se emplazara los canales Principales del sector de Llustacucho y el nuevo canal proyectado denominado modulo “D”, los cuales presentan perfiles morfológicos definidos, guardando relación con los aspectos geológicos, geomorfológicos descritos anteriormente, así como en los perfiles estratigráficos descritos de las calicatas exploradas.

Dentro de las progresivas proyectadas de este nuevo canal, se ha encontrado materiales, que están representados, según su clasificación por un suelo de tipo A-1 hasta A-2 en la clasificación AASTHO y en clasificación SUCS GP-GM, SM-SC, constituidos predominantemente por suelos granulares y arenas con pequeños estratos de limos, gravas limosas y gravas arcillosas a lo largo del nuevo eje de canal nuevo proyectado dentro del sector de Llustacucho, las proporciones en las que estos se encontraron son las siguientes, suelos granulares 20%, 65% arenas, limos y 25% de roca suelta:

### Tabla N°31 Descripción de material en el tramo

N°	DESCRIPCION DEL MATERIAL EN EL TRAMO	SIMBOLO	%
1	SUELOS GRAVOSOS	GW, GP, GM,	20
2	SUELOS ARENOSOS	SW, SP, SM, SC	18
3	SUELOS FINOS	ML, CL,MH, CH	40
4	SUELOS ORGANICOS	ML, CL,MH, CH	12
5	ROCAS	ROCA	10

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



## CARACTERISTICAS GEOTECNICAS CANAL PRINCIPAL

La determinación geomorfológica mediante la característica geotécnica de los canales principales de sector de Llustacucho, así como este canal nuevo proyectado, descrito como modulo “D”, se define los aspectos principales de interés geotécnico, así como en las características geológicas más destacadas con la clasificación de suelos y el grado de sensibilidad de los suelos, esto con la finalidad de cuantificar los tipos de suelos dentro de su trayecto, tanto en roca como en suelos los cuales se describen en el siguiente cuadro:



**Tabla N°32 Caracterización geológica geotécnica del canal calachaca módulo D**

CARACTERIZACION GEOLOGICA GEOTECNICA DEL CANAL CALACHACA MODULO "D"								
PROGRESIVA		TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASIFICACION DE MATERIALES			UNIDAD ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION LITOSTRATIGRAFICA DEL TRAMO
DESDE	HASTA			R.F.(%)	R.S(%)	M.S(%)		
0+000	1+200	LADERA MONTAÑOSO	Zona de laderas y cerros	10%	50%	40%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Traza del canal nuevo proyectado modulo "D" conformado por material de gravas areno limosas semi consolidados mayormente material de gravas con bloques de roca boloneria sub angulosos y sub redondeados, con finos de baja plasticidad de color pardo a pardo amarillento de consistencia medianamente compacto, material de poca saturacion, material consolidado por la presencia de las gravas sub angulosas gravas hasta 01 m de longitud.
1+200	1+300	LADERA	Zona Hidromorfica	0%	30%	70%	BOFEDAL	Traza del canal nuevo proyectado del modulo "D", conformado por suelos limo arenosos gravosos, margen derecho del trazo del canal proyectado area hidromorfica (bofedal) con material saturado por los el margen del cauce del rio chichillapi y de canales rusticos existentes dentro de la formacion capillune, de color pardo amarillentos de consistencia compacta, material disgregable y fracturado.
1+300	2+050	LADERA ONDULADA	Quebradas y colinas	10%	30%	60%	MATERIAL COLUVIAL DE LA FORMACION CAPILLUNE	Traza del canal del modulo "D", conformado por material de las laderas de los cerros con material coluvial depositado, conformado por suelos limo arenosos gravosos, de la formacion capillune como material coluvial de color pardo blanquesino, presencia de zonas de quebrada de consistencia medianamente compacta, material permeable sin presencia de nivel freatico dentro del trazo del canal proyectado.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**3.8.5.1. Descripción del canal principal Ilustacucho modulo – d, según su caracterizacion geotecnica**

**PROGRESIVA Km. 0+000 a 1+200 MD.**

- ✓ Descripción Sub-suelo conformado por grava pobremente graduada de color gris pardo de compacidad suelto no tiene plasticidad, no presenta nivel freático, boloneria en forma aislada en cantidad de 10 % mayores de mayores de 3”.
- ✓ Su clasificación SUC : GP - GM
- ✓ Nombre : Grava limosa mal gradada.
- ✓ Resistencia : alta
- ✓ Cohesión : 0.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

- ✓ Angulo de fricción : 32° - 38°.
- ✓ Compresibilidad : Baja
- ✓ Densidad Natural : 1.72 a 1.86 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 4.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-1</sup> a 10<sup>-2</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 300 a 500 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Buena
- ✓ Riesgo de asentos : Muy bajo
- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo muy bajo
- ✓ Características de drenaje : buena.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : No necesita mejoramiento, desbroce 0.30m, densificar el subsuelo.

#### **PROGRESIVA Km. 1+200 a 2+050 MD.**

- ✓ Descripción : Material del sub suelo conformado por gravas areno limosas a arcillosa de color gris claro a pardo, medianamente compacto, estrato constituido por sedimentos vulcano sedimentario.
- ✓ Su clasificación SUC : GP - GM-GC,
- ✓ Nombre : Grava limosa a grava arcillosa.
- ✓ Resistencia : Alta
- ✓ Cohesión : menor a 0.200 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Angulo de fricción : 26° - 30°.
- ✓ Compresibilidad : bajo
- ✓ Densidad Natural : 1.64 a 1.5 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Carga admisible húmedo : 1.80 a 2.10 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Carga admisible seco : 2.10 a 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Coeficiente de Permeabilidad : 10<sup>-2</sup> a 10<sup>-5</sup> cm / seg.
- ✓ Módulo de elasticidad : 250 a 400 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Valor como cimentación : Bueno
- ✓ Riesgo de asentos : Muy bajo

- ✓ Riesgo de deslizamiento de talud : bajo a muy bajo
- ✓ Características de drenaje : bueno.
- ✓ Nivel freático : no hay presencia de nivel freático.
- ✓ Construcción : No necesita mejoramiento.

### **3.9. Estudio hidrológico**

#### **3.9.1. Oferta hídrica**

##### **3.9.1.1. Disponibilidad de agua a nivel mensualizado**

La Sub cuenca del Río Llusta, no cuenta con información Hidrométrica, siendo necesario disponer de caudales medios mensuales en el punto de interés.

En tal situación muchos estudios hidrológicos recurren a relaciones área – precipitación entre la cuenca del punto de interés y la de una con mediciones hidrométricas. (Generación Determinística)

Las estaciones de Ichuña y Laraqueri fueron de gran apoyo para la generación de los caudales en el punto de interés, siguiendo la siguiente metodología:

Los Modelos Combinados Determinísticos – Estocásticos, son una parte sustancial del proceso hidrológico, incluyendo la variación espacial y temporal de las variables y parámetros hidrológicos, pueden en la actualidad ser descritos, con el uso de modelos de simulación determinística, por un lado; sin embargo por el otro, la información disponible de valores de parámetros y variables de entrada será siempre incompleta. Esta ausencia de un pleno conocimiento, es una fuente importante de incertidumbre en la simulación hidrológica.

En base a esta dualidad, diversos tipos de modelos combinados determinístico - estocásticos han sido desarrollados. Estos modelos, están compuestos por dos partes de similar importancia, llamados así, de capa determinística con estructura estocástica.

Un ejemplo de este tipo de modelos es el desarrollado por Lutz Schölz para la generación de caudales mensuales en la sierra peruana.

### 3.9.1.2. Modelo Lutz Schölz

Este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fue desarrollado por el experto Lutz Schölz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los procedimientos que se han seguido en la implementación del modelo son:

- Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.
- Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

Este modelo fue implementado con fines de pronosticar caudales a escala mensual, teniendo una utilización inicial en estudios de proyectos de riego y posteriormente extendiéndose el uso del mismo a estudios hidrológicos con prácticamente cualquier finalidad (abastecimiento de agua,

hidroelectricidad etc.). Los resultados de la aplicación del modelo a las cuencas de la sierra peruana, han producido una correspondencia satisfactoria respecto a los valores medidos.

### 3.9.1.3. Ecuación de Balance Hídrico

La ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual en mm/mes es la siguiente:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i \quad \text{Ecuación 2-13}$$

Donde:

$CM_i$  = Caudal mensual (mm/mes)

$P_i$  = Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)

$D_i$  = Déficit de escurrimiento (mm/mes)

$G_i$  = Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)

$A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

Asumiendo:

1. Que para períodos largos (en este caso 1 año) el Gasto y Abastecimiento de la retención tienen el mismo valor es decir  $G_i = A_i$ , y
2. Que para el año promedio una parte de la precipitación retorna a la atmósfera por evaporación.

Reemplazando (P-D) por (C\*P), y tomando en cuenta la transformación de unidades (mm/mes a m<sup>3</sup>/seg) la ecuación (4-2) se convierte en:

$$Q = c' * C * P * AR \quad \text{Ecuación 2-14}$$

Que es la expresión básica del método racional.

Donde:

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$c'$  = coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)

$C$  = coeficiente de escurrimiento

$P$  = Precipitación total mensual (mm/mes)

$AR$  = Área de la cuenca ( $m^2$ )

### 3.9.1.4. Coeficiente de Escurrimiento

Se ha considerado el uso de la fórmula propuesta por L. Turc:

$$C = \frac{P - D}{P} \quad \text{Ecuación 2-15}$$

Donde:

$C$  = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

$P$  = Precipitación Total anual (mm/año)

$D$  = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Para la determinación de  $D$  se utiliza la expresión:

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\left(\frac{1}{2}\right)}} \quad \text{Ecuación 2-16}$$

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3$$

Siendo:

$L$  = Coeficiente de Temperatura

$T$  = Temperatura media anual ( $^{\circ}C$ )

Dado que no se ha podido obtener una ecuación general del coeficiente de escurrimiento para la toda la sierra, se ha desarrollado la fórmula siguiente, que es válida para la región sur:

$$C = 3.16 E12 \left(P^{-0.571}\right) \left(EP^{-3.686}\right) \quad r = 0.96 \quad \text{Ecuación 2-17}$$

$$\bar{D} = -1380 + 0.872(P) + 1.032(EP); \quad r = 0.96 \quad \text{Ecuación 2-18}$$

Donde:

$C$  = Coeficiente de escurrimiento

$D$  = Déficit de escurrimiento (mm/año)

$P$  = Precipitación total anual (mm/año)

EP = Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)

R = Coeficiente de correlación

La evapotranspiración potencial, se ha determinado por la fórmula de Hargreaves:

$$EP = 0.0075(RSM)(TF)(FA)$$

Ecuación 2-19

$$FA = 1 + 0.06(AL)$$

Ecuación 2-20

$$RSM = 0.075(RA) \sqrt{\left(\frac{n}{N}\right)}$$

Ecuación 2-21

Donde:

RSM = Radiación solar media

TF = Componente de temperatura

FA = Coeficiente de corrección por elevación

TF = Temperatura media anual (°F)

RA = Radiación extraterrestre (mm H<sub>2</sub>O / año)

(n/N) = Relación entre insolación actual y posible (%)

50 % (estimación en base a los registros)

AL = Elevación media de la cuenca (Km)

Para determinar la temperatura anual se toma en cuenta el valor de los registros de las estaciones y el gradiente de temperatura de -5.3 °C 1/ 1000 m, determinado para la sierra.

### 3.9.1.5. Precipitación efectiva

Para el cálculo de la Precipitación Efectiva, se supone que los caudales promedio observados en la cuenca pertenecen a un estado de equilibrio entre gasto y abastecimiento de la retención. La precipitación efectiva se calculó para el coeficiente de escurrimiento promedio, de tal forma que la

relación entre precipitación efectiva y precipitación total resulta igual al coeficiente de escorrentía.

Para fines hidrológicos se toma como precipitación efectiva la parte de la precipitación total mensual, que corresponde al déficit según el método del USBR (precipitación efectiva hidrológica es el antítesis de la precipitación efectiva para los cultivos).

A fin de facilitar el cálculo de la precipitación efectiva se ha determinado el polinomio de quinto grado:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Ecuación 2-22

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

$a_i$  = Coeficiente del polinomio

La tabla muestra los valores límites de la precipitación efectiva y la tabla 6-2, muestra los tres juegos de coeficientes, al que permiten alcanzar por interpolación valores de C, comprendidos entre 0.15 y 0.45.

**Tabla N°33 Límite superior para la Precipitación Efectiva**

Curva N°	Ecuación	Rango
Curva I	PE = P - 120.6	P > 177.8 mm/mes
Curva II	PE = P - 86.4	P > 152.4 mm/mes
Curva III	PE = P - 59.7	P > 127.0 mm/mes

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Schölz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II



**Tabla N°34 Límite Coeficientes para el Cálculo de la Precipitación Efectiva**

Coeficiente	Curva I	Curva II	Curva III
a <sub>0</sub>	0	0	0
a <sub>1</sub>	-0,0185	0,1358	0,2756
a <sub>2</sub>	0,001105	-0,002296	-0,004103
a <sub>3</sub>	-1,204E-05	4,35E-05	5,53E-05
a <sub>4</sub>	1,440E-07	-8,90E-08	1,24E-07
a <sub>5</sub>	-2,85E-10	-8,79E-11	-1,42E-09

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Schözl Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II

De esta forma es posible llegar a la relación entre la precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Ecuación 2-23

$$\sum_{i=1}^{12} PE_i = \text{Suma de la precipitación efectiva mensual}$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento,

Q = Caudal anual,

P = Precipitación Total anual.

### 3.9.1.6. Retención de la cuenca

Bajo la suposición de que exista un equilibrio entre el gasto y el abastecimiento de la reserva de la cuenca y además que el caudal total sea igual a la precipitación efectiva anual, la contribución de la reserva hídrica al caudal se puede calcular según las fórmulas:

$$R_i = CM_i - P_i$$

Ecuación 2-24

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Ecuación 2-25

Donde:

$CM_i$  = Caudal mensual (mm/mes)

$PE_i$  = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)

$R_i$  = Retención de la cuenca (mm/mes)

$G_i$  = Gasto de la retención (mm/mes)

$A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

$R_i$  =  $G_i$  para valores mayores que cero (mm/mes)

$R_i$  =  $A_i$  para valores menores que cero (mm/mes).

Sumando los valores de G o A respectivamente, se halla la retención total de la cuenca para el año promedio, que para el caso de las cuencas de la sierra varía de 43 a 188 (mm/año).

### 3.9.1.7. Relación entre descargas y retención

Durante la estación seca, el gasto de la retención alimenta los ríos, constituyendo el caudal o descarga básica. La reserva o retención de la cuenca se agota al final de la estación seca; durante esta estación la descarga se puede calcular en base a la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)}$$

Ecuación 2-26

Donde:

$Q_t$  = Descarga en el tiempo t

$Q_0$  = Descarga inicial

A = Coeficiente de agotamiento

t = tiempo

Al principio de la estación lluviosa, el proceso de agotamiento de la reserva termina, comenzando a su vez el abastecimiento de los almacenes hídricos. Este proceso está descrito por un déficit entre la precipitación efectiva y el caudal real. En base a los hidrogramas se ha determinado que el abastecimiento es más fuerte al principio de la estación lluviosa

continuando de forma progresiva pero menos pronunciada, hasta el final de dicha estación.

### 3.9.1.8. Coeficiente de agotamiento

Mediante la Ecuación 4-15 se puede calcular el coeficiente de agotamiento "a", en base a datos hidrométricos. Este coeficiente no es constante durante toda la estación seca, ya que va disminuyendo gradualmente.

Con fines prácticos se puede desprestigiar la variación del coeficiente "a" durante la estación seca empleando un valor promedio.

El coeficiente de agotamiento de la cuenca tiene una dependencia logarítmica del área de la cuenca.

$$a = f(\ln AR) \quad (12)$$

Ecuación 2-27

$$a = 3.1249 E 67 (AR)^{-0.1144} (EP)^{-19.336} (T)^{-3.369} (R)^{-1.429}$$

Ecuación 2-28

si  $r = 0.86$

El análisis de las observaciones disponibles muestra, además cierta influencia del clima, la geología y la cobertura vegetal. Se ha desarrollado una ecuación empírica para la sierra peruana:

En principio, es posible determinar el coeficiente de agotamiento real mediante aforos sucesivos en el río durante la estación seca; sin embargo cuando no sea posible ello, se puede recurrir a las ecuaciones desarrolladas para la determinación del coeficiente "a" para cuatro clases de cuencas:

**Tabla N°35 Cálculo de los Coeficientes de Agotamiento “a”.**

Características de la Cuenca	Relación
<b>Agotamiento muy rápido</b> , por temperatura elevada > 10° C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana.	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.034$
<b>Agotamiento rápido</b> , por retención entre 50 y 80 mm/año	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.030$
<b>Agotamiento mediano</b> , por retención reducida mediana (alrededor 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.026$
<b>Agotamiento reducido</b> , por alta retención (arriba 100 mm/año) y vegetación mezclada	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.023$

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Schölz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II.

Donde:

a = coeficiente de agotamiento por día

AR = área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

EP = evapotranspiración potencial anual (mm/año)

T = duración de la temporada seca (días)

R = retención total de la cuenca (mm/año)

### 3.9.1.9. Almacenamiento hídrico

Tres tipos de almacenes hídricos naturales que inciden en la retención de la cuenca son considerados:

Acuíferos, Lagunas y pantanos, Nevados.

**Tabla N°36 Lámina de Agua acumulada en los tres tipos de almacén Hídrico**

Tipo	Lámina Acumulada (mm/año)		
Napa Freática	Pendiente de la Cuenca		
	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas – Pantanos	500		

Nevados	500
---------	-----

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II

La determinación de la lámina "L" que almacena cada tipo de estos almacenos está dado por:

$$\text{Acuíferos} : L_A = -750(I) + 315 \quad \text{Ecuación 2-29}$$

Siendo:

$L_A$  = Lámina específica de acuíferos

$I$  = Pendiente de desagüe:  $I \leq 15\%$

$$\text{Lagunas y Pantanos} : L_L = 500 \text{ mm/mes}$$

Siendo:

$L_L$  = Lámina específica de lagunas y pantanos

$$\text{Nevados} : L_N = 500 \text{ mm/mes}$$

Siendo:

$L_N$  = lámina específica de nevados

Las respectivas extensiones o áreas son determinadas de los mapas o aerofotografías. Los almacenamientos de corto plazo no son considerados para este caso, estando los mismos incluidos en las ecuaciones de la precipitación efectiva.

La lámina de agua  $A_i$  que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva  $PE_i$  se calcula mediante la ecuación:

$$A_i = a_i \left( \frac{R}{100} \right) \quad \text{Ecuación 2-30}$$

Siendo:

$A_i$  = Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

$a_i$  = Coeficiente de abastecimiento (%)

R = Retención de la cuenca (mm/año)

### 3.9.1.10. Determinación del caudal mensual para un año promedio

Está basado en la ecuación fundamental que describe el balance hídrico mensual a partir de los componentes descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad \text{Ecuación 2-31}$$

Donde:

- CM<sub>i</sub> = Caudal del mes i (mm/mes)
- PE<sub>i</sub> = Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)
- G<sub>i</sub> = Gasto de la retención del mes i (mm/mes)
- A<sub>i</sub> = Abastecimiento del mes i (mm/mes).

### 3.9.1.11. Generación de caudales mensuales para periodos extendidos

A fin de generar una serie sintética de caudales para periodos extendidos, se ha implementado un modelo estocástico que consiste en una combinación de un proceso markoviano de primer orden, según la Ecuación 4-20 con una variable de impulso, que en este caso es la precipitación efectiva en la Ecuación 4-21:

$$Q_t = f(Q_{t-1}) \quad \text{Ecuación 2-32}$$

$$Q = g(PE_t) \quad \text{Ecuación 2-33}$$

Con la finalidad de aumentar el rango de valores generados y obtener una óptima aproximación a la realidad, se utiliza además una variable aleatoria.

$$Z = z(S)\sqrt{(1-r^2)} \quad \text{Ecuación 2-34}$$

$$Q_t = B1 + B2(Q_{t-1}) + B3(PE_t) + z(S)\sqrt{1-r^2} \quad \text{Ecuación 2-35}$$

La ecuación integral para la generación de caudales mensuales es:

Donde:

- $Q_t$  = Caudal del mes  $t$
- $Q_{t-1}$  = Caudal del mes anterior
- $PE_t$  = Precipitación efectiva del mes
- $B_1$  = Factor constante o caudal básico.

Se calcula los parámetros  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $r$  y  $S$  sobre la base de los resultados del modelo para el año promedio por un cálculo de regresión con  $Q_t$  como valor dependiente y  $Q_{t-1}$  y  $PE_t$ , como valores independientes. Para el cálculo se recomienda el uso de software comercial (hojas electrónicas) o de uso específico (programas elaborados tales como el SIH).

El proceso de generación requiere de un valor inicial, el cual puede ser obtenido en una de las siguientes formas:

- Empezar el cálculo en el mes para el cual se dispone de un aforo
- Tomar como valor inicial el caudal promedio de cualquier mes,
- empezar con un caudal cero, calcular un año y tomar el último valor como valor  $Q_0$  sin considerar estos valores en el cálculo de los parámetros estadísticos del período generado.

### 3.9.1.12. Test estadísticos

Para determinar la calidad de la coincidencia de los caudales generados con los observados, se desarrolla la comparación de los promedios y desviaciones tipo de los valores históricos y los generados.

Para probar si los promedios salen de la misma población, se utiliza el test de Student (Prueba "t"). Esta prueba debe ser desarrollada para cada mes.

Se compara el valor de  $t$  con el valor límite  $t_{pn}$  que indica el límite superior que, con una probabilidad de error del  $P\%$ , permite decir que ambos promedios pertenecen a la misma población.

La comparación estadística de promedios se realiza mediante el test de Fischer (Prueba "F"). que se compara con el valor límite  $F_{p/2}(\%)$ ,  $(n_1, n_2)$

### 3.9.1.13. Restricciones del modelo

El modelo presenta ciertas restricciones de uso o aplicación tales como:

- El uso de los modelos parciales, únicamente dentro del rango de calibración establecido.
- Su uso es únicamente para el cálculo de caudales mensuales promedio.
- Los registros generados en el período de secas presentan una mayor confiabilidad que los valores generados para la época lluviosa.
- La aplicación del modelo se restringe a las cuencas en las que se ha calibrado sus parámetros (sierra peruana: Cusco, Huancavelica, Junín, Cajamarca)

Es importante tener en cuenta las mencionadas restricciones a fin de garantizar una buena performance del modelo.

### 3.9.1.14. Aplicación del Modelo Lutz Schölz

Previa selección de la información disponible, en este caso caudales medios mensuales, previamente han sido completados estocásticamente, con esta información confiable se procedió a la calibración del modelo.

**Tabla N°37 Caudales Medios Mensuales para la calibración del Modelo Lutz Schölz**

ESTACION	Altitud	Area (km <sup>2</sup> )	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pte. llave	3850	7770.9	79.8	131.1	103.0	38.5	14.6	10.0	8.5	7.3	6.6	6.1	8.8	15.5

Fuente: Elaboración Propia

Para la calibración del modelo,

Cuatro parámetros serán necesarios determinar su valor, para la calibración del modelo, estos son:

1. El valor del coeficiente de retención R,
2. El coeficiente de escorrentía C,
3. El gasto de retención ( $b_i$ ) que está en función del coeficiente ( $w$ ),
4. El coeficiente de almacenamiento  $a_i$  para el período seco.



El procesamiento de la información se efectuó, haciendo uso de una hoja de cálculo preparada previamente, hasta obtener series de caudales promedio mensuales generados.

A continuación se resumen y explican los detalles del cálculo:

El valor asumido del valor del coeficiente de escorrentía, se partió con un valor de la relación entre el caudal aforado y la precipitación areal de la cuenca.

El resumen de la calibración y la descripción de cada columna se describen a continuación:

**Columna 1.-** Identificación del período seco y días acumulados, para esta región del altiplano se inicia el mes de abril culminando en octubre.

**Columna 2.-** Datos de Precipitación Areal Promedio Mensual de la cuenca en estudio.

**Columnas 3 y 4.-** Cálculo de las precipitaciones efectivas recomendadas en los párrafos anteriores, que nos ayudará en la selección de PEI – PEII, se verifica que la curva esté dentro de los límites.

**Columna 5.-** Cálculo de la precipitación efectiva para cada mes y está dado por la siguiente ecuación:

$$PE = C_1 * PEI + C_2 * PEII \quad \text{Ecuación 2-36}$$

$$C_1 = \frac{C * \sum P - \sum PEII}{\sum PEI - \sum PEII} \quad \text{Ecuación 2-37}$$

$$C_1 = \frac{C * \sum P - \sum PEII}{\sum PEII - \sum PEI} \quad \text{Ecuación 2-38}$$

Para una mejor estimación de la precipitación efectiva se ha calculado la PEI y PEII para toda la serie de la precipitación areal, obteniendo dos series, posteriormente, haciendo uso de la ecuación 5-26, se obtuvo otra serie de PE. De esta última serie se calculó el promedio mensual, y estos valores son los que se muestran en esta columna, permitiendo así ajustar y calibrar mejor hasta lograr su validación.

**Columna 6.-** Es el gasto de la retención ( $b_i$ ), que inicia al final del período lluvioso, y cubre todo el período seco, se hizo uso de la siguiente relación:

$$b_i = e^{-a*t} \quad \text{Ecuación 2-39}$$

$$a = -0.0252 * \ln(AR) + w \quad \text{Ecuación 2-40}$$

Dónde:

- a : Coeficiente de Agotamiento de la cuenca,  
t : Número de días desde el inicio de la temporada seca  
w : Coeficiente a ser calibrado,  
AR : Área de la cuenca

**Columna 7:** Es el gasto de retención en mm/mes, expresada mediante la siguiente relación:

$$G_i = \frac{b_i}{\sum b_i} * R \quad \text{Ecuación 2-41}$$

**Columna 8.-** Abastecimiento de la retención, como las ecuaciones presentadas en el modelo han sido desarrolladas en otras zonas del país, se ha planteado nuevos valores para cada punto de interés o calibración.

**Columna 9.-** Abastecimiento de la retención, expresada en mm/mes dada por la siguiente relación:

$$A_i = a_i * R \quad \text{Ecuación 2-42}$$

**Columna 10.-** Escorrentía generada (mm/mes), es el balance hídrico de la cuenca, y está dada por la siguiente relación:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \quad \text{Ecuación 2-43}$$

Dónde:

- PE<sub>i</sub> : Precipitación efectiva del mes i  
G<sub>i</sub> : Gasto de la Retención del mes i  
A<sub>i</sub> : Abastecimiento de la Retención del mes i

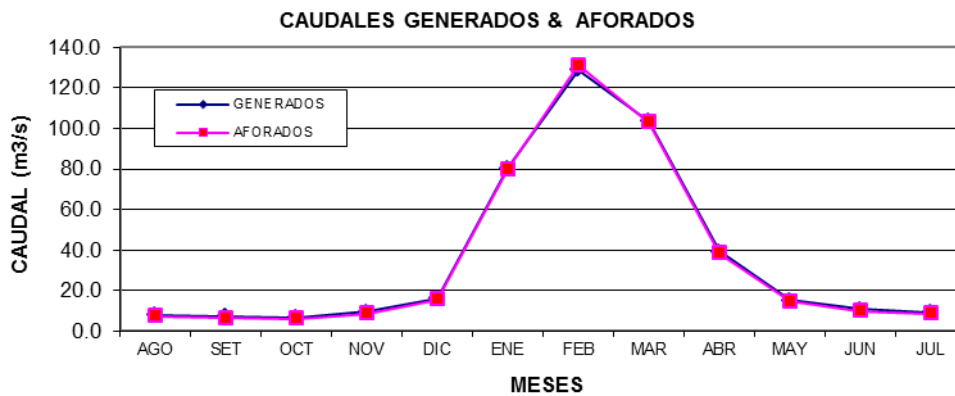
**Columna 11.-** Es la escorrentía Generada, en m<sup>3</sup>/s.

**Columna 12.-** es el caudal mensual aforado, en m<sup>3</sup>/s.

**Columna 13.-** es la escorrentía de aforos en mm/mes.

La calibración de Caudales Medios Mensuales Modelo Lutz Scholz .

**Figura N° 11 Caudales Generados y Aforados Puente llave.**



Fuente: Generación de Caudales – Modelo Lutz Scholz - Duberly Huisa H.

**a. Análisis de Bondad del modelo:**

○ **Prueba T:**

Para verificar si los datos observados y calculados son estadísticamente iguales hay que hallar una T de Student o F de Fisher partiendo de la Hipótesis Nula.

Hipótesis Nula:

Ho: U1= U2

$\alpha > 0.05$

**Tabla N° 38 Análisis de datos T de muestras Observadas y calculadas.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	34.01616474	35.4616495
Varianza	2390.294161	3307.71216
Observaciones	612	612
Coefficiente de correlación de Pearson	0.89354587	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	611	
Estadístico t	-1.378417645	
P(T<=t) una cola	0.084289439	
Valor crítico de t (una cola)	1.647351329	
P(T<=t) dos colas	0.168578877	
Valor crítico de t (dos colas)	1.963854161	

De la tabla podemos observar que el T calculado de la muestra analizada es 1.3784176450 y el T de la tabla es 1.963854161, siendo este valor mayor, lo que nos indica que los datos observados y los datos generados son estadísticamente iguales en un 95% de probabilidad.

Según la tabla de resultados interpretaremos el P valor para dos colas ya que nuestra hipótesis está basada en la desigualdad, interpretaremos el P valor obtenido que es igual a 0.168578877 siendo este mayor al nivel de probabilidad el cual es 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula, señalando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los objetivos, esto da a conocer que los caudales medios mensuales de ambos grupos son similares por lo tanto podemos iniciar con el tratamiento.

### **Coefficiente de Correlación de Pearson**

Con el fin de emplear en forma práctica el coeficiente de correlación lineal producto momentos de Pearson o magnitud de r como un indicador del grado de correlación o asociación entre las variables, se presenta el cuadro.

**Tabla N° 39 Criterio de decisión del coeficiente de correlación de Pearson.**

Coeficiente de Correlación		
	Columna 1	Columna 2
Columna 1	1	
Columna 2	0.89354587	1

**Tabla N°40 Criterio de decisión del coeficiente de correlación de Pearson.**

Para interpretar el coeficiente de correlación (r) que se obtiene, se tiene como criterio de decisión, la siguiente calificación			
1.-	(+) (-) Correlación inexistente	$0.00 \leq r < 0.00$	
2.-	(+) (-) Correlación muy baja	$0.01 \leq r < 0.20$	
3.-	(+) (-) Correlación baja	$0.21 < r > 0.40$	
4.-	(+) (-) Correlación moderada	$0.41 < r > 0.60$	
5.-	(+) (-) Correlación alta	$0.61 < r > 0.80$	
6.-	(+) (-) Correlación muy alta	$0.81 \leq r \leq 0.99$	
7.-	(+) (-) Correlación perfecta	$1.00 \leq r \leq 1.00$	

Fuente: Daza, J. (2006)

Verificando el coeficiente de correlación de Pearson entre los datos observados y calculados según resultados se tiene un índice de correlación muy alta.

### Índice de Nash Sutcliffe

Los parámetros finales presentados en el presente estudio, permitieron establecer los parámetros de control de ajuste en la calibración y validación del modelo que se presentan a continuación:

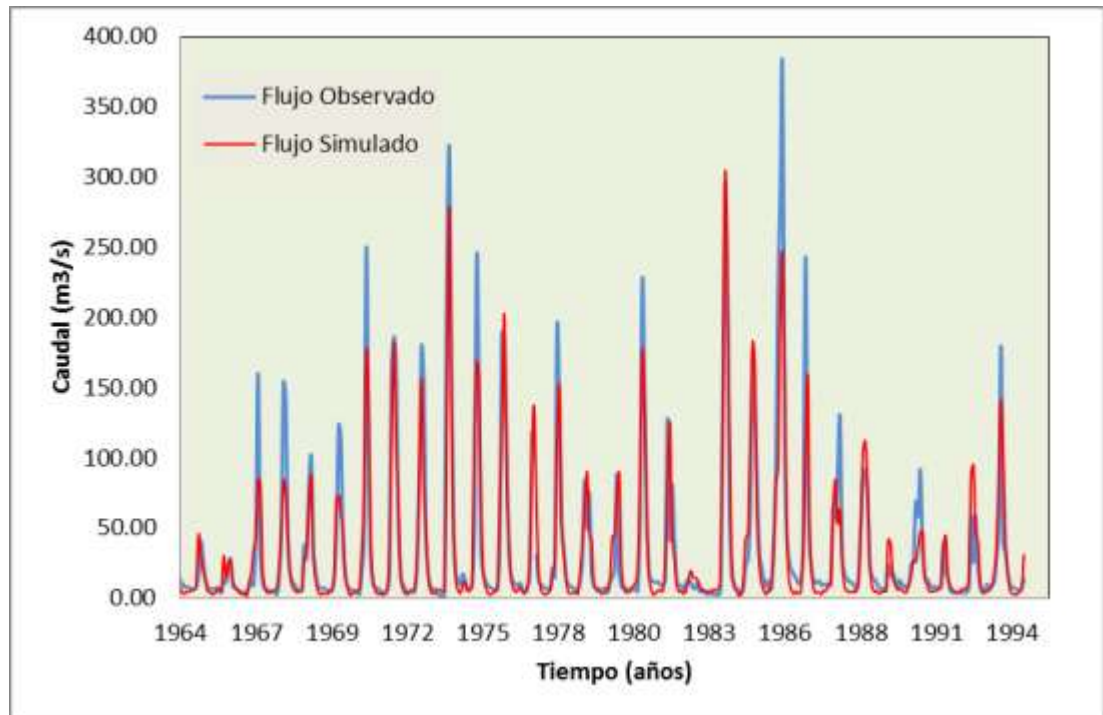
### Calibración

Para la calibración del modelo Hidrológico Lutz Scholtz se consideró el periodo de referencia 1964 – 1994, las variables de entrada fueron los valores medios areales mensuales de la precipitación y caudales de lámina. Se utilizó el modelo en hoja de cálculo de Excel.

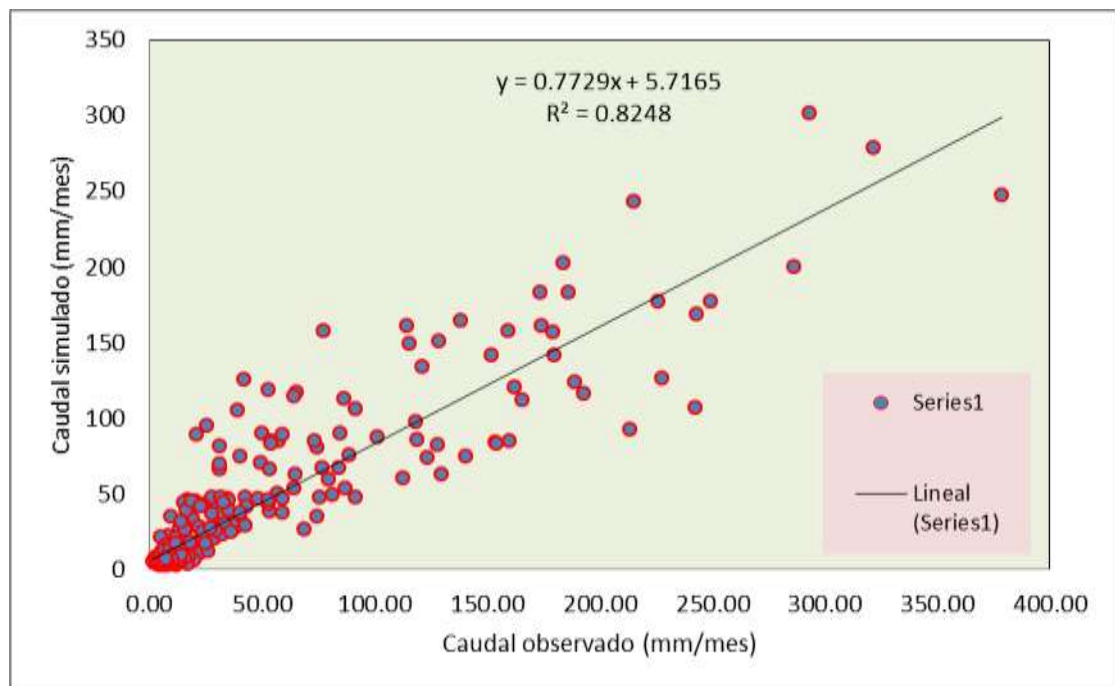
Con el criterio de Nash Sutcliffe se obtuvo 80.4%, el cual es un valor muy bueno (Nash máximo igual a 100.0%), valor que indica que el modelo represento adecuadamente los caudales de esta cuenca.

Como podemos ver en la tabla el modelo simula adecuadamente los caudales en este periodo; además en el cuadro N° 2-35, se aprecia una alta correlación ( $R^2 = 0.83$ ) entre los caudales observados con los simulados.

**Figura N° 12 Caudales medios mensuales generados vs. Caudales de la estación Puente llave.**



**Figura N° 13 Correlación entre los caudales observados y los caudales generados por el modelo. Estación Puente Carretera llave.**

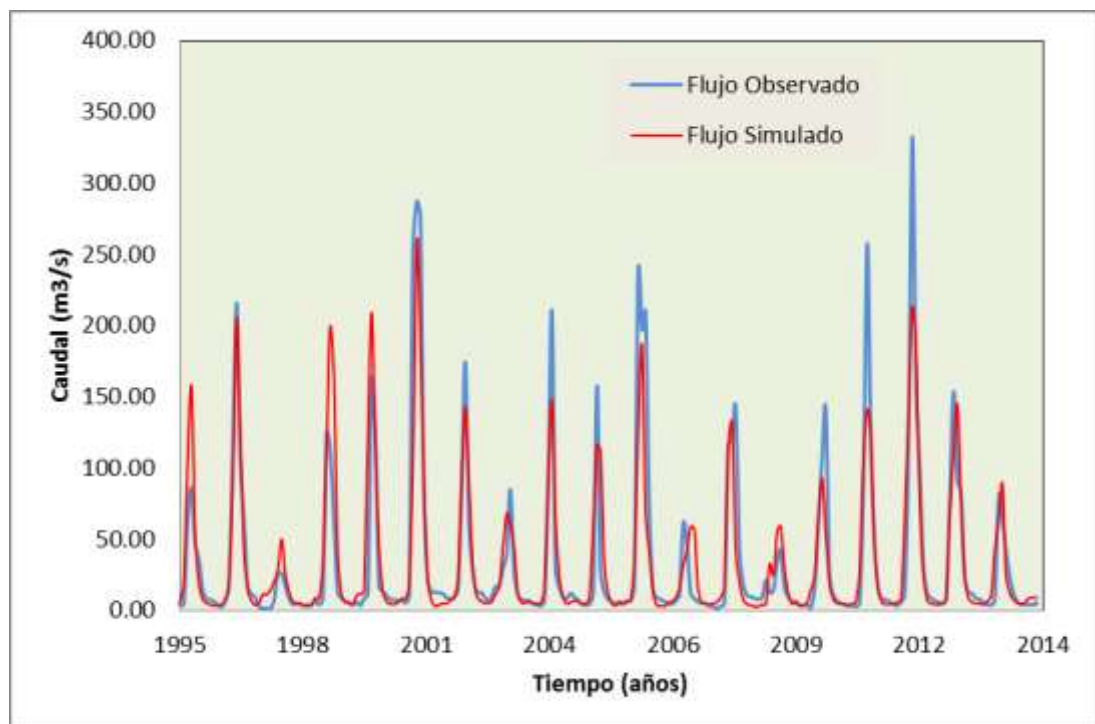


## Validación

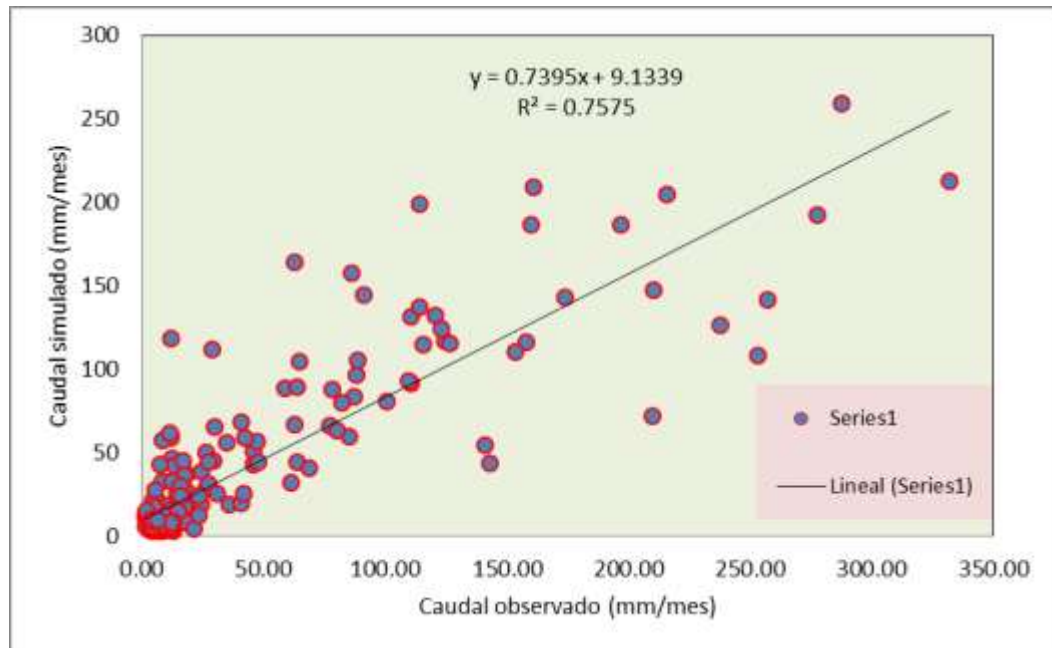
Para la validación del modelo Hidrológico Lutz Scholtz se consideró el periodo de referencia 1995 – 2014.

En la validación se obtuvo 75.7% para el criterio de Nash y se aprecia el coeficiente de correlación  $R^2 = 0.76$ ; todos los valores son muy buenos e indican que el modelo logra representar muy bien los caudales escurridos en la cuenca.

**Figura N° 14 Caudales medios mensuales generados vs. Caudales de la estación Puente llave (Validación).**



**Figura N° 15 Correlación entre los caudales observados y los caudales generados por el modelo. Estación Puente Carretera llave.**



### 3.10. Análisis de persistencia de probabilidad de ocurrencia de caudales

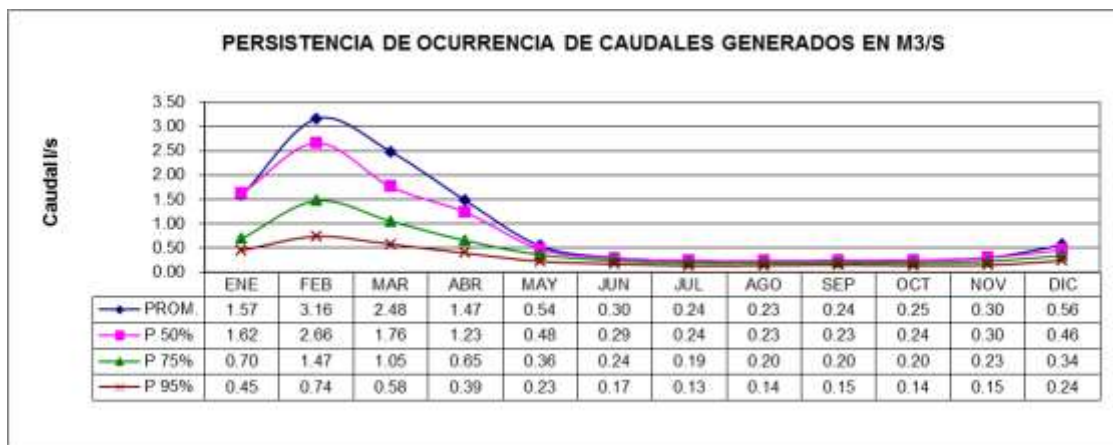
Para el cálculo de la disponibilidad hídrica, se ha utilizado el método Weibull, que se ha aplicado a los caudales generados, en los puntos de interés Bocatoma Calachaca y Llustacucho del Sistema de Riego Llusta, y se ha seleccionado los caudales mensuales con una persistencia del 50%, 75% y 95%, estos caudales calculados se muestra .

**Tabla N° 41 Persistencia de probabilidad caudales generados río Tupala Pto. de interés Bocatoma Calachaca, del sistema de Riego Llusta en (m3/s.)**

Persist.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom.
PROM.	1.57	3.16	2.48	1.47	0.54	0.30	0.24	0.23	0.24	0.25	0.30	0.56	0.945
P 50%	1.62	2.66	1.76	1.23	0.48	0.29	0.24	0.23	0.23	0.24	0.30	0.46	0.811
<b>P 75%</b>	<b>0.70</b>	<b>1.47</b>	<b>1.05</b>	<b>0.65</b>	<b>0.36</b>	<b>0.24</b>	<b>0.19</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.23</b>	<b>0.34</b>	<b>0.485</b>
P 95%	0.45	0.74	0.58	0.39	0.23	0.17	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.24	0.292
Q. Ecol.	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	0.129
	0.16	0.32	0.25	0.15	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.103
Q. Disp.	0.54	1.15	0.80	0.50	0.28	0.19	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.29	0.381



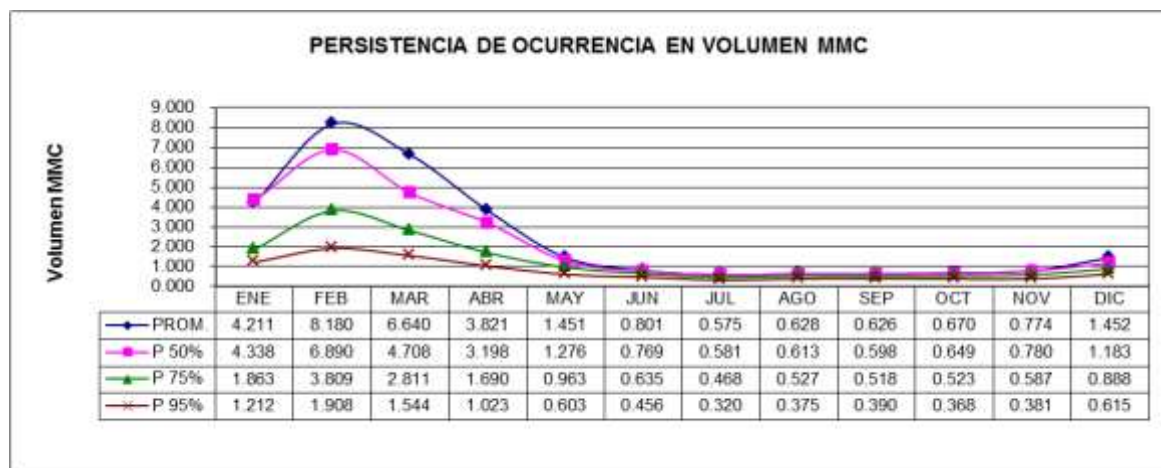
**Figura N°16: Persistencia de probabilidad caudales generados Bocatoma en m3/s.**



Persistencia de probabilidad caudales generados río Tupala Pto. de interés Bocatoma Calachaca del sistema de Riego Llusta en (MMC.)

Persist.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PROM.	4.211	8.180	6.640	3.821	1.451	0.801	0.575	0.628	0.626	0.670	0.774	1.452	29.827
P 50%	4.338	6.890	4.708	3.198	1.276	0.769	0.581	0.613	0.598	0.649	0.780	1.183	25.583
P 75%	1.863	3.809	2.811	1.690	0.963	0.635	0.468	0.527	0.518	0.523	0.587	0.888	15.282
P 95%	1.212	1.908	1.544	1.023	0.603	0.456	0.320	0.375	0.390	0.368	0.381	0.615	9.195

**Figura N°17: Persistencia de probabilidad caudales generados Bocatoma en MMC.**



**Tabla N° 42 Persistencia de probabilidad caudales generados río Chichillapi Pto. de interés Bocatoma Llustacucho, del sistema de Riego Llusta en (m3/s.)**

Persist.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom.
PROM.	5.06	10.93	8.85	5.56	1.94	0.99	0.74	0.68	0.73	0.75	0.95	1.72	3.242
P 50%	5.00	9.33	7.00	3.74	1.53	0.95	0.74	0.70	0.71	0.74	0.88	1.34	2.722
P 75%	2.90	5.34	3.92	2.09	1.08	0.76	0.63	0.56	0.59	0.65	0.71	1.04	1.688
P 95%	1.31	2.38	2.07	1.41	0.88	0.60	0.51	0.42	0.44	0.48	0.51	0.64	0.972
Q. Ecol.	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	0.129
	0.51	1.09	0.89	0.56	0.29	0.15	0.11	0.10	0.11	0.11	0.14	0.17	0.352
Q. Disp.	2.39	4.24	3.03	1.54	0.79	0.61	0.52	0.46	0.48	0.53	0.56	0.87	1.335

Figura N°18: Persistencia de probabilidad caudales generados Bocatoma en m3/s.

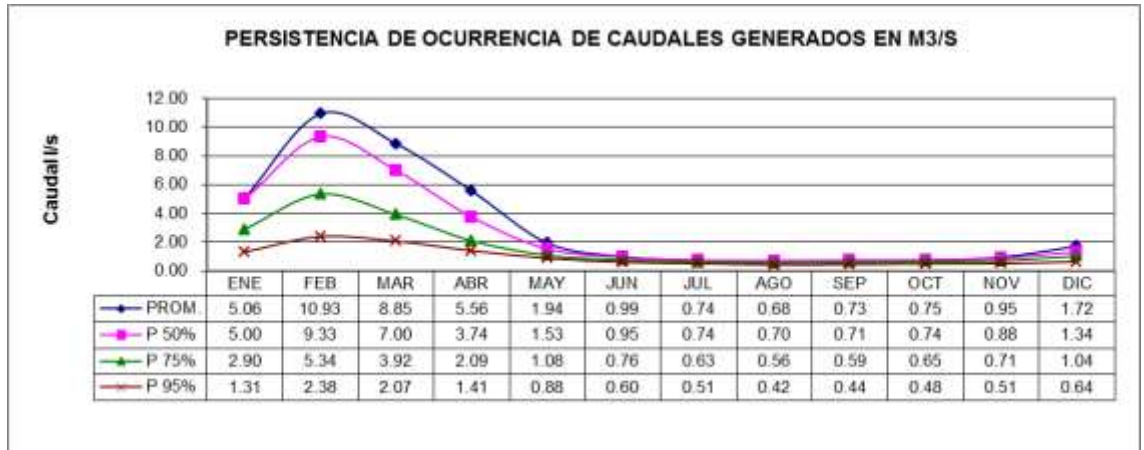
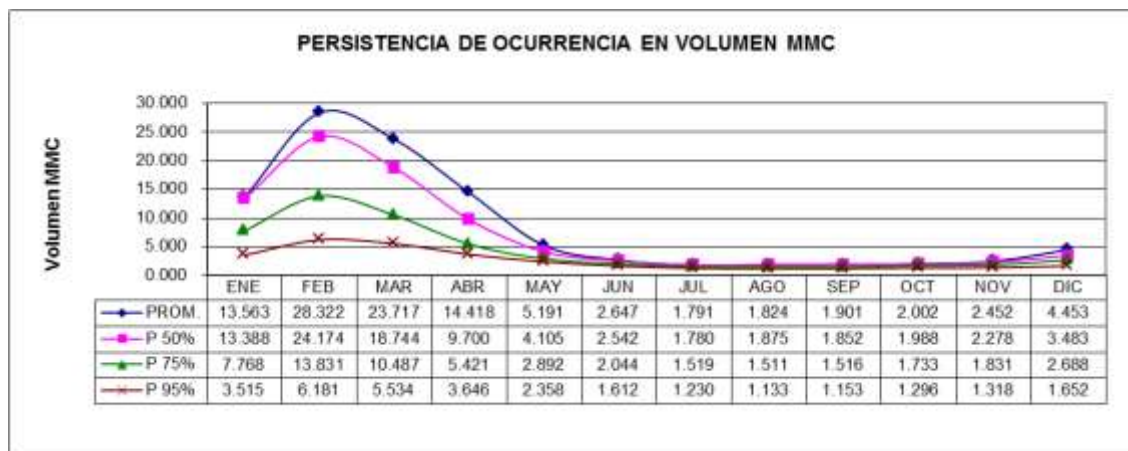


Tabla N° 43 Persistencia de probabilidad caudales generados río Chichillapi Pto. de interés Bocatoma Llustacucho del sistema de Riego Llusta en (MMC.)

Persist.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PROM.	13.563	28.322	23.717	14.418	5.191	2.647	1.791	1.824	1.901	2.002	2.452	4.453	102.281
P 50%	13.388	24.174	18.744	9.700	4.105	2.542	1.780	1.875	1.852	1.988	2.278	3.483	85.908
P 75%	7.768	13.831	10.487	5.421	2.892	2.044	1.519	1.511	1.516	1.733	1.831	2.688	53.241
P 95%	3.515	6.181	5.534	3.646	2.358	1.612	1.230	1.133	1.153	1.296	1.318	1.652	30.629

Figura N°19: Persistencia de probabilidad caudales generados Bocatoma en MMC.



### 3.11.Caudal de Diseño

Para el diseño de estructuras hidráulicas tales como bocatomas, canales, puentes, etc. Se debe calcular o estimar el caudal de diseño, que para esos casos, son los caudales máximos.

Las crecientes causan daños económicos, pérdidas de vidas humanas o trastornan toda actividad social o económica de una región.

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.

#### 3.11.1. Modelo HEC-HMS

El HEC-HMS es un programa computacional del sistema de modelación hidrológica del cuerpo de ingenieros de la armada de los Estados Unidos de Norteamérica.

El HEC-HMS es una versión mejorada para el entorno Windows del HEC-1 con un avance significativo en términos de computación e ingeniería hidrológica. Este programa simula los procesos de precipitación – escurrimiento y procesos de tránsito de avenidas.

El programa está diseñado para ser utilizado de manera interactiva con el usuario, tiene capacidad de ser ejecutado en ambiente multiusuario y puede ser utilizado en el entorno Windows.

Puede ser utilizado en pequeñas cuencas urbanas, o en grandes cuencas sin intervención, los resultados se pueden aplicar para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, observación de flujo, impacto de intervenciones en cuencas, reducción del daño por inundaciones, operación de sistemas, etc.

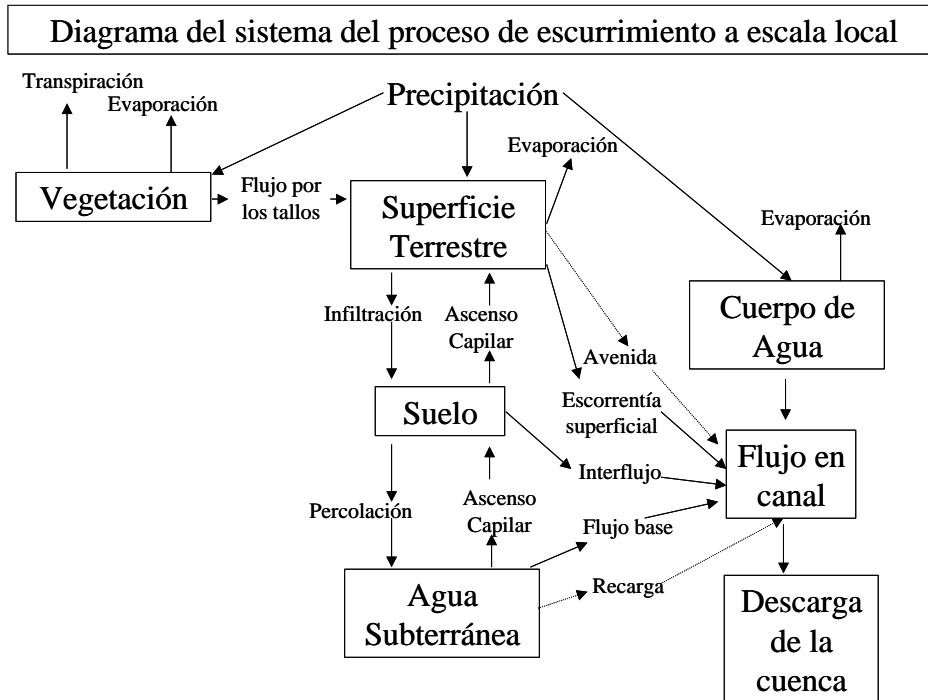
#### 3.11.2. Componentes Hidrológicos del HEC-HMS

##### a) Proceso de Escurrimiento

La siguiente figura muestra un diagrama del sistema del proceso de escurrimiento en una cuenca.

El proceso se inicia con la precipitación (Actualmente el proceso se limita al análisis precipitación - escorrentía, se señala que posteriormente tendrá la capacidad de incorporar el cálculo de la escorrentía por deshielo).

**Tabla N° 44 Diagrama del Sistema – Escala Local.**

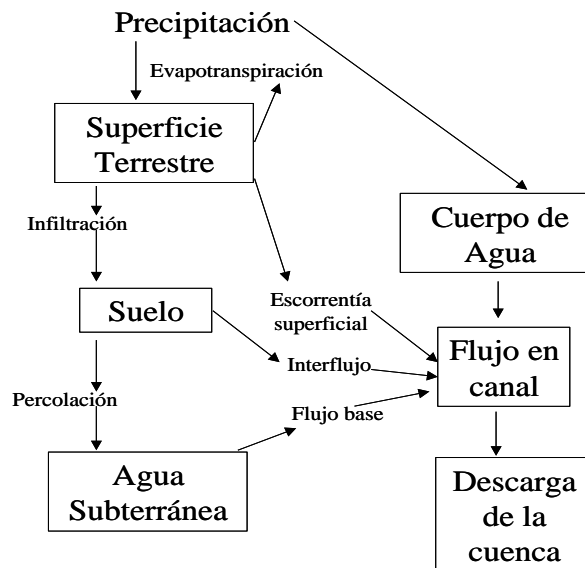


Sin embargo la representación apropiada y suficiente del sistema dependerá de la información necesaria que el estudio hidrológico debe tener.

La representación típica del HEC-HMS para calcular el escurrimiento de la cuenca es la siguiente:

**Tabla N° 45 Diagrama típico del proceso de escurrimiento.**

Diagrama típico del proceso de escurrimiento en una cuenca mediante el HEC-HMS



El HEC-HMS utiliza modelos individuales para representar cada uno de los componentes del proceso de escurrimiento:

- Modelos que calculan el volumen del escurrimiento.
- Modelos que determinan el hidrograma de escurrimiento directo (escurrimiento superficial e interflujo).
- Modelos para determinar el flujo base.

### 3.11.3. Modelo de Cuenca

Las características principales de la Cuenca están indicadas en las tablas siguientes.

**Tabla N° 46 Morfología de la Cuenca río Chichillapi Pto. Interés  
Bocatoma Llustacucho del Sistema de riego Llusta.**

<b>MORFOLOGIA - BOCATOMA LLUSTACUCHO</b>		
<b>Sistema de Riego Llusta</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>VALOR</b>
Área	km <sup>2</sup>	715.2
Perímetro de la cuenca	km	143.7
<b>RELIEVE DE LA CUENCA</b>		
Cota máxima	msnm	5393.0
Cota mínima	msnm	3950.0
Diferencia de cotas	m	4050.0
Rectángulo equivalente (Largo)	m	59.27
Rectángulo equivalente (ancho)	m	12.07
Pendiente de la Cuenca	m	0.1196
<b>CENTROIDE (WGS 1984 UTM Zone 19s)</b>		
X Centroides	m	401800.0
Y Centroides	m	8122000.0
Z Centroides	msnm	4768.0
<b>FACTORES DE FORMA</b>		
Ancho de la cuenca	km	12.6
Coefficiente de Compacidad	km	1.5
Factor de forma	Kf	0.2
Densidad de drenaje	Dd	3.5
<b>ALTITUD</b>		
Altitud media	msnm	4768.0
Altitud mas frecuente	msnm	4101.9
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	4527.2
<b>PENDIENTE</b>		
Pendiente promedio de la Cuenca	%	9.1
<b>RED HIDRICA</b>		
Longitud del curso principal	km	56.7
Orden de la Red Hídrica	und	6.0
Longitud total de la red Hídrica	km	2517.2
Numero de ríos de orden 1	km	1578.9
Numero de ríos de orden 2	km	517.5
Numero de ríos de orden 3	km	249.4
Numero de ríos de orden 4	km	97.7
Numero de ríos de orden 5	km	51.7
Numero de ríos de orden 6	km	22.0
Pendiente Promedio de la red Hídrica	%	1.13
Pendiente del cauce principal	m/m	0.071
<b>TIEMPO DE CONCENTRACION</b>		
Formula de Kirpich	horas	4.1
Formula de Temez	horas	10.7
Formula de Bransby Williams	horas	12.1

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 47 Morfología de la Cuenca río Tupala Pto. Interés Bocatoma Calachaca del Sistema Llusta.**

<b>MORFOLOGIA - BOCATOMA CALACHACA</b>		
<b>Sistema de Riego Llusta</b>		
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>VALOR</b>
Área	km <sup>2</sup>	204.2
Perímetro de la cuenca	km	69.7
<b>RELIEVE DE LA CUENCA</b>		
Cota máxima	msnm	5098.0
Cota mínima	msnm	3950.0
Diferencia de cotas	m	1148.0
Rectángulo equivalente (Largo)	m	27.04
Rectángulo equivalente (ancho)	m	7.55
Pendiente de la Cuenca	m	0.1520
<b>CENTROIDE (WGS 1984 UTM Zone 19s)</b>		
X Centroide	m	435200.0
Y Centroide	m	8119000.0
Z Centroide	msnm	4607.0
<b>FACTORES DE FORMA</b>		
Ancho de la cuenca	km	8.1
Coficiente de Compacidad	km	1.4
Factor de forma	Kf	0.3
Densidad de drenaje	Dd	3.8
<b>ALTITUD</b>		
Altitud media	msnm	4607.0
Altitud mas frecuente	msnm	4090.4
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	4421.1
<b>PENDIENTE</b>		
Pendiente promedio de la Cuenca	%	10.9
<b>RED HIDRICA</b>		
Longitud del curso principal	km	25.1
Orden de la Red Hídrica	und	7.0
Longitud total de la red Hídrica	km	769.3
Numero de ríos de orden 1	km	470.4
Numero de ríos de orden 2	km	158.5
Numero de ríos de orden 3	km	74.9
Numero de ríos de orden 4	km	32.1
Numero de ríos de orden 5	km	19.5
Numero de ríos de orden 6	km	10.1
Numero de ríos de orden 7	km	3.9
Pendiente Promedio de la red Hídrica	%	1.25
Pendiente del cauce principal	m/m	0.046
<b>TIEMPO DE CONCENTRACION</b>		
Formula de Kirpich	horas	2.6
Formula de Temez	horas	6.3
Formula de Bransby Williams	horas	6.7

Fuente: Elaboración Propia.

El primer paso es diseñar el esquema hidrográfico a simular y ello consiste en interconectar las Microcuencas productoras de escurrimiento superficial con la red de drenaje de la cuenca.

La siguiente figura, muestra la interconexión realizada con el editor del HEC-HMS.

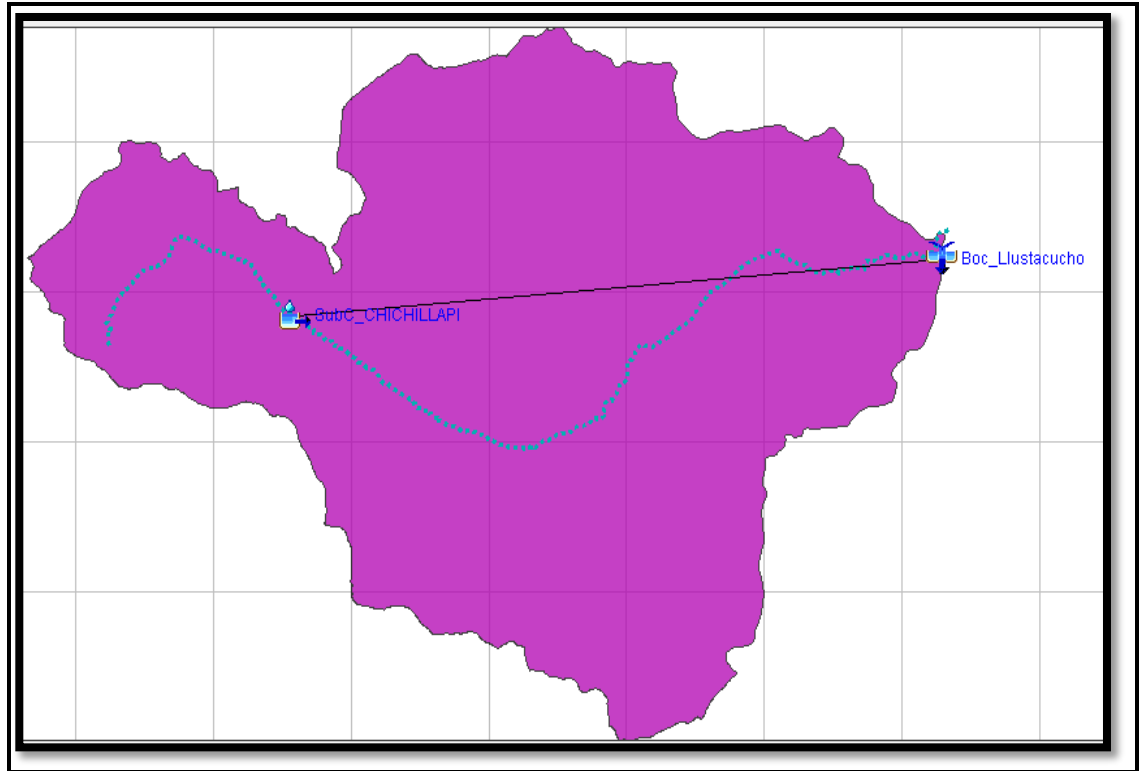
Los elementos utilizados para definir el esquema hidrográfico fueron: la subcuenca (subbasin), la salida (Sink).

En la Figura se puede apreciar la disposición de cada uno de los elementos con sus respectivos nombres según las sub cuencas antes indicadas donde se encuentran las estructuras hidráulicas en estudio tales como la Bocatoma Llustacucho y Calachaca, todos pertenecientes al Sistema de riego Llusta.

El modelo HEC-HMS permite alimentar de información a cada elemento mediante formularios interactivos con sólo hacer doble clic sobre el icono de cada uno de ellos.

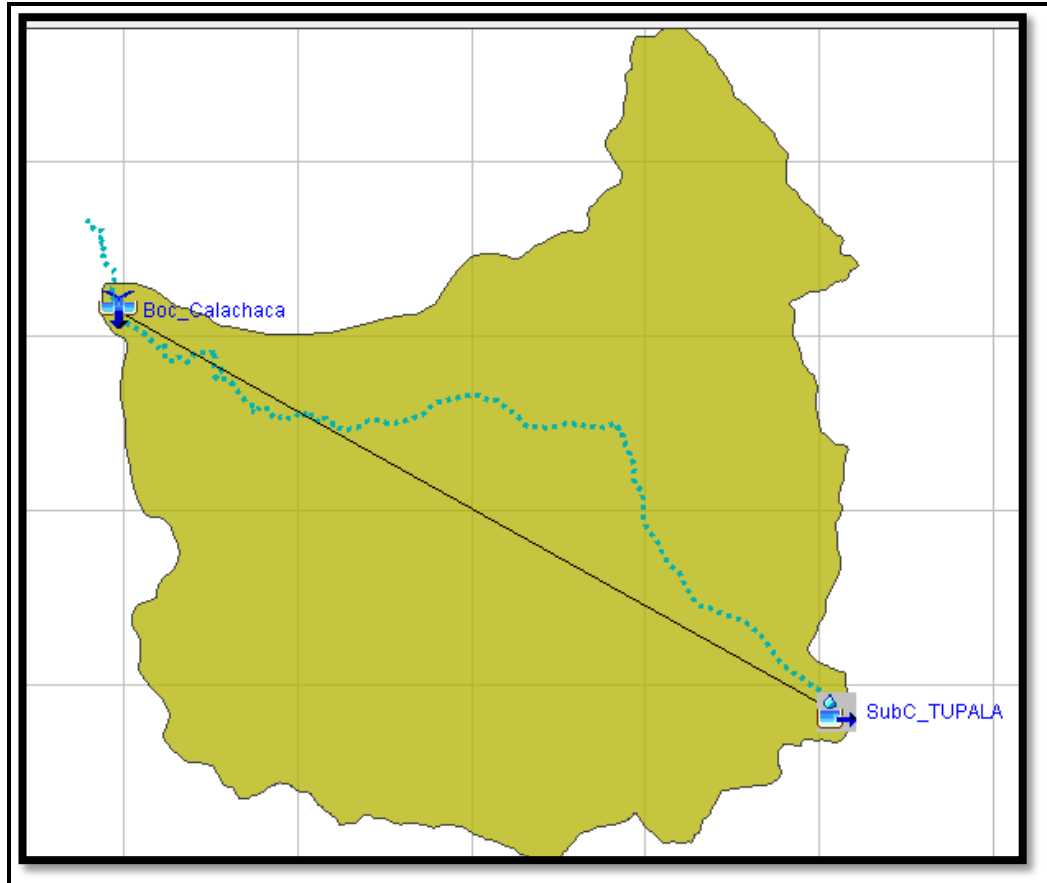
**Figura N°20: Modelo Hec Hms, Sistema de riego Llusta Sub cuenca del rio Chichillapi, Bocatoma Llustacucho y sus componentes Hidráulicos.**





Fuente Elaboración Propia.

**Figura N°21: Modelo Hec Hms, Sistema de riego Llusta Sub cuenca del rio Chichillapi, Bocatoma Llustacucho y sus componentes Hidráulicos.**



Fuente Elaboración Propia.

- a) Para el modelo SCS o número de curva se necesita conocer básicamente el tipo de cobertura que tiene la cuenca y el tipo de suelo relacionado al grado de infiltración que poseen.

Para ello se requiere realizar necesariamente el respectivo reconocimiento de campo y apoyarse en los mapas temáticos de cobertura vegetal y suelos que se puedan disponer.

De acuerdo al US Soil Conservation Service, el escurrimiento superficial acumulado Q en mm (equivalente a la lluvia en exceso Pex), tiene la siguiente expresión:

$$Q = P_{ex} = \frac{Pe^2}{Pe + S} \quad \text{Ecuación III-1}$$

Siendo 'S' la infiltración potencial (mm) estimada en función al denominado número de curva 'N'.

$$S = \frac{25400}{N} - 254 \quad \text{Ecuación III-2}$$

'Pe' es la denominada precipitación en exceso acumulada e igual a:

$$Pe = P - Ia \quad \text{Ecuación III-3}$$

Donde 'P' es la lluvia acumulada en mm y 'Ia' es la abstracción inicial estimada como  $Ia = 0.20 S$ .

Sustituyendo las ecuaciones (2) y (3) en (1), tenemos la siguiente expresión:

$$Q = P_{ex} = \frac{\left( P - \frac{5080}{N} + 50.8 \right)^2}{\left( P + \frac{20320}{N} - 203.2 \right)} \quad \text{Ecuación III-4}$$

En las expresiones anteriores N es el número de la curva de escurrimiento del complejo hidrológico suelo – cobertura adimensional, P y Pex están expresados en mm.

Para calcular el valor de N, se debe tener en cuenta el grupo de suelo hidrológico:

- Grupo A: (Bajo potencial de escurrimiento). Suelos que tienen altas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de arenas y gravas profundas, con bueno a excesivo drenaje. Estos suelos tienen altas velocidades de transmisión del agua.
- Grupo B: Suelos con moderada velocidad de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos con cantidades moderadas de texturas finas y gruesas, con drenaje medio y algo profundo. Son básicamente suelos arenosos.
- Grupo C: Suelos que tienen bajas velocidades de infiltración cuando están mojados, consisten principalmente de suelos que tienen un

estrato que impide el flujo del agua, son suelos con texturas finas. Estos suelos tienen bajas velocidades de transmisión.

- Grupo D: (Alto potencial de escurrimiento). Suelos que tienen muy bajas velocidades de infiltración cuando están mojados y consisten principalmente de suelos arcillosos con alto potencial de hinchamiento, suelos con nivel freático alto y permanente, suelos con estratos arcillosos cerca de su superficie, o bien, suelos someros sobre horizontes impermeables. Estos suelos tienen muy bajas velocidades de transmisión del agua.

La tabla muestra los números de curva para condiciones antecedentes de humedad promedio.

**Tabla N° 48 Número de Curva.**

Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos : Condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones óptimas, cubierta > 75%		39	61	74	80
Áreas abiertas, césped, parques, en condiciones aceptables entre el 50% y 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales (85% impermeable)		89	92	94	95
Áreas industriales (72% impermeable)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
505.8 m <sup>2</sup>	65%	77	85	90	92
1011.6 m <sup>2</sup>	38%	61	75	83	87
1348.9 m <sup>2</sup>	30%	57	72	81	86
2023.5 m <sup>2</sup>	25%	54	70	80	85
4046.9 m <sup>2</sup>	20%	51	68	79	84
Pavimento, techos, accesos etc		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimento con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente : Tabla 5.5.2 (Hidrología Aplicada - Ven Te Chow, Maidment, Mays).

Para condiciones con antecedentes de humedad seca o húmeda, se utiliza la siguiente tabla.

**Tabla N° 49 Numero Curva para diferentes condiciones.**

N		
Condiciones medias	Condiciones Secas	Condiciones Húmedas
100	100	100
95	87	98
90	78	96
85	70	94
80	63	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
55	35	74
50	31	70
45	26	65
40	22	60
35	18	55
30	15	50
25	12	43
20	9	37
15	6	30
10	4	22
5	2	13
Lluvia en los 05 días previos al cálculo		
Condiciones medias	Menos de 0.5" (1.27 cm)	
Condiciones secas	Entre 0.5" (1.27 cm) a 1.5" (3.81 cm)	
Condiciones Húmedas	Más de 1.5" (3.81 cm)	

b) Para la aplicación de método del Hidrograma Sintético, se necesita calcular el tiempo de concentración (Time of concentration) y el Tiempo de retardo. El tiempo de concentración fue calculado mediante las fórmulas de Kirpich y Temez.

$$t = \left( \frac{0.87L^3}{\Delta h} \right)^{0.385} \quad \text{(Fórmula de Kirpich) \quad Ecuación III-5}$$

Donde:

t : Tiempo de concentración (hr)

L : Longitud del cauce principal de la cuenca (km)

$\Delta h$  : Desnivel del cauce principal (m)

$$t = 0.3 * \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad \text{(Fórmula de Temez) \quad Ecuación III-6}$$

Donde:

S : pendiente (Adim.)

$$tr = 0.6 * tc \quad \text{(Tiempo de retardo) \quad Ecuación III-7}$$

tc : en min

**Tabla N° 50 Cálculos realizados de las Sub cuencas para el ingreso al Modelo.**

N°	Nombre	Area (Km <sup>2</sup> )	Longitud del cauce (m)	Cota de cuenca (msnm)		Desnivel de cuenca (m)	Pendiente del cauce (m/m)	Tiempo de concentración (hrs)				Tiempo de Retardo LAG (min)
				Max	Min			Kirpich	Temes	Bransby Williams	Tc Diseño	
1	SubC Chichillapi-Llustacucho	715.23	52,278.47	5,393.0	3,950.0	1,443.00	0.0276	5.56	####	13.52	13.52	486.72
2	SubC Llusta-Calachaca	204.19	26,358.12	5,098.0	3,950.0	1,148.00	0.0436	2.75	6.54	7.05	7.05	253.80

Fuente Elaboración Propia.

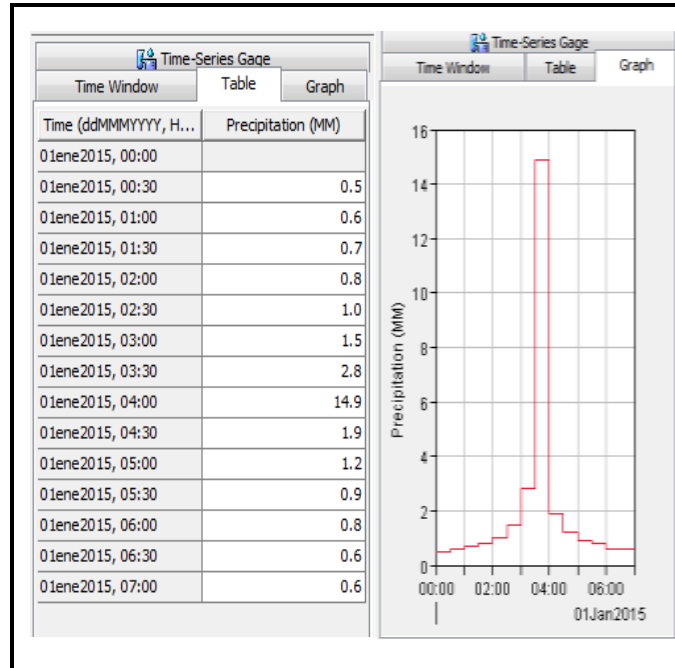
#### 3.11.4. Modelo Meteorológico.

El modelo meteorológico consiste en definir la tormenta de diseño que será utilizada en la simulación de la relación precipitación - escorrentía, para la Subcuenca.

Para este paso el modelo utilizado fue el de Hietograma específico (Specified Hyetograph).

La siguiente Figura muestra el formulario correspondiente.

**Figura N°22: Ingreso del Hietograma Especifico.**



Fuente: Elaboración Propia.

Para ello se utilizó series de información Histórica de precipitación máxima en 24 horas, para el periodo 1964 al 2014.

La información se muestra en la Información Meteorológica.

Luego de verificar la consistencia de la información, se realizó el análisis de frecuencia de eventos máximos, probando el ajuste de la información a las distribuciones estadísticas teóricas: Normal, Lognormal II parámetros, Lognormal III parámetros, Gumbel y Log Gumbel.

Una vez calculada las precipitaciones máximas diarias, para diferentes periodos de retorno, se realiza como siguiente paso la selección de la función de distribución que más se ajusta mediante la Prueba de Kolmogorov Smirnov, los resultados se muestran en el Cuadro.

**Tabla N° 51 Prueba Kolmogorov - Smirnov.**

Distribución	$\Delta_{max}$	$\Delta_0$ crítico	D	Ajuste	Orden	Nivel de significancia
Normal	0.1009	0.1904	0.0895	Se ajusta	2	Los datos se ajustan con un nivel de significacion del 5%
Log normal II parametros	0.0642	0.1904	0.1262	Se ajusta	7	Los datos se ajustan con un nivel de significacion del 5%
Log normal III parametros	0.0757	0.1904	0.1147	Se ajusta	5	Los datos se ajustan con un nivel de significacion del 5%
Gamma II parametros	0.0725	0.1904	0.1179	Se ajusta	6	Los datos no se ajustan a la distribucion
Gamma III parametros	0.0769	0.1904	0.1135	Se ajusta	4	Los datos se ajustan con un nivel de significacion del 5%
Log pearson Tipo III	NO SE AJUSTA					Los datos se ajustan con un nivel de significacion del 5%
Gumbel	0.0905	0.1904	0.0999	Se ajusta	3	Los datos se ajustan con un nivel de significacion del 5%
Log Gumbel	0.1328	0.1904	0.0576	Se ajusta	1	Los datos se ajustan con un nivel de significacion del 5%

Según la tabla presentada, la frecuencia de distribución que mejor se ajusta a la prueba de bondad y ajuste Smirnov Kolmogorov es la distribución Normal para lo cual se procederá a generar intensidades de lluvia en 24 horas.



### 3.11.5. Cálculo de relaciones IDF Criterio Dick y Peschke

Una vez realizado en análisis de frecuencia, se determina la distribución temporal de la lluvia mediante el criterio de Dick Peschke que obtuvo la siguiente relación [Guevara, 1991; Villón,]

$$Pd = P_{m\acute{a}x24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Ecuación III-8

Donde:

$P_{m\acute{a}x24h}$  : Precipitación máxima en 24 horas (mm).

$d$  : Duración (minutos).

$Pd$  : Precipitación asociada a la duración  $d$  (mm).

#### Tabla N° 52 Calculo de la precipitación máxima para diferentes duraciones.

##### DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS IDF SEGÚN EL MÉTODO DE IILA-SENAMHI-UNI Y DICK PESCHKE

##### 1. Cálculo de la precipitación máxima para diferentes duraciones

$$Pd = P_{m\acute{a}x24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad [\text{Dick Peschke et al.}]$$

Donde:

$Pd$ : precipitación máxima total (mm).

$P_{m\acute{a}x24h}$ : precipitación máxima en 24 horas (mm).

$d$ : duración en minutos.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA TOTAL REPRESENTATIVA SISTEMA DE RIEGO LLUSTA															
Pd (mm)															
Periodo de Tr(años)	P <sub>máx24</sub> h <sub>Tr</sub> (mm)	Duración (min)													
		60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840
1000	68.32	30.87	36.71	40.62	43.65	46.16	48.31	50.21	51.91	53.46	54.89	56.21	57.45	58.61	59.71
500	60.92	27.52	32.73	36.22	38.92	41.16	43.08	44.77	46.29	47.67	48.94	50.13	51.23	52.26	53.24
100	46.66	21.08	25.07	27.74	29.81	31.52	32.99	34.29	35.45	36.51	37.49	38.39	39.24	40.03	40.78
50	41.57	18.78	22.33	24.72	26.56	28.08	29.39	30.55	31.59	32.53	33.40	34.20	34.96	35.66	36.33
25	37.01	16.72	19.88	22.01	23.65	25.00	26.17	27.20	28.12	28.96	29.73	30.45	31.12	31.75	32.34
10	31.64	14.29	17.00	18.81	20.22	21.38	22.37	23.25	24.04	24.76	25.42	26.03	26.61	27.14	27.65
5	27.95	12.63	15.02	16.62	17.86	18.88	19.76	20.54	21.24	21.87	22.46	23.00	23.50	23.98	24.43
2	23.17	10.47	12.45	13.78	14.80	15.65	16.38	17.03	17.61	18.13	18.62	19.06	19.48	19.88	20.25

Fuente Elaboración Propia.

Luego se han determinado las curvas IDF como podemos observar en el siguiente gráfico:

**Tabla N° 53 Calculo de la intensidad.**

PRECIPITACIÓN MÁXIMA TOTAL REPRESENTATIVA SISTEMA DE RIEGO LLUSTA (mm/h)														
Periodo de	Duración (min)													
	Tr(años)	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780
1000	30.87	18.35	13.54	10.91	9.23	8.05	7.17	6.49	5.94	5.49	5.11	4.79	4.51	4.26
500	27.52	16.37	12.07	9.73	8.23	7.18	6.40	5.79	5.30	4.89	4.56	4.27	4.02	3.80
100	21.08	12.53	9.25	7.45	6.30	5.50	4.90	4.43	4.06	3.75	3.49	3.27	3.08	2.91
50	18.78	11.17	8.24	6.64	5.62	4.90	4.36	3.95	3.61	3.34	3.11	2.91	2.74	2.59
25	16.72	9.94	7.34	5.91	5.00	4.36	3.89	3.52	3.22	2.97	2.77	2.59	2.44	2.31
10	14.29	8.50	6.27	5.05	4.28	3.73	3.32	3.01	2.75	2.54	2.37	2.22	2.09	1.98
5	12.63	7.51	5.54	4.46	3.78	3.29	2.93	2.65	2.43	2.25	2.09	1.96	1.84	1.74
2	10.47	6.22	4.59	3.70	3.13	2.73	2.43	2.20	2.01	1.86	1.73	1.62	1.53	1.45

Fuente Elaboración Propia.

### 3.11.6. Hietogramas de Diseño – Método del Bloque Alterno.

A partir de las curvas IDF se desarrollan los hietogramas de diseño utilizando el método del Bloque Alterno el cual especifica la profundidad de precipitación que ocurre en  $n$  intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración total de  $T_d = n\Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo. Estos incrementos o bloques se ordenan de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida y que los demás bloques queden en forma descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.

**Tabla N° 54 Calculo del Hietograma para 1000 años.**

TR = 1000	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	30.87	30.9	30.9	1.2	1.2
120	18.35	36.7	5.8	1.3	1.3
180	13.54	40.6	3.9	1.6	1.6
240	10.91	43.7	3.0	1.9	1.9
300	9.23	46.2	2.5	2.5	2.5
360	8.05	48.3	2.2	3.9	3.9
420	7.17	50.2	1.9	30.9	30.9
480	6.49	51.9	1.7	5.8	5.8
540	5.94	53.5	1.6	3.0	3.0
600	5.49	54.9	1.4	2.2	2.2
660	5.11	56.2	1.3	1.7	1.7
720	4.79	57.5	1.2	1.4	1.4
780	4.51	58.6	1.2	1.2	1.2

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 55 Calculo del Hietograma para 500 años.**

TR = 500	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	27.52	27.5	27.5	1.0	1.0
120	16.37	32.7	5.2	1.2	1.2
180	12.07	36.2	3.5	1.4	1.4
240	9.73	38.9	2.7	1.7	1.7
300	8.23	41.2	2.2	2.2	2.2
360	7.18	43.1	1.9	3.5	3.5
420	6.40	44.8	1.7	27.5	27.5
480	5.79	46.3	1.5	5.2	5.2
540	5.30	47.7	1.4	2.7	2.7
600	4.89	48.9	1.3	1.9	1.9
660	4.56	50.1	1.2	1.5	1.5
720	4.27	51.2	1.1	1.3	1.3
780	4.02	52.3	1.0	1.1	1.1

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 56 Calculo del Hietograma para 100 años.**

TR = 100	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	21.08	21.1	21.1	0.8	0.8
120	12.53	25.1	4.0	0.9	0.9
180	9.25	27.7	2.7	1.1	1.1
240	7.45	29.8	2.1	1.3	1.3
300	6.30	31.5	1.7	1.7	1.7
360	5.50	33.0	1.5	2.7	2.7
420	4.90	34.3	1.3	21.1	21.1
480	4.43	35.5	1.2	4.0	4.0
540	4.06	36.5	1.1	2.1	2.1
600	3.75	37.5	1.0	1.5	1.5
660	3.49	38.4	0.9	1.2	1.2
720	3.27	39.2	0.8	1.0	1.0
780	3.08	40.0	0.8	0.8	0.8

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 57 Calculo del Hietograma para 50 años.**

TR = 50	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	18.78	18.8	18.8	0.7	0.7
120	11.17	22.3	3.6	0.8	0.8
180	8.24	24.7	2.4	0.9	0.9
240	6.64	26.6	1.8	1.2	1.2
300	5.62	28.1	1.5	1.5	1.5
360	4.90	29.4	1.3	2.4	2.4
420	4.36	30.5	1.2	18.8	18.8
480	3.95	31.6	1.0	3.6	3.6
540	3.61	32.5	0.9	1.8	1.8
600	3.34	33.4	0.9	1.3	1.3
660	3.11	34.2	0.8	1.0	1.0
720	2.91	35.0	0.8	0.9	0.9
780	2.74	35.7	0.7	0.8	0.8

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 58 Calculo del Hietograma para 25 años.**

TR = 25	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	16.72	16.7	16.7	0.6	0.6
120	9.94	19.9	3.2	0.7	0.7
180	7.34	22.0	2.1	0.8	0.8
240	5.91	23.6	1.6	1.0	1.0
300	5.00	25.0	1.4	1.4	1.4
360	4.36	26.2	1.2	2.1	2.1
420	3.89	27.2	1.0	16.7	16.7
480	3.52	28.1	0.9	3.2	3.2
540	3.22	29.0	0.8	1.6	1.6
600	2.97	29.7	0.8	1.2	1.2
660	2.77	30.5	0.7	0.9	0.9
720	2.59	31.1	0.7	0.8	0.8
780	2.44	31.8	0.6	0.7	0.7

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 59 Calculo del Hietograma para 10 años.**

TR = 10	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	14.29	14.3	14.3	0.5	0.5
120	8.50	17.0	2.7	0.6	0.6
180	6.27	18.8	1.8	0.7	0.7
240	5.05	20.2	1.4	0.9	0.9
300	4.28	21.4	1.2	1.2	1.2
360	3.73	22.4	1.0	1.8	1.8
420	3.32	23.3	0.9	14.3	14.3
480	3.01	24.0	0.8	2.7	2.7
540	2.75	24.8	0.7	1.4	1.4
600	2.54	25.4	0.7	1.0	1.0
660	2.37	26.0	0.6	0.8	0.8
720	2.22	26.6	0.6	0.7	0.7
780	2.09	27.1	0.5	0.6	0.6

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 60** Calculo del Hietograma para 5 años.

TR = 5	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	12.63	12.6	12.6	0.5	0.5
120	7.51	15.0	2.4	0.5	0.5
180	5.54	16.6	1.6	0.6	0.6
240	4.46	17.9	1.2	0.8	0.8
300	3.78	18.9	1.0	1.0	1.0
360	3.29	19.8	0.9	1.6	1.6
420	2.93	20.5	0.8	12.6	12.6
480	2.65	21.2	0.7	2.4	2.4
540	2.43	21.9	0.6	1.2	1.2
600	2.25	22.5	0.6	0.9	0.9
660	2.09	23.0	0.5	0.7	0.7
720	1.96	23.5	0.5	0.6	0.6
780	1.84	24.0	0.5	0.5	0.5

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 61** Calculo del Hietograma para 2 años.

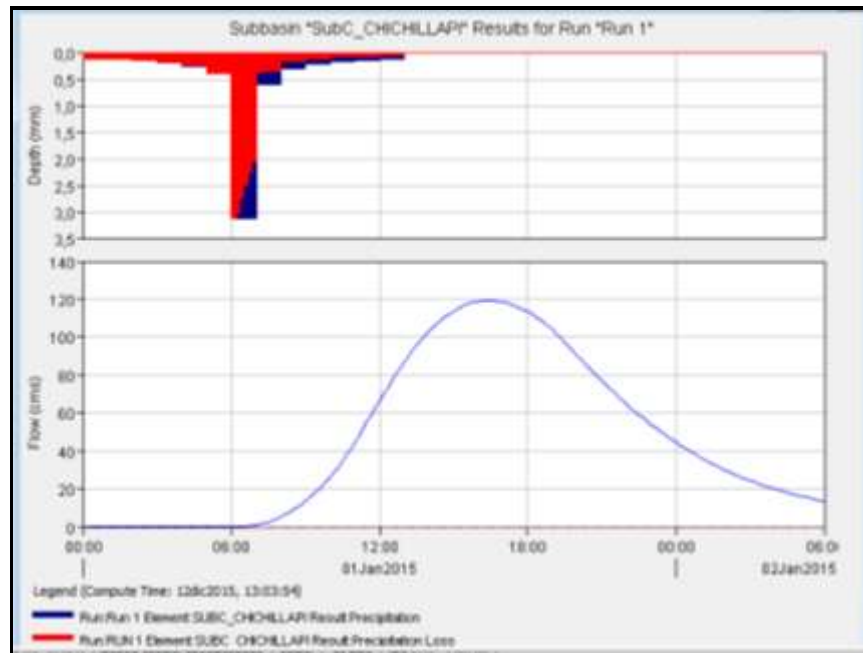
TR = 2	Ecuación ID			$\Delta t = 30$	
d (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$	$\Delta P$ (ordenado)	I (mm/h)
60	10.47	10.5	10.5	0.4	0.4
120	6.22	12.4	2.0	0.4	0.4
180	4.59	13.8	1.3	0.5	0.5
240	3.70	14.8	1.0	0.6	0.6
300	3.13	15.7	0.8	0.8	0.8
360	2.73	16.4	0.7	1.3	1.3
420	2.43	17.0	0.6	10.5	10.5
480	2.20	17.6	0.6	2.0	2.0
540	2.01	18.1	0.5	1.0	1.0
600	1.86	18.6	0.5	0.7	0.7
660	1.73	19.1	0.4	0.6	0.6
720	1.62	19.5	0.4	0.5	0.5
780	1.53	19.9	0.4	0.4	0.4

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.11.7. Resultados hidrograma.

La siguiente figura muestra un hidrograma de avenida producto de una tormenta de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, río Chichillapi, punto de interés Bocatoma Llustacucho del Sistema de riego Santa Rosa.

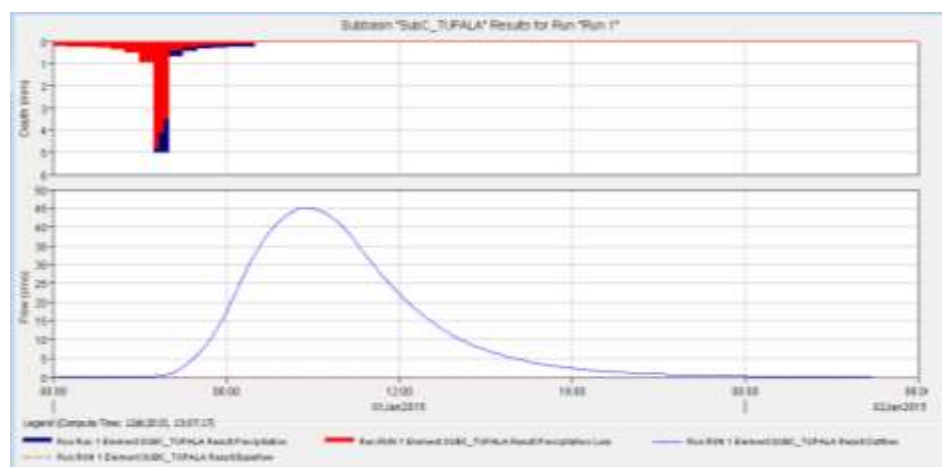
**Figura N°23: Hidrograma de Salida.**



Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente figura muestra un hidrograma de avenida producto de una tormenta de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 50 años, río Tupala, punto de interés Bocatoma Calachaca del Sistema de riego Santa rosa.

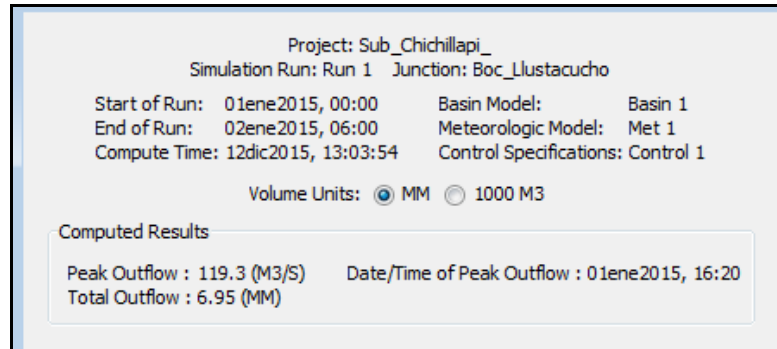
**Figura N°24: Hidrograma de Salida.**



Fuente: Elaboración Propia.

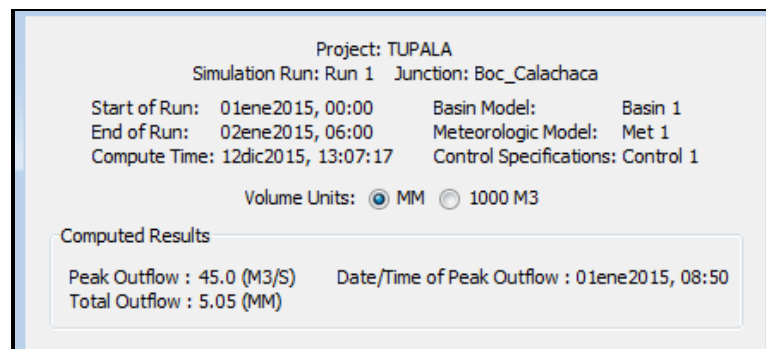
Del mismo modo se obtienen cuadros resumen como el mostrado en la siguiente figura.

**Figura N°25: Caudal Pico, Bocatoma Llustacucho.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura N°26: Caudal Pico, Bocatoma Calachaca.**



Fuente: Elaboración Propia.

Según el método aplicado Modelo Hec Hms se muestran los Caudales de Diseño en los puntos de interés señalados del Proyecto “Sistema de riego Llusta”, que se muestra en el cuadro.

**Tabla N° 62 Caudal Máximo en cada uno de los puntos de interés del Sistema de Riego .**

CAUDALES DE DISEÑO - SISTEMA DE RIEGO SANTA ROSA				
TR (años)	Ph Llustacucho (mm)	Q Diseño Bocatoma LLUSTACUCHO (m3/s)	Ph Calachaca (mm)	Q Diseño Bocatoma CALACHACA (m3/s)
2	23.2	18.0	26.4	13.5
5	28.0	37.4	31.7	24.5



10	31.6	56.5	34.4	32.2
25	37.0	87.7	37.0	39.5
50	41.6	119.3	39.3	45.0
100	46.7	159.4	41.1	51.9
500	60.9	281.1	44.5	62.5

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.12. Usos y demandas de agua

El aumento de la población y los múltiples usos del agua que el progreso requiere, han hecho que este recurso sea imprescindible para el desarrollo económico y social de un país. El rápido crecimiento de la demanda ha hecho que el agua sea cada vez más escasa, tanto en calidad como en cantidad, por lo cual su cuidadosa administración, conservación y empleo más eficiente, han adquirido cada vez mayor importancia.

Los cultivos pueden expresar su potencial productivo cuando disponen de los factores de producción en la cantidad y oportunidad que los necesitan. Algunos de estos factores no pueden ser controlados por el hombre, dependen de la naturaleza como es el clima y las características naturales del suelo; otros factores productivos pueden ser controlados en mayor o menor grado, como el nivel de nutrientes del suelo, estado sanitario del cultivo, contenido de humedad del suelo, etc.

El agua que requieren los cultivos es aportada en forma natural por las precipitaciones, pero cuando ésta es escasa o su distribución no coincide con los períodos de máxima demanda de las plantas, es necesario aportar artificialmente.

En general, el clima del altiplano se caracteriza por una concentración de la pluviometría en los meses de invierno (Enero a Marzo), produciéndose diversos grados de déficit hídrico en la temporada de primavera, verano, período que coincide con el de mayor crecimiento de los cultivos, y por lo tanto, los meses de mayor demanda de agua. Bajo estas circunstancias un conocimiento de las diversas tecnologías de riego cobra importancia, más

aún si se desea hacer un uso eficiente de este recurso que normalmente es escaso.

En tal sentido, el objetivo primario y esencial de la agricultura es producir alimentos y cultivos para los individuos que trabajan en el campo, como también para la sociedad. Para ello, dispone de cuatro elementos: la tierra, el trabajo, la energía del sol y ocasionalmente el agua, cualquiera de éstos que falte aún en parte, repercutiría en la producción agrícola que no lograría la óptima que se espera.

Para usar en forma eficiente el agua de riego, es necesario preocuparse de disminuir las pérdidas por conducción, aumentar la eficiencia a nivel predial y aplicar agua de acuerdo a los períodos fenológicos de los cultivos. Aunque tomar estas medidas es importante en cualquier circunstancia, en períodos de restricción hídrica es ineludible.

Entonces surge una gran interrogante: Cuando regar? Pregunta frecuente que se hace el agricultor, que no es más que determinar la frecuencia de riego, parámetro que está ligada a variables meteorológicas, constantes hídricas del suelo y de la planta que nos conducirán a determinar la frecuencia de riego en diferentes fases del cultivo.

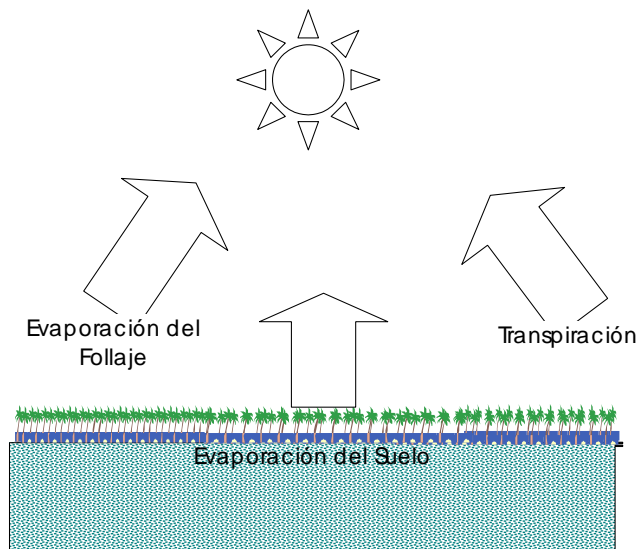
En tal sentido, para los efectos del planeamiento físico de la infraestructura de riego, es indispensable cuantificar la magnitud del recurso hídrico que se requiere como dotación para el sistema de riego.

La determinación de la cantidad de agua por hectárea que demanda el proyecto y teniendo en cuenta el diagnóstico y estudio agrologico, se ha determinado el requerimiento bruto de agua de pastos cultivados en desarrollo, dependiendo éste valor de los siguientes factores: Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), área porcentual, precipitación efectiva al 75% de persistencia y la eficiencia del sistema de riego. Cuya metodología empleada se desarrolla a continuación.

### 3.12.1. Evapotranspiración del Cultivo de referencia (ET)

La planta absorbe agua del suelo y la emite en forma de vapor a la atmósfera en el proceso denominado *transpiración* (T); a su vez, el suelo emite vapor a la atmósfera en el proceso de *evaporación* (E). La pérdida total de agua del conjunto suelo – planta en forma de vapor en los procesos de evaporación y transpiración se denomina *evapotranspiración* (ET). Estas pérdidas de vapor son mayores cuando mayor es la temperatura, más fuerte es el viento, más seco es el aire, etc. Ambos procesos se ven afectados por la demanda evaporativa de la atmósfera, por la cantidad de agua disponible en el suelo y por la naturaleza del suelo y las características de la cubierta vegetal

**Figura N°27: Representación de la Evapotranspiración**



En la práctica, se analiza la ET como un consumo o gasto de agua por el cultivo (conjunto suelo –planta). Se puede estimar que el clima es uno de los factores más importantes que determina el volumen de las pérdidas de agua por evapotranspiración de los cultivos; queda también determinado por el propio cultivo, al igual que sus características de crecimiento. El

medio local las condiciones de los suelo, los fertilizantes, las prácticas de regadío y otros factores puede influir también en las tasas de crecimiento y en la evapotranspiración consiguiente.

Se utilizan diversos métodos para predecir la evapotranspiración a partir de variables climáticas, debido a la dificultad de obtener mediciones directas y exactas en condiciones reales, a menudo, es preciso aplicar estas fórmulas en condiciones climáticas y agronómicas muy distintas de aquellas para los que fueron inicialmente concebidos.

El método de radiación predice los efectos del clima sobre las necesidades de agua de los cultivos en base a datos sobre la radiación y la temperatura del aire. Además, requiere datos generales de humedad relativa y viento.

En base a la Radiación Solar

La expresión matemática de la fórmula es la siguiente:

$$ET = a + b * W * RS \quad \text{Ecuación III-9}$$

Dónde:

ET : Evapotranspiración de un cultivo en referencia

RS : Radiación solar expresada en equivalente de evaporación

$$\text{Sí, } RS = 0.075 * RMM * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación III-10}$$

RMM : Radiación Extraterrestre Equivalente en mm de evaporación mensual (mm / mes).

S : Porcentaje de horas de insolación (%).

$$RMM = RA * DM \quad \text{Ecuación III-11}$$

RA : Radiación Extraterrestre Equivalente en mm de evaporación diaria (mm/día) se obtiene de la Tabla 8-1

DM : Número de días del mes que se analiza.

$$S = \left( \frac{n}{N} \right) * 100 \quad \text{Ecuación III-12}$$

n : Horas de insolación fuerte promedio del lugar.

N : Horas de insolación fuerte, según mes y latitud ver

En base a la Temperatura

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

Ecuación III-13

Dónde:

ETP : Evapotranspiración Potencial (mm/mes).

MF : Factor Mensual de Latitud (Tabla N°8-3)

TMF : Temperatura Media Mensual (° F)

CH : Factor de Corrección para la Humedad Relativa

CE : Factor de Corrección para la altura o elevación del lugar.

$$CE = 1 + 0.04 * \left( \frac{E}{2000} \right)$$

Ecuación III-14

Dónde:

E = Altura o elevación del lugar (msnm)

**Tabla N° 63 Radiación Extraterrestre (Ra) expresada de Evaporación en mm/mes**

LATITU D SUR	MESES											
	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE P	OC T	NO V	DI C
0°	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
2°	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
4°	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
6°	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
8°	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
10°	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
12°	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5

14°	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
16°	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
18°	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
20°	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4

Fuente: El Riego Principios Básicos. A. Vásquez V.

**Tabla N° 64 Duración máxima diaria media de las horas de fuerte insolación (N)**

LATITUD SUR	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0°	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
5°	12.3	12.3	12.1	12	11.9	11.8	11.8	11.9	12	12.2	12.3	12.4
10°	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7
15°	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13
20°	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9	11	11.5	12	12.6	13.1	13.3
25°	13.5	13	12.3	11.6	10.9	10.6	10.7	11.3	12	12.7	13.3	13.7
30°	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2	10.4	11.1	12	12.9	13.6	14
35°	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8	10.1	11	11.9	13.1	14	14.5
40°	14.7	13.7	12.5	11.2	10	9.3	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15

Fuente: El Riego Principios Básicos. A. Vásquez V.

**Tabla N° 65 Factor de Evapotranspiración potencial (MF) en mm/mes**

Latitud Sur	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.990	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.050	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3	2.353	2.154	2.360	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.290	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.050	1.888	1.995	2.150	2.240	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.050	2.363	2.117	1.980	1.820	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.433	2.397	2.476
8	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.750	1.858	2.054	2.210	2.443	2.423	2.510

9	2.538	2.251	2.360	2.062	1.986	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.180	2.470	2.497	2.610
12	2.625	2.292	2.350	2.002	1.799	1.608	1.719	1.950	2.169	2.477	2.520	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.464	2.543	2.675
14	2.680	2.317	2.340	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.490	2.566	2.706
15	2.707	2.326	2.334	1.937	1.700	1.500	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16	2.734	2.339	2.317	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.500	2.610	2.769
17	2.760	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.540	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	1.598	1.391	1.504	1.780	2.068	2.508	2.651	2.830
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.654	1.354	1.467	1.750	2.072	2.510	2.671	2.859

Fuente : El Riego - A. Vásquez V. / L. Chang N.

### **3.12.2. Calendario de Siembra y Cosecha**

Según el diagnóstico en el área del proyecto, nos muestra la existencia de una población pecuaria numerosa y variada con un tipo de explotación establecida sobre pastos cultivados y naturales irracionalmente explotados y dadas las características climáticas y de altura sobre el nivel del mar que se encuentra el proyecto de mejoramiento de riego; se ha llegado a la conclusión de establecer la instalación de pastos cultivados a la explotación pecuaria, y productos de pan llevar en una mínima proporción.

### **3.12.3. Coeficiente de Cultivo**

Para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua, se presenta unos coeficientes de cultivo ( $K_c$ ), con objeto de relacionar la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas y que produzcan rendimientos óptimos.

Los valores apropiados de  $K_c$  en los que se tienen en cuenta las características de cultivo, el momento de siembra, fases de desarrollo vegetativo y las condiciones climáticas.

En ellas se distinguen las siguientes etapas:

#### **3.12.4. Etapa de germinación**

Abarca la germinación, nacencia y estados iniciales del cultivo, cuando el porcentaje de cubrición es pequeño. Es esta fase se denomina la evaporación frente a la transpiración. Su duración en siembra se plantea a partir de los meses de Setiembre hasta Enero; y la germinación propiamente dicha oscila entre 18 a 21 días en su primera fase de crecimiento.

#### **3.12.5. Etapa de crecimiento vegetativo**

Transcurre desde la fase anterior hasta que aparezca la cuarta, quinta hasta la sexta o séptima hoja trifoliar, así como, el alargamiento de las yemas de la corona que le dan una apariencia de roseta. Este estado es el punto inicial después de cada corte, dura aproximadamente hasta 60 días.

#### **3.12.6. Fase intermedio**

Se caracteriza por la elongación de los tallos. El alargamiento de los entrenudos de los tallos que es muy rápido, y la producción de materia seca es grande, dura aproximadamente 120 días.

#### **3.12.7. Fase final o de madurez**

Presencia de botones florales o aparición de las yemas florales que coinciden con la aparición de los órganos reproductores, inicio de floración 150 días.

#### **3.12.8. Cédula de cultivos**

Del resultado de análisis Socioeconómico la cedulas de cultivo se simplifican en dos tipos; una para la zona pampa y otra para la laderas bajas, estos cultivos se consideran que estarán bajo riego. Los cultivos se presentan su área total irrigable por cultivo y por meses, conformada en su mayor por pastos cultivados, el resto de cultivos son para autoconsumo.

Con la Irrigación Llusta, se espera un desarrollo en la agricultura y por ende en la ganadería, por lo cual se propone una cedula de cultivo tipo proyectado



### 3.12.9. Programación de Riego

La programación de riego responde a las cuestiones planteadas en la introducción mediante la determinación de todos los elementos que definen el riego: periodo de riego, volumen o dosis de riego, frecuencia de riego, etc.

La programación de riego que se tomó en cuenta para los pastos cultivados, siguió los siguientes criterios, que son los más utilizados:

1. Maximizar la producción por unidad de superficie regada,
2. Maximizar la producción por unidad de agua aplicada,
3. Maximizar el beneficio de la explotación agrícola,
4. Ahorrar o minimizar las necesidades energéticas.

Existe una gran variedad de métodos de programación, desde el agricultor que riega basándose en su experiencia hasta los métodos más sofisticados que requiere de instrumentación y un alto nivel de preparación técnica. Para efectos del presente se usó el método basado en el estado hídrico de la planta y el balance hídrico.

### 3.12.10. Evapotranspiración del cultivo o real

Denominada también evapotranspiración del cultivo, es la tasa de evaporación y transpiración de su cultivo exento de enfermedades, es por eso que a veces se le denomina Uso Consuntivo; su cálculo se efectúa mediante la relación:

$$ETR = K_c * ETP \quad \text{Ecuación III-15}$$

Dónde:

- ETR : Evapotranspiración Real (mm/mes).  
Kc : Coeficiente del cultivo.

Para la estimación de la Evapotranspiración de referencia para el Sistema de Riego Llusta se utilizó el Método de Hargreaves en basado en la Temperatura y Radiación los resultados se muestran en la tabla.

#### **Tabla Nº 66 Evapotranspiración de referencia Método Hargreaves.**

**CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL PARA HECTAREAS SIN PROYECTO**

METODO HARGREAVES EN BASE A TEMPERATURA

ESTACION :	MAZOCRUZ	CODIGO :	000878	REGION :	PUNO										
LATITUD :	16° 44' 20.4"	TIPO :	CO	PROV. :	EL COLLAO										
LONGITUD :	69° 42' 55.7"	PERIODO :	1964 - 2014	DIST. :	SANTA ROSA										
ALTITUD :	4003.00	m.n.s.m.													
NP	CONCEPTO	UND	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
1	Tª media mensual (°C)	°C	3.41	5.11	6.42	7.62	8.02	7.80	7.50	5.57	2.53	0.70	0.41	1.54	
2	Tª media mensual (°F)	°F	38.14	41.20	43.55	45.72	46.43	46.04	45.49	42.02	36.55	33.27	32.74	34.76	
3	Humedad Relativa (HR)	%	52.14	48.52	50.91	57.98	65.79	68.35	66.74	59.99	52.73	51.47	48.69	49.49	
4	Factor Mensual de Latitud (MF)	mm	2.11	2.50	2.63	2.79	2.75	2.35	2.32	1.90	1.64	1.44	1.55	1.82	
5	Factor de Correccion por Humedad Relat. (CH)	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
6	Factor de Correccion por altura (CE)	-	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	
	Evapotranspiracion Potencial (ETP)	mm	86.78	111.38	123.48	137.82	138.06	116.67	113.92	86.10	64.78	51.63	54.79	68.21	1153.62

**CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL PARA HECTAREAS SIN PROYECTO**

METODO HARGREAVES EN BASE A LA RADIAION

ESTACION :	MAZOCRUZ	CODIGO :	000878	REGION :	PUNO										
LATITUD :	16° 44' 20.4"	TIPO :	CO	PROV. :	EL COLLAO										
LONGITUD :	69° 42' 55.7"	PERIODO :	1964 - 2014	DIST. :	SANTA ROSA										
ALTITUD :	4003.00	m.n.s.m.													
		MOD. RIEGO :				0									
NP	CONCEPTO	UND	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
1	Tª media mensual (°C)	°C	3.41	5.11	6.42	7.62	8.02	7.80	7.50	5.57	2.53	0.70	0.41	1.54	
2	Tª media mensual (°F)	°F	38.14	41.20	43.55	45.72	46.43	46.04	45.49	42.02	36.55	33.27	32.74	34.76	
3	Horas de sol diaria	n	9.12	9.21	8.24	7.14	6.42	6.60	7.35	8.78	9.16	9.38	9.33	9.75	
4	Duración máxima diaria de insolación	N	12.00	12.53	12.90	13.10	13.00	12.67	12.23	11.77	11.33	11.10	11.20	11.57	
5	Brillo solar (%)	S	76.00	73.48	63.86	54.49	49.37	52.09	60.08	74.63	80.84	84.53	83.33	84.30	
6	Días del mes	D	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	30.00	31.00	
7	Radiación extraterrestre (Ra)	mm/día	14.23	15.80	16.74	16.91	16.97	16.44	15.16	13.39	11.59	10.65	11.05	12.49	
8	Radiación extraterrestre (RIM)	mm/mes	426.80	489.80	502.10	524.21	526.17	460.23	470.06	401.70	359.29	319.60	331.60	387.19	
9	Radiación solar equivalente (RSM)	mm/mes	279.06	314.89	300.92	290.21	277.28	249.13	273.25	260.26	242.28	220.39	227.03	266.63	
10	Evapotranspiracion Potencial (ETP)	mm/día	2.66	3.14	3.28	3.21	3.11	3.07	3.01	2.73	2.14	1.83	1.86	2.24	
	Evapotranspiracion Potencial (ETP)	mm/mes	79.82	97.30	98.28	99.51	96.56	86.02	93.23	82.02	66.41	54.99	55.75	69.52	979.41

**3.12.11. Precipitación efectiva**

Es indispensable conocer la frecuencia y el volumen de las lluvias para poder planificar el riego, la lluvia efectiva es una parte de la lluvia total, que puede perderse debido a la escorrentía superficial, a una percolación profunda por debajo de la rizosfera o a evaporación de la lluvia interceptada por las hojas de la planta.

Se emplea diferentes criterios en diversos países para estimar la lluvia efectiva como porcentaje del total, un criterio aproximado para estimar la precipitación efectiva es el método empírico que sigue el Water Resurser

Service U.S.A. (Bureau of Reclamation) que consiste en considerar la distribución de la precipitación efectiva de la siguiente forma que se aprecia en la Tabla

La precipitación efectiva al 75% de persistencia ha sido estimada a nivel mensual expresada en milímetros, este ha sido procesado a partir de los registros de lluvias de la estación climatológica de Pichacani - Laraqueri.

**Tabla N° 67 Distribución de la precipitación efectiva**

Incremento de Lluvia (mm)	Precipitación Efectiva (%)
5	0
20	95
35	90
80	82
105	55
130	45
155	25
>155	5

Fuente: El Riego Principios Básicos. A. Vásquez V.

### 3.12.12. Lámina neta de riego (Ln)

La lámina neta de riego para el cultivo de pastos cultivados, se obtiene restando a las láminas de uso consuntivo los aportes de la lluvia efectiva que ocurre en la zona del proyecto.

$$Ln = ETR - PE$$

Ecuación III-16

Dónde:

Ln : Lámina Neta (mm).

ETR : Evapotranspiración Real (mm/mes).

PE : Precipitación Efectiva.

### 3.12.13. Eficiencia de riego

Toda el agua que se aplica al suelo no es aprovechada por La planta así como todo el agua que se capta en la bocatoma no llega a la parcela. Algunos sistemas, tanto de conducción como de aplicación pierden más

agua que otros a los que menos agua pierden se les denomina más eficientes.

### Eficiencia de Aplicación

Esta dada en la parcela de riego se refiere a la lámina de agua aplicada (Lap) al momento del riego, en relación a la lámina que se cubre un porcentaje del Arango de humedad aprovechable o lamina neta (Ln). La primera lamina esta incrementada, algunas veces, por la lámina necesaria para mantener un nivel adecuado de sales en el perfil del suelo, y disminuida por la precipitación efectiva cuando se producen lluvias. De no existir esto dos consideramos (lluvias y sales), la eficiencia de aplicación vendría ser la relación entre la lámina neta y la lámina aplicada.

$$E_{fap} = \frac{L_n}{L_{ap}}$$

Ecuación III-17

E<sub>fap</sub> = eficiencia de aplicación

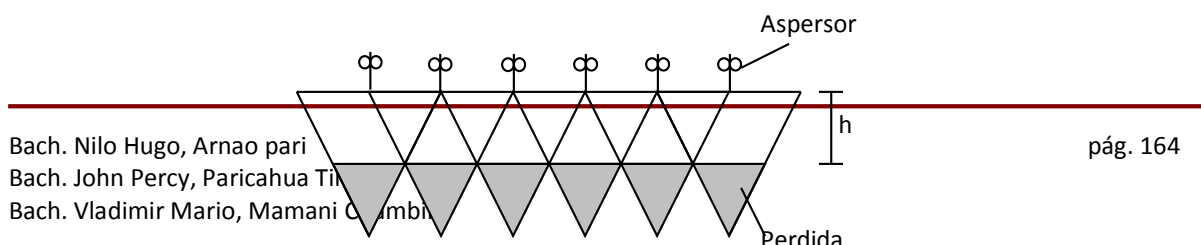
L<sub>n</sub> = lamina neta (cm)

L<sub>ap</sub> = lamina aplicada (cm)

La lámina aplicada, es la necesaria para cumplir el rango de humedad aprovechable y las perdidas existentes por percolación profunda debido al sistema de aplicación del riego.

En riego por aspersión, el humedecimiento se produce como un cono invertido, ubicándose las puntas inferiores fuera de la profundidad de raíces (perdida). Además el viento arrastra las gotas de agua, des uniformizando su aplicación; existiendo gotas interceptadas por los cultivos y que se evaporan a la atmósfera; téngase en cuenta además que el estado de los aspersores y del sistema de tuberías afecta la eficiencia.

**Figura N°28: Humedecimiento en riego por aspersión**



De los tres sistemas existentes (gravedad, aspersión y goteo) el que más pierde agua es el sistema por gravedad, luego le sigue el de aspersión y por último el de goteo. Por esta razón el más eficiente es el del goteo, aspersión y superficial en ese orden. Valores prácticos a considerar en goteo entre el 75 al 90% en aspersión entre el 60 al 75% y en gravedad entre 40 y 60%.

**Tabla N° 68 Eficiencia de Aplicación del Riego por Aspersión**

(Según Manual AMES)

Lámina de agua aplicada mm	Evapotranspiración máxima en mm/día		
	5mm o menos	5-7.5 mm	7.5 o más mm
	Velocidad de viento promedio 6.4 km/h		
25	68	65	62
50	70	68	65
100	75	70	68
125	80	75	70
	Velocidad de viento promedio 6.4 - 16 km/h		
25	65	62	60
50	68	65	62
100	70	68	65
125	75	70	68
	Velocidad de viento promedio 16 - 24 km/h		
25	62	60	58
50	65	62	60
100	68	65	62

125	70	68	65
-----	----	----	----

Fuente: Sistemas Hidráulicos de Riego. C. Benítez C.

## I. DISCUSIÓN

El área de estudio está comprendida por el área total de la cuenca hacia el punto de interés Bocatoma Llusta y el total de estudio donde se ubica la población beneficiaria, comunidades beneficiarias, infraestructura de riego, que es un total de 237,435 has

El conocimiento de la situación actual fue muy importante y permitió definir el problema que afecta a la población de la comunidad campesina de; con un adecuado sustento y se realizó el análisis de la alternativa de solución definida.

El presente diagnóstico es resultado del análisis, la interpretación y la medición de la situación actual, así como de los factores que interactúan y tendencias a futuro. Para la elaboración del diagnóstico se recopiló, sistematizó, interpretó y analizó la información proveniente de fuentes primarias y complementarla con información de fuentes secundarias y material fotográfico.

Los canales rústicos son de tierra, de diferentes dimensiones, que van desde 1 metro de ancho hasta 0.5 metros, la profundidad del canal es de más o menos 0.5 metros de profundidad.

Los tramos del canal son des-uniformes, de dimensiones variadas, según el sector, se realiza el mantenimiento una vez al año de manera comunal.

El servicio que se presta actualmente es deficiente, debido a que el agua que se capta es insuficiente, la organización es débil, la tecnología es tradicional y anticuada, el agua solamente lo usan para regar pastizales naturales.

### **Planteamiento de las acciones**

Por las características topográficas del terreno se ha planteado el sistema de riego con las únicas características que corresponden desde el punto de vista de la ingeniería, además no habiendo otra alternativa para la provisión del servicio de agua para riego, se traduce en una sola alternativa de solución.

---

## II. CONCLUSIONES

**OE1:** en el estudio topográfico se observó la diferencia de nivel entre aguas arriba y aguas abajo, que se obtiene con el remanso causado por el barraje, se utiliza para permitir el ingreso del agua en la obra de toma. Al mismo tiempo, este remanso permite ubicar el canal de toma y las obras anexas a una elevación más alta respecto al cauce, reduciendo los costos de excavación de las obras. Para evitar que el remanso aguas arriba del barraje produzca inundaciones no deseadas, se complementa la bocatoma con diques en materiales sueltos de longitud suficiente para contener el remanso durante las avenidas.

Los estudios esencialmente topográficos se centraron en las bocatomas I y II, canales de riego y obras arte conexas, en tanto que solo se desarrolló el levantamiento de superficie en los canales y la bocatoma, los cuales nos permitió obtener los parámetros geotécnicos, que se utilizaran en el diseño de los canales y obras de arte.

**OE2:** Los estudios geológicos y de geotecnia nos dieron a conocer los componentes y parámetros geotécnicos.

- El canal principal con el modulo “B” con una extensión de 5+500 Km. Margen izquierdo del rio Humajalso, que es del Sector de Calachaca, su litología está bien distribuida y uniforme, no hay problemas ni vulnerables, suelos y tramos de roca volcánica tipo sedimentario identificados de acuerdo a su clasificación.
- El canal principal con el modulo denominado “C” con una extensión de 5+700 km. que corresponde al Sector Llustacucho, conformado por un material variado, uniformemente distribuido a lo largo de este canal donde también se presenta, zonas hidromórficas o denominado bofedales, en tramos determinados por donde también donde se planteara canal entubado por la reducir la perdida de recurso hídrico.
- Y El canal principal nuevo proyectado como el modulo “D” con una extensión de 2+050 km. que corresponde también al Sector de Llustacucho, este tramo nuevo



también está conformado por un material variado, uniformemente distribuido a lo largo de esta proyección nueva.

- De acuerdo al análisis efectuado y otras consideraciones de carácter geotécnico, dentro de los estudios realizados para la construcción futura en la bocatoma del sector de Calachaca, la capacidad de carga admisible a nivel de cimentación a una profundidad de 1.50 m. será el siguiente:
  - C-01-MI qadm con agua será: 1.49 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata cuadrada o rectangular
  - C-01-MI qadm con agua será: 1.55 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata corrida
- Para el análisis geotécnico y de acuerdo a los estudios realizados en la segunda bocatoma de Llustacucho se tiene la siguiente capacidad de carga admisible a nivel de cimentación a una profundidad de 1.50 m. el cuál es el siguiente:
  - C-01-MI qadm con agua será: 5.37 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata cuadrada o rectangular
  - C-01-MI qadm con agua será: 5.67 kg/cm<sup>2</sup>. Zapata corrida

En conclusión, el estudio geotécnico realizado ha dado los parámetros geotécnicos básicos para permitir a los especialistas determinar un diseño preliminar de las bocatomas, los canales de riego y obras de arte principales.

**OE3:** en el estudio hidrológico Se muestra el caudal ecológico en el punto de interés Bocatoma, tomando en cuenta el 15% del caudal disponible en épocas de estiaje y el 10% del caudal en épocas de avenidas:

### **Tomas de Agua**

El proyecto requerirá de volúmenes de agua, los cuales se proveerán del cauce de los ríos Tupala y Chichillapi tanto en la etapa de construcción como en la etapa de funcionamiento.

### **Disponibilidad hídrica**

Para poder determinar la disponibilidad hídrica mensualizado, se generan caudales con el modelo de Lutz Scholz en los puntos de interés Bocatoma. Se realiza un análisis de persistencia para poder determinar el cálculo de la disponibilidad hídrica,

utilizando el método Weibull, aplicado a los caudales generados los resultados se muestran

Caudales medios mensuales del río Tupala en la Bocatoma (m<sup>3</sup>/s Modulo A y B Calachaca para distintos niveles de persistencia

Pers	E	FE	MAR	AB	MA	JU	JUL	AG	SEP	OC	NO	DI	Prom.
PRO	1.	3.16	2.48	1.47	0.54	0.30	0.24	0.23	0.24	0.25	0.30	0.56	0.945
P	1.	2.66	1.76	1.23	0.48	0.29	0.24	0.23	0.23	0.24	0.30	0.46	0.811
<b>P</b>	<b>0.</b>	<b>1.47</b>	<b>1.05</b>	<b>0.65</b>	<b>0.36</b>	<b>0.24</b>	<b>0.19</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.20</b>	<b>0.23</b>	<b>0.34</b>	<b>0.485</b>
P	0.	0.74	0.58	0.39	0.23	0.17	0.13	0.14	0.15	0.14	0.15	0.24	0.292
Q. Ecol	1	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	0.129
	0.	0.32	0.25	0.15	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.103
Q.	0.	1.15	0.80	0.50	0.28	0.19	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.29	0.381

Río Chichillapi – Modulo “C y D” Llustacucho.

Pers	E	F	MA	AB	MA	JU	JUL	AG	SEP	OC	NO	DI	Prom.
PRO	5.	1	8.85	5.56	1.94	0.99	0.74	0.68	0.73	0.75	0.95	1.72	3.242
P	5.	9.	7.00	3.74	1.53	0.95	0.74	0.70	0.71	0.74	0.88	1.34	2.722
<b>P</b>	<b>2.</b>	<b>5.</b>	<b>3.92</b>	<b>2.09</b>	<b>1.08</b>	<b>0.76</b>	<b>0.63</b>	<b>0.56</b>	<b>0.59</b>	<b>0.65</b>	<b>0.71</b>	<b>1.04</b>	<b>1.688</b>
P	1.	2.	2.07	1.41	0.88	0.60	0.51	0.42	0.44	0.48	0.51	0.64	0.972
Q. Ecol	1	1	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	10%	0.129
	0.	1.	0.89	0.56	0.29	0.15	0.11	0.10	0.11	0.11	0.14	0.17	0.352
Q.	2.	4.	3.03	1.54	0.79	0.61	0.52	0.46	0.48	0.53	0.56	0.87	1.335

Fuente: Estudio de Hidrología 2019 – DEPI

---

### III. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar asistencia técnica sobre el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos para poder llegar a optimizar y tecnificar el riego para aumentar la eficiencia del riego.
- Realizar estudios de represamiento de aguas ya que en tiempos de avenidas de pierde bastante de este recurso, los cuales podría aliviar las demandas potenciales dentro de la cuenca.
- Se debe proponer la creación de más estaciones meteorológicas dentro de la cuenca del Rio Llusta, que registren los parámetros principales entre sedimentos, precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, horas de sol y control de las aguas mediante mayor número de estaciones hidrométricas.
- Se recomienda que las autoridades competentes realicen inspecciones a los diferentes Sistemas Agrario y no Agrario a fin de hacer cumplimiento de acuerdo a los derechos de uso de agua.

La importancia del estudio del proyecto “Propuesta y Diseño para el Mejoramiento y ampliación del sistema de riego del distrito de Santa Rosa”, así como la magnitud de obras proyectadas exige una organización competente que realice la operación y mantenimiento del sistema en la fase de explotación del proyecto a fin de proporcionar un servicio adecuado a los usuarios y garantizar además la seguridad y conservación de las obras; para lo cual en el ámbito de Proyecto la organización es fortalecida, con sus usuarios y directivos a los cuales se recomienda el compromiso donde asuman la responsabilidad de realizar la operación y mantenimiento del sistema de riego Santa Rosa.

---

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**Arango, B. A. & Bolaños, S. R. (2017).** *Rediseño del canal de riego La Victoria ubicado en las parroquias San Roque, Atuntaqui, Chaltura, Natabuela e Imbaya del cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. (Trabajo de titulación). Universidad Central de Ecuador, Quito. Recuperado de:*

*<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1374>.*

**Alcántara, I. F. & Torres, E. R. (2015).** *Mejoramiento mediante el revestimiento del canal y construcción de obras de arte de 6.8 km. del Canal Sucurunday. Ubicado en el Caserío Sucurunday, Distrito de Sinsicap, Provincia de Otuzco - La Libertad. (Tesis Ingenieril). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de:*

*<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9283>*

**Aredo, A. E. & Valverde, A. (2016).** *Mejoramiento y rehabilitación del canal de regadío Carabamba margen izquierda, Distrito de CARABAMBA, Provincia de JULCÁN, Departamento de LA LIBERTAD. (Tesis Ingenieril). Universidad Austral de Chile. Recuperado de:*

*<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7522>*

**Condori, H. (2010).** *``Criterios de Diseño de Obras Hidraulicas para la Formulación de Proyectos Hidraulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hidrico``. Lima: Autoridad Nacional del Agua.*

**Consorcio Cajamarca (2012).** *Mejoramiento de Infraestructura del Canal de Riego Zonanga Jaén Cajamarca. (Expediente técnico). Cajamarca, Perú. Recuperado de:*  
*<http://agriculturacajamarca.gob.pe/contentido/mejoramiento-de-infraestructura-del-canal-de-riego-zonanga-ja-n-cajamarca>*

**Díaz, J. C. (2014).** *Remodelación y revestimiento de 1.2 km en los canales Escute, Arenal y Ramal Pulen del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. (Tesis Ingenieril). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de:*

<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/300>

**Perez, G. (2013).** *``Diseño Hidraulico de Canales``*. Lima: CivilGeek.

**Tello, L. (2013).** *Mejoramiento del canal de riego El Piruro. (Proyecto Profesional)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Recuperado de:  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/681>

**Riegos. (2017).** *``Conducción, Drenaje Hídrico Agrícola Reutilizado, Eficiencia de Riego, Efluente, Perdida Hídrica, Red de Distribución de Riego, Rendimiento de Conducción, Riego, Riego por Gravedad, Sistema Hidráulico``*. Tumbes: Sf.

**Glosario de Hidráulica. (2017).** *``Acueducto, Aforo, Aforar, Alcantarilla, Bocatoma, Captación, Caudal, Compuerta, Fluido, Medidores, Obra de Arte, Sifones``*. Tumbes: Sf.

## v. ANEXOS

