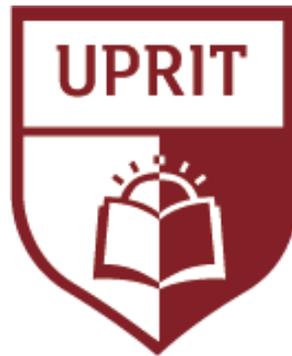


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL
SISTEMA DE RIEGO TACAPISI PROVINCIA DE YUNGUYO REGIÓN
PUNO**

TESIS:

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

AUTOR:

Bach. Wilmar Rodolfo, Olaguivel Coila

Bach. Abdul, Tintaya Cárdenas

Bach. Eloy, Mamani Calcina

ASESOR:

Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

TRUJILLO – PERÚ

2023

HOJA DE FIRMAS

Propuesta Para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi
Provincia de Yunguyo Región Puno

Autores:

Bach. Wilmar Rodolfo, Olaguivel Coila

Bach. Abdul, Tintaya Cárdenas

Bach. Eloy, Mamani Calcina

Ing. Enrique Durand Bazán

PRESIDENTE

Ing. Guido Marín Cubas

SECRETARIO

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente en todos mis esfuerzos, les dedico esta tesis. Sin su amor y ayuda, no habría podido llegar hasta aquí. Gracias por todo.

Wilmar Rodolfo, Olaguivel Coila

Abdul, Tintaya

Eloy, Mamani Calcina

AGRADECIMIENTO

Gracias por todo a mis padres, por estar siempre conmigo. Gracias por ser mi familia y mi hogar. Gracias por todo lo que hicieron por mí durante todos estos años. Gracias a mi madre, porque sin ella no sería la persona que soy hoy en día. Ella es mi ejemplo a seguir y mi mejor amiga. Siempre estuvo ahí para mí, incluso cuando no lo merecía. Gracias por todos los consejos, las charlas, las risas y los abrazos. Gracias por ser mi guía y mi luz. Gracias a mi padre, porque gracias a él soy la persona independiente que soy hoy en día. Siempre me animó a seguir mis sueños y a luchar por lo que quería. También me enseñó el valor del trabajo duro y el esfuerzo.

Los autores.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	16
ABSTRACT.....	17
I. INTRODUCCION	18
1.1. Realidad Problemática.....	18
1.2. Formulación del Problema.....	19
¿Cuál es el estudio de Geológico y de Geotecnia, para la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego Tacapisi provincia de Yunguyo, Región Puno?.....	19
1.3. Justificación	19
1.3.1. Norma legal.....	20
1.4. Objetivos	21
1.1.1. Objetivo General.....	21
1.1.2. Objetivos Específicos	22
1.5. Antecedentes.....	22
1.6. Bases Teóricas.....	23
1.7. Definición de términos Básicos.....	28
1.8. Formulación de Hipótesis.....	29
1.9. Propuesta de aplicación profesional.....	29
II. MATERIALES Y METODOS	30
2.1. Material de Estudio.....	30
2.1.1. Población	30
2.1.2. Población y muestra	30
2.1.3. Poblacion Beneficiarios	30
Muestra.....	30
2.1.4. Recopilación y análisis de datos	31
2.1.5. Tipo y Diseño de Investigación	32
III. RESULTADOS.....	33
3.1. Aspectos generales.....	33
3.1.1. Accesibilidad.....	37
Límites del ámbito del proyecto.....	37
3.1.2. Características Físicas	37
Fisiografía.....	37
3.2. Propuesta del proyecto	41
3.3. Estudio topográfico.....	41
Generalidades.....	41
3.3.1. Información topográfica disponible	43
3.3.2. Información topográfica detallada.....	44

3.3.3. I.G.N.	Enlace de la poligonal básica con el sistema de control horizontal y vertical del	45
3.3.4.	Levantamiento topográfico	48
3.3.5.	Reconocimiento de Campo	50
3.3.6.	Elecciones de Vértices de Red de Apoyo.....	51
3.3.7.	Monumentación de Vértices.....	51
3.3.8.	Levantamiento Planimétrico y Altimétrico.....	52
3.3.9.	Relleno Topográfico.....	54
3.3.10.	Cálculos y Compensaciones de la Red de Apoyo	55
3.3.11.	Dibujo del Plano Topográfico	56
3.4.	Levantamiento topográfico especiales.....	57
3.4.1.	Trazo y replanteo de los muros de encauzamiento.	59
3.4.2.	Reconocimiento de campo.....	60
3.4.3.	Ubicación de los puntos de inflexión.....	60
3.4.4.	para ello luego de dibujar nuevamente el pc y pt.....	63
3.4.5.	Punto Obligado de Tangente ó Punto de Paso (PP).	63
3.4.6.	Trazo y Estacado de la Poligonal.....	63
3.4.7.	Nivelación de Estacas de los muros de Encausamiento	64
3.4.8.	Seccionamiento de estacas	64
3.4.9.	Amarre con un Sistema de Coordenadas Absolutas.....	64
3.4.10.	Dibujos y planos finales.....	65
3.5.	Trazo y replanteo de los canales de derivación entubado.	65
3.5.1.	Reconocimiento de campo.....	66
3.5.2.	Determinación de línea de gradiente.....	66
3.5.3.	Ubicación de los puntos de inflexión horizontal (PIs).....	67
3.5.4.	Trazo y Replanteo de la Poligonal abierta de eje canal.....	67
3.5.5.	Personal de Trabajo, Equipo y materiales.	68
3.5.6.	Puntos de Inflexión (PI), y ángulos de deflexión (α).....	70
3.5.7.	Punto Obligado de Tangente o Punto de Paso (PP).	72
3.5.8.	Nivelación de Estacas de eje canal	72
3.5.9.	Seccionamiento de estacas	73
3.5.10.	Amarre con un Sistema de Coordenadas Absolutas.....	73
3.5.11.	Dibujos y planos finales.....	74
3.6.	Trazo y replanteo de los reservorios.....	74
3.6.1.	Estacado del eje (Trazo).....	75
3.6.2.	Nivelación de Estacas	75
3.6.3.	Seccionamiento de estacas	76

3.6.4.	Amarre con un sistema de coordenadas absolutas.....	77
3.6.5.	Monumentación y Nivelación de BMs	78
3.6.6.	Dibujos y planos finales de estudio	78
3.7.	Estudio de Hidrología	85
3.7.1.	Descripción general de la cuenca y el curso principal.....	85
3.7.2.	Información básica.....	87
3.7.3.	Geomorfología	91
3.7.4.	Calidad de Agua.	93
3.7.5.	Análisis y tratamiento de la información meteorológica e hidrométrica.....	98
3.7.5.1.	Análisis de las variables meteorológicas.	98
3.7.5.2.	Tratamiento de la información meteorológica e hidrológica.....	105
3.8.	Oferta hídrica.....	113
3.8.1.	Precipitación media en la cuenca del río Callacame y microcuenca Huañacachi. 113	
3.8.2.	Determinación de la oferta hídrica superficial	116
3.8.3.	Análisis de máximas avenidas	125
3.8.4.	Caudales máximos para diferentes periodos de retorno	131
3.8.5.	Determinación de la demanda hídrica.....	136
3.8.5.1.	Demanda agrícola	136
3.8.5.2.	Evapotranspiración potencial de referencia (ETP)	137
3.8.5.3.	Precipitación efectiva (PE)	138
3.8.6.	Caudal Ecológico.	138
3.8.7.	Balance hidrico mensualizado.....	140
3.8.7.1.	Oferta hídrica.	140
3.8.	Estudio de Geología y Geotecnia.....	141
3.8.1.	Metodología de trabajo.....	141
	Recopilación de datos.....	141
	Trabajos de campo.....	141
	Trabajos de gabinete	142
3.8.2.	Geomorfología	142
3.8.2.1.	Geomorfología regional	142
3.8.2.2.	Agentes y factores de modelamiento geomorfológico:	143
	Tectónicos.....	143
	Volcánicos.....	143
	Hidroclimáticos.....	144
	Eólicos.....	144
3.8.3.	Geomorfología local.....	145

3.8.3.1.	Unidades geomorfológicas locales:.....	145
3.8.3.2.	Sistema antrópico:.....	146
3.8.3.3.	Sistema fluvial:.....	146
3.8.4.	Sistema volcánico-montañoso:.....	147
3.9.	Geología.....	148
3.9.1.	Marco geológico local.....	148
3.9.2.	Estratigrafía.....	149
	FORMACIÓN CAPILLUNE (N-ca).....	149
	Grupo barroso (N-ba/an,dp).....	150
	depósitos aluviales (Qh-al).....	152
	Depósitos bofedales (qh-bo).....	153
3.9.3.	Geología estructural.....	153
3.9.4.	Geotécnia.....	155
	Generalidades.....	155
	Metodología.....	155
3.9.4.1.	Ensayos de mecánica de suelos.....	156
3.9.4.2.	Análisis de cimentación.....	158
3.9.4.3.	Análisis de estabilidad de taludes:.....	162
3.9.4.4.	Variables que rigen la estabilidad de talud.....	163
3.9.4.5.	Métodos de análisis.....	164
3.9.4.6.	Análisis de riesgo sísmico.....	169
3.9.4.7.	Intensidades.....	169
3.9.4.8.	Zonificación sísmica.....	170
3.9.4.9.	Fuerza horizontal equivalente.....	171
3.9.4.10.	Peligro sísmico.....	172
3.9.5.	Geotecnia de bocatoma y captaciones.....	174
	Trabajos de campo.....	174
	clasificación de suelos y análisis de resultados.....	175
	Caracterización geológica - geotécnica.....	175
	Resumen de perfil estratigráfico.....	177
	Análisis de cimentación.....	179
	Características geotécnicas de los suelos de fundación.....	181
IV.	DISCUSIÓN.....	185
V.	CONCLUSIONES.....	186
VI.	RECOMENDACIONES.....	188
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	189
VIII.	ANEXOS.....	190

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 01 Población total del área de influencia del proyecto	29
TABLA N° 02 Operacionalizacion de variables	30
TABLA N° 03 Vias de comunicación desde puno al ambito de proyecto	34
TABLA N° 04 Limites del distrito de copani	34
TABLA N° 05 Limites del ambito del proyecto	34
TABLA N° 06 Fauna del ambito de estudio	37
TABLA N° 07 Metas de la propuesta de proyecto	38
TABLA N° 08 trazo de canales.....	39
TABLA N° 09 Elementos de curva del canal central.....	77
TABLA N° 10 Elementos de curvas dela canal sector santa rosa	78
TABLA N° 11 Elementos de curvas dela canal sector santa	79
TABLA N° 12 Elementos de curva del sector huecco.....	79
TABLA N° 13 Coordenadas y puntos de control.....	80
TABLA N° 14 Bms. Sector central.....	81
TABLA N° 15 Bms. Sector santa rosa.....	81
TABLA N° 16 Bms. Sector hueco.....	81
TABLA N° 17 Informacion meteorologica utilizada	86
TABLA N° 18 Informacion hidrolologica utilizada	86
TABLA N° 19 Caracteristicas morfologicas de la micro cuenca huañacachi....	90
TABLA N° 20 Resultados de analisis de agua en al micro cuenca huañacachi	95
TABLA N° 21 Longitud de registros de precipitacion total.....	103
TABLA N° 22 Registros de caudales medios mensuales utilizados para el analisis y tratamiento de la informacion hidrometrica.....	103

TABLA N° 23 Analisis estadistico de saltos de las series de precipitacion total mensual del grupo P1 (GP1).....	108
TABLA N° 24 Analisis estadistico de saltos de la series de precipitacion total mensual del grupo Q1(GQ1)	108
TABLA N° 25 Análisis estadístico de tendencias de las series de precipitación total mensual del Grupo P1 (GP1)	109
TABLA N° 26 Análisis estadístico de tendencias de las series de precipitación total mensual del Grupo Q1 (GQ1).....	109
TABLA N° 27 Precipitacion media Areal cuenca callacame	111
TABLA N° 28 Precipitacion media Areal cuenca huañacachi	111
TABLA N° 29 Puntos de interes según su denominacion	112
TABLA N° 30 Informacion utilizada para la generacion de caudales en puntos de interes	117
TABLA N° 31 Caudales medios mensuales generados - captación Huañacachi (m3/s).....	117
TABLA N° 32 Volúmenes medios mensuales generados- captación Huañacachi (MMC).....	118
TABLA N° 33 Oferta hídrica a distintos niveles de persistencia en la Captación Huañacachi. (m3/s).....	118
TABLA N° 34 Oferta hídrica a distintos niveles de persistencia en la Captación Huañacachi. (MMC).	118
TABLA N° 35 Primera campaña de aforo en las fuente de captacion	119
TABLA N° 36 Segunda campaña de aforo en las fuentes de captacion.....	119
TABLA N° 37 Precipitacion maxima en 24 horas estacion yunguyo	122
TABLA N° 38 Precipitaciones maximas probables estacion yunguyo.....	123
TABLA N° 39 Pruebas estadistics de ajuste Chi cuadrado estacion yunguyo	124
TABLA N° 40 Tormentas de diseño del NRCS en 24 hr.del tipoll estacion yunguyo.	124

TABLA N° 41 Estimacion del CN para la cuenca	126
TABLA N° 42 Tiempo de concentracion y retraso en las cuencas	126
TABLA N° 43 Resumen de analisis de maximas avenidas capatacion huañacachi.	130
TABLA N° 44 Areas actuales mejoradas incorporadas y total del sistema de riego challapampa.....	131
TABLA N° 45 Variables climatoogicas usadas para el calculo de la evapotranspiracion	131
TABLA N° 46 Evapotranspiracion potencial de referencia.....	132
TABLA N° 47 Precipitacion efectiva (PE)total mensual.....	132
TABLA N° 48 Demanda hidrica total del sub sistema central Ltr/s	132
TABLA N° 49 Demanda hidrica total del sub sistema santa rosa Ltr/s	132
TABLA N° 50 Demanda hidrica total del sub sistema huecco Ltr/s	132
TABLA N° 51 Caudal ecologico mediante metodologia propuesta por el ANA	134
TABLA N° 52 Oferta hídrica a distintos niveles de persistencia en la Captación Huañacachi. (Ltr/s).....	135
TABLA N° 53 Oferta hidrica de los manantiales papujo y nuñomani	135
TABLA N° 54 Unidades geomorfologicas	139
TABLA N° 55 Ensayos de laboratorio para las estructuras	150
TABLA N° 56 Clasificacion de suelos SUCS	150
TABLA N° 57 Clasificacion de suelos AASHTO	151
TABLA N° 58 Cuadro comparativo e fuerzas estabilizantes y desestabilizantes en la estabilidad de taludes.....	157

TABLA N°59 Abaco para obtener el fo del factor de seguridad.....	160
TABLA N°60 Parametros sismicos de diseño.....	167
TABLA N° 61 Calicatas y tomas de muestra	167
TABLA N° 62 Cuadro de Clasificación de los suelos de fundación para cimentaciones del Eje de Bocatoma Central y Ejes de Captación	168
TABLA N° 63 Caracterizacion geologica geotecnica bocatoma sector central	169
TABLA N° 64 Caracterizacion geologica geotecnica bocatoma sector Santa rosa	169
TABLA N° 65 Caracterizacion geologica geotecnica bocatoma sector Huecco.....	169
TABLA N° 66 Perfil estratigráfico eje de Bocatoma MD - Sector Central.....	170
TABLA N° 67 Perfil estratigráfico eje de Bocatoma MI - Sector Central	171
TABLA N° 68 Perfil estratigráfico eje de Captación - Sector Santa Rosa.	171
TABLA N° 69 Perfil estratigráfico eje de Captación - Sector Huecco.....	172

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01 Ubicación política y geografica del proyecto	32
FIGURA N° 02 Ubicación hidrografica del proyecto	33
FIGURA N° 03 Punto geodesico zppt1 plaza de armas distrito de zepita.....	45
FIGURA N° 04 Levantamiento planimetrico de los vertices.....	45
FIGURA N° 05 Levantamiento de curvas de nivel.....	50
FIGURA N° 06 Ubicación de la bocatoma central	53
FIGURA N° 07 Levantamiento de la bocatoma central.....	57
FIGURA N° 08 Seccinamiento para movimiento de tierras	57
FIGURA N° 09 Hitos de linea de gradiente	62
FIGURA N° 10 Trazo y replanteo.....	64
FIGURA N° 11 Seccionamiento de eatacas.....	65
FIGURA N° 12 Ubicación hidrografica de la microcuenca.....	71
FIGURA N° 13 Limites e hidrografia de la microcuenca.....	83
FIGURA N° 14 Cartografía identificada – distribución de hojas del IGN, escala 1:100,000.....	84
FIGURA N° 15 Estaciones hidrometeorologicas usadas en el estudio	85
FIGURA N° 16 Diagrama para la clasificacion de las aguas para riego	87
FIGURA N° 17 Precipitacion total anual en estaciones aledañas.....	94
FIGURA N° 18 Variacion mensual de la precipitacion media mensual	97
FIGURA N° 19 Variacion mensual de la temperatura media	97
FIGURA N° 20 Variacion mensual de la evaporacion total mensual.....	98
FIGURA N° 21 Variacion mensual de la humedad relativa.....	99
FIGURA N° 22 Variacion mensual de la velocidad del viento.....	101
FIGURA N° 23 Variacion mensual de la horas de sol	101

FIGURA N° 24 Ubicación de las estaciones meteorológicas en las cuencas en estudio.	104
FIGURA N° 25 Diagrama de doble masa Grupo P1 (GP1) Todos vs Todos.	105
FIGURA N° 26 Diagrama de doble masa Grupo Q1 (GQ1) Todos vs Todos... ..	106
FIGURA N° 27 Diagrama de doble masa Grupo P1 (GP1) – Estación Modelo: Juli.....	106
FIGURA N° 28 Diagrama de doble masa Grupo Q1 (GQ1) – Estación Modelo: Pte Ramis.....	107
FIGURA N° 29 Interpolación kriging en la cuenca Callacame.....	110
FIGURA N° 30 Distribucion de la precipitacion areal para el modelamiento hidrológico	111
FIGURA N° 31 Distribución espacial del punto de interés – Captación Huañacachi.	112
FIGURA N° 32 esquema de transformación de precipitación a caudal	114
FIGURA N° 33 Arquitectura del modelo GR2M de Mouelhi 2003	115
FIGURA N° 34 Calibración del modelo GR2M en el Puente Yorohoco Callacame.	117
FIGURA N° 35 Variación de caudales de la oferta hídrica en la Captación Huañacachi distintos niveles de persistencia en (m ³ /s).	118
FIGURA N° 36 Variación de caudales de la oferta hídrica en la Captación Huañacachi a distintos niveles de persistencia en (MMC).	119
FIGURA N° 37 Ubicación de los puntos de captación en el río Huañacachi y manantiales	120
FIGURA N° 38 Hietograma de diseño – Est. Yunguyo	125
FIGURA N° 39 Perfil de tormentas acumuladas - Est. Yunguyo	125
FIGURA N° 40 Esquema de los elementos hidrológicos conectados – cuenca Huañacachi	128
FIGURA N° 41 Hidrograma triangular sintético (SCS) – Captación	

Huañacachi.	130
FIGURA N° 42 Comparación del caudal mensual y el caudal ecológico.	134
FIGURA N° 43 Unidades Litoestratigráficas.	139
FIGURA N° 44 Afloramiento de tobas retrabajadas a areniscas arcóscicas con matriz tufácea de la Formación Capillune.	143
FIGURA N° 45 Afloramiento de rocas andesitas y traquiandesitas intensamente fracturadas y alteradas del Grupo Barroso.	144
FIGURA N° 46 Afloramiento de Depósitos Cuaternarios formando terrazas fluviales.	145
FIGURA N° 47 Afloramiento de Depósitos de Bofedal.	146
FIGURA N° 48 Representación simplificada de la influencia de la Escala en el comportamiento del macizo rocoso para el diseño de cimentaciones superficiales.	147
FIGURA N° 49 Definición geométrica empleada en la determinación de las presiones admisibles en roca.	153
FIGURA N° 50 Valores de coeficiente de carga de hundimiento N_{β} en función de la carga exterior normalizada y del ángulo de inclinación de sus cargas.	153
FIGURA N° 51 Coeficiente de seguridad parcial F_p para una probabilidad de rotura $< 10^{-4}$	155
FIGURA N° 52 Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en la estabilidad de taludes.	157
FIGURA N° 53 Condición de equilibrio en la estabilidad de taludes según Janbu.	159
FIGURA N° 54 Condiciones de equilibrio por Dovelas en la estabilidad de taludes, según Spencer.	161
FIGURA N° 55 Zonas sísmicas	164

RESUMEN

En este informe de tesis denominado Propuesta Para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno Geográficamente se ubica en el ámbito de la, provincia de Yunguyo entre las coordenadas E= 490,867.883 a 495,618.653 UTM; N= 8'187,253.602 a 8'190,344.640 UTM.

Altitudinalmente el área se ubica entre las cotas aproximadas de 3,899 a 4,055 msnm. Durante el estudio de sistema de riego, independientemente del trazo, se ha llevado a cabo la verificación planimétrica y altimétrica, a fin de que; lo efectuado y/o proyectado corresponda, con lo estipulado en el estudio de topografía.

Uno de los aspectos más importantes del planeamiento en sistemas de riego, es la disponibilidad del recurso hídrico que ofrece las cuencas a través de los ríos y otras fuentes.

Mediante la utilización del modelo hidrológico GR2M se ha determinado que la oferta hídrica promedio de 1.029 m³/s y un volumen promedio anual de 2.67 MMC.

Se llegó a estimar los caudales medios mensuales a diferentes niveles de probabilidad, teniendo a un 75% de persistencia en el punto de captación Huañacachi anual de 0.586 m³/s y un volumen promedio anual de 1.525 MMC.

El estudio de suelos cubre una extensión evaluada que comprende de 608.48 hectáreas; los suelos clasificados para riego son de 440.82 hectáreas, de los cuales el área neta considerada con riego es de 87.80 hectáreas; suelos de protección o recuperación es de 49.61 hectáreas y áreas misceláneas es de 118.06 hectáreas.

Dentro del sistema de riego del proyecto, las estructuras más importantes a considerar en el estudio de Geología y Geotecnia, analizando el control litológico – estructural y el modelamiento geomorfológico que condiciona las estructuras en estudio, así mismo, investigaciones Geotecnicas que se determinaran mediante ensayos exploratorios de campo, así como ensayos de mecánica de suelos y rocas en laboratorio, para determinar las características físicas que presentan los materiales de fundación para cimentación de las diferentes estructuras en mención.

ABSTRACT

In this thesis report called Proposal for the Improvement and Expansion of the Tacapisi Irrigation System Yunguyo Province Puno Region.

Geographically it is located in the area of the province of Yunguyo between the coordinates E= 490,867.883 to 495,618.653 UTM; N= 8'187,253.602 to 8'190,344.640 UTM.

Altitudinally, the area is located between the approximate heights of 3,899 to 4,055 meters above sea level.

During the study of the irrigation system, regardless of the layout, the planimetric and altimetric verification has been carried out, so that; What was carried out and/or projected corresponds to what is stipulated in the topographical study.

One of the most important aspects of planning irrigation systems is the availability of water resources offered by the basins through rivers and other sources.

By using the GR2M hydrological model, it has been determined that the average water supply is 1,029 m³/s and an average annual volume of 2.67 MMC.

The average monthly flows were estimated at different levels of probability, having a 75% persistence at the annual Huañacachi catchment point of 0.586 m³/s and an average annual volume of 1,525 MMC.

The soil study covers an evaluated extension that includes 608.48 hectares; the soils classified for irrigation are 440.82 hectares, of which the net area considered irrigated is 87.80 hectares; protection or recovery soils is 49.61 hectares and miscellaneous areas is 118.06 hectares.

Within the irrigation system of the project, the most important structures to consider in the study of Geology and Geotechnics, analyzing the lithological-structural control and the geomorphological modeling that conditions the structures under study, likewise, Geotechnical investigations that will be determined through exploratory tests. field, as well as soil and rock mechanics tests in the laboratory, to determine the physical characteristics of the foundation materials for the foundation of the different structures in question.

.

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad Problemática

Actualmente, la población andina enfrenta un reto aún mayor: el cambio climático, este cambio se produce como efecto de la actividad del hombre en su afán desmedido de satisfacer la demanda en el actual modelo de desarrollo global. Ya se están percibiendo con mayor frecuencia e intensidad las sequías, las inundaciones, los vientos huracanados, las lluvias torrenciales, las granizadas, las nevadas y el descongelamiento de los glaciares.

El medio ambiente en que viven los vacunos y ovinos, así como el modo de vida del poblador altoandino están siendo impactados negativamente y se está produciendo el deterioro paulatino del suelo y la biodiversidad, especialmente el agotamiento de las fuentes de agua, fuente de vida de todo ser viviente. El manejo hídrico en la Región Puno ha dejado una huella imborrable en el modo de vida andino, pues la sociedad andina se desarrolló en un medio ambiente complejo y frágil, donde el agua representa un elemento esencial para la supervivencia.

El propósito fundamental ha sido el de preparar un Estudio que oriente el Desarrollo Sustentable de la zona, sobre la base del desarrollo de una estrategia específica, que conlleve finalmente a la elaboración de un conjunto de programas y proyectos destinados a optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales y manejo del agua, racionalizándolo. El estudio ha sido concebido sobre la base de un diagnóstico y evaluación integrada de los componentes o variables sociales y económicas que conforman los recursos naturales, lo cual permite cuantificar, calificar e identificar las condiciones y factores que han conducido a la actual configuración física y a la estructura social y económica existente en la zona. Dado el nivel de los estudios y el material disponible, así los técnicos encargados puedan planificar el desarrollo de la zona, que les permitirá definir la gestión del agua, así como el uso racional y ordenada de los recursos hídricos, siendo capaz de influir, controlar o dirigir los cambios en el uso eficiente y eficaz

del agua, de tal forma que ésta sea dedicada el uso más conveniente, optimizando al aprovechamiento de los recursos hídricos a lo largo del tiempo.

1.2. Formulación del Problema

Pregunta General

¿Cómo desarrollar la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego Tacapisi provincia de Yunguyo, Región Puno?

Problema Específico

A. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio de topografía, para la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego Tacapisi provincia de Yunguyo, Región Puno?

B. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio Hidrológico, para la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego Tacapisi provincia de Yunguyo, Región Puno?

C. Problema Especifico

¿Cuál es el estudio de Geológico y de Geotecnia, para la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de riego Tacapisi provincia de Yunguyo, Región Puno?

1.3. Justificación

La meta **Construcción de Infraestructura de Riego** del proyecto “Propuesta Para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno”, es uno de los proyectos muy importantes en la región,

el mismo que se tiene propuesto incrementar los rendimientos de los principales cultivos de la región e instalación de pastos cultivados. A fin de incrementar los rendimientos para el desarrollo socio - económico de los productores del ámbito del sistema de riego.

1.3.1. Norma legal

Lo concerniente a la propiedad y el uso del agua tiene su antecedente en el Código de Aguas de 1902. En él se establecía que las personas naturales y jurídicas, sean públicas o privadas podían ser dueños del agua que se encontrara dentro de sus predios o terrenos, legalizando así lo que se denominaba como derecho adquirido.

Un cambio de criterio frente a este Código se establece en la Constitución del Estado promulgada en 1933. En ella se señala que los recursos naturales, como ríos, lagos y aguas subterráneas pertenecen al Estado Peruano, quedando la Ley el fijar condiciones de utilización. Este cambio establecido por la Constitución prácticamente no fue acatado ya que se interponía a los intereses de las haciendas, fundamentalmente de aquel entonces.

De allí que la Ley General de Aguas DL. 17752 del 24 de Julio de 1969, deroga al Código de 1902 y se atiene a la Constitución de 1933, ratificando que las aguas pertenecen al Estado y su dominio es inalienable e indescriptible y que no hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ella. El uso justificado y racional del agua, solo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país. Pero la Ley señala además lo que deberá hacer el Estado, como ser: el inventariar y evaluar su uso potencial; conservar y preservar e incrementar dichos recursos; dar permiso, autorización o licencia para la utilización de las aguas, a excepción de las destinadas a satisfacer necesidades primarias.

También establece que todo sistema destinado a usar agua, debe disponer de las obras e instalaciones necesarias para su medición y control adecuados, y que los usuarios de cada distrito de riego abonarán tarifas que serán fijadas por

unidad de volumen para cada uso, del monto de dichas tarifas se debería financiar estudios y obras hidráulicas necesarias para el desarrollo de la zona.

La Ley norma las obligaciones de los usuarios, el orden preferencial de uso y el uso para la agricultura.

Cabe anotar que la Ley 17752 fue reglamentada con diversos Decretos Supremos: 261-69; 274-69; 41-70; 473-71; 495-71; 929-73; 930-73 y el 1093-75.

La Constitución del Estado de 1979, al tratar sobre los recursos naturales establece; los recursos naturales, renovables y no renovables son patrimonio de la Nación. Los minerales, tierras, bosques, aguas y en general, todos los recursos naturales y fuentes de energía pertenecen al Estado. La Ley fija las condiciones de su utilización por éste y de su otorgamiento a los particulares.

La organización de los regantes fue objeto también de reglamentación con el D.S. 005-79 AG, denominado Reglamento de Organización de Usuarios de Agua.

Las tarifas y cuotas por el uso de agua fueron reglamentadas últimamente por los D.S. 053-89 y el 003-90AG.

El sector agrario, propone la política nacional relativa al uso y conservación de los recursos hídricos, y emite la normatividad correspondiente a través de la Dirección General de Aguas y Suelos, de acuerdo a la Ley de Organización y Funciones del Sector Agrario, según Decreto Legislativo N° 566 del 4 de abril de 1990.

1.4. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar la propuesta de diseño para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno.

1.1.2. Objetivos Específicos

A. Objetivo Especifico

Realizar el estudio de topografía, para la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno.

B. Objetivo Especifico

Realizar el estudio de Hidrología, para la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno.

C. Objetivo Especifico

Realizar el estudio de Geología y Geotecnia, para la propuesta de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno.

1.5. Antecedentes

TAKAEZU, R. (2017), En su tesis “DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN EL CAMPAMENTO VILLA CUAJONE, SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION, MOQUEGUA, PERU” concluyó; Un sistema de riego tecnificado, con equipos especializados, el agua es distribuida a través de aspersores, los cuales producen gotas de agua, imitando la precipitación natural, por ende, se riega de manera uniforme. Para programar los tiempos y usar solamente el agua requerida, se necesita hacer un diseño agronómico para hallar la demanda hídrica necesaria.

DE LAS CRUZ, J., (2015), En su tesis “EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y EFICIENCIA DE APLICACIÓN EN EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PACURISOCOS – AYACUCHO”, concluyó; la programación de riego se realizó, determinando el régimen de riego de los

cultivos de la zona, para lo cual se hizo el cálculo preliminar de la lámina de riego, la dosis bruta y el intervalo de riego, datos iniciales sobre clima, suelo, parcela, fuente de agua y el tipo de sistema de riego a utilizar. Es necesario cuidar el sistema de riego, esto permite obtener la presión que requiere cada hidrante e iniciar en la uniformidad de riego. Al tratarse del funcionamiento de un solo lateral de riego para un instante no solo se llega a obtener un marco entre aspersores sino entre aspersores y laterales.

TURPO, H.,(2017) en su tesis “EVALUACIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN LA COMUNIDAD CAMPESINA JUAN VELASCO ALVARADO DEL DISTRITO DE NUÑO A - MELGAR - PUNO” concluyó; La evaluación y diseño de riego por aspersión, se ha ajustado adecuadamente a la topografía del terreno, mediante un sistema de captación. Para la sostenibilidad del proyecto se plantea capacitar a los usuarios en la operación y mantenimiento del sistema, con el fortalecimiento de la organización de usuarios, las capacidades serán estrictamente relacionados al riego por aspersión, con cursos teóricos y prácticos, visitas a lugares que viven regando con este sistema de riego.

1.6. Bases Teóricas

Diseño de Riego Tecnificado

Definiciones de Riego

El riego se define como la introducción artificial de agua en el suelo para proporcionar a las plantas el agua que necesitan para su crecimiento (Israelsen y Hensen, 1975).

El riego puede cubrir las necesidades de agua de los cultivos que no pueden ser cubiertas por la lluvia. La finalidad del riego es proporcionar a los cultivos el agua necesaria para que no sufran pérdidas de rendimiento, además de tener un efecto muy beneficioso al crear un ambiente favorable para el crecimiento de los cultivos (Medina, 1997).

El riego también se define como la práctica de aplicar agua a la zona de la raíz para crear un microclima favorable para el crecimiento de la planta al enfriar el suelo y el aire alrededor de la planta (Vásquez, 2008).

Según Tarjuelo (1991), el objetivo del riego es cubrir las necesidades hídricas de los cultivos suministrando agua de manera uniforme y eficiente, es decir, la máxima cantidad de agua suministrada se almacena en la zona radicular donde el cultivo está disponible. Cultivos. Este objetivo debe lograrse sin cambiar la fertilidad del suelo y con la mínima perturbación de otras actividades agrícolas. En general, el objetivo del riego, según González (2007), es aplicarlo de manera efectiva a los cultivos sin alterar la fertilidad del suelo, proporcionando la cantidad óptima de agua en el momento adecuado para obtener la cantidad necesaria para el crecimiento.

Sistema de Riego Tecnificado

Según Porto (2010), la modernización del riego permite:

- Mejorar los métodos agrícolas de regadío utilizando sistemas de riego modernos y eficientes, tales como:

Entubado, Tuberías, Compuertas Múltiples, Riego Intermitente, Aspersores, Micro Aspersores y Riego por Goteo.

- Abastecer a los cultivos de agua en tiempo, calidad y cantidad, aprovechar al máximo el agua y evitar pérdidas.

Clasificación de los métodos de riego

a) Riego por aspersión

Según Tarjuelo (1999), el riego por aspersión es la aplicación de agua al suelo en forma de aspersión, similar a la lluvia natural. Un rociador es creado por una corriente de agua a presión a través de una pequeña abertura o boquilla. La presión generalmente se logra bombeando agua, pero también se puede lograr por gravedad si la fuente de agua es lo suficientemente alta en relación con el área que se va a regar.

González (2007) afirma que el riego por aspersión es un método de riego en el cual el agua llega a las plantas en forma de "lluvia" ubicada en el campo con penetración más o menos intensa y uniforme en el mismo lugar. Para ello, es necesaria una red de distribución de agua para que el agua de riego llegue a los elementos encargados de la aplicación del agua (aspersores o difusores) con la presión

suficiente. Los sistemas de riego por aspersión se adaptan bastante bien a topografías ligeramente accidentadas, tanto con las tradicionales redes de tuberías como con las máquinas de riego.

Sin embargo, el uso del agua de lluvia se debe bastante a las condiciones del clima, en particular, al viento y al secado del clima, porque si las gotas generadas son muy pequeñas, las gotas pueden desaparecer antes de jugar el suelo por evaporación. Cuando son muy gruesos, pueden dañar el cultivo y la tierra.

También está muy indicado que, si es necesario, la sal se usa y se presta al uso de ciertos productos fitosanitarios o fertilizantes disueltos en agua regada, aunque no puede considerarse el uso de los habituales.

Castañón (2000), y se mencionan las siguientes ventajas y desventajas del riego por aspersión.

Ventajas del riego por aspersión:

- Regar suelos muy ondulados sin sistematizar. - La mano de obra necesaria para el riego puede reducirse en comparación con los sistemas de gravedad convencionales.

- Casi todos los cultivos se pueden regar, excepto algunos cultivos muy delicados donde el tamaño de las gotas puede dañarlos. En este caso, hay que tener en cuenta que las fuertes lluvias también pueden tener el mismo efecto.

- Evitar la construcción de canales y zanjas permanentes y temporales en tierra. - Conserva las mejores propiedades físicas del suelo, porque no hay necesidad de movimientos de tierra que rompan la estructura, cuando el agua se descompone en forma de lluvia, compactación o precipitación, riego bien planificado. - Puede esparcir diversas sustancias en el agua de riego, la mayoría de las veces fertilizantes. Desventajas del riego por aspersión:

- El riego por gravedad es costoso de instalar a menos que, en raras ocasiones, se disponga de suficiente presión de agua, bombas, tuberías y aspersores.

- Mayores costos de operación en comparación con otros métodos, ya que requiere al menos 20 de presión de operación en la salida del rociador

Debido a la pérdida de presión que se produce en la tubería, al final del dispositivo aumenta con la longitud de la tubería.

- Se requiere un suministro continuo de agua, o al menos el mayor tiempo posible.
- Cuando la velocidad del viento supere los 2,5 metros por segundo, se reducirá la eficacia de la aplicación sobre el terreno.

Fuentes, (2003) que Indica que los sistemas de riego por aspersión se pueden dividir en dos categorías:

- Sistemas mecanizados: se mueven continuamente durante el riego.
- Sistema fijo: permanecen en una posición durante el riego. Por otro lado, el grupo de sistemas fijos incluye:

- Sistema móvil: todos los elementos de la instalación son móviles, incluso el conjunto de electrobombas se puede desplazar a diferentes tomas de agua para cada punto de riego. Use este sistema solo en áreas pequeñas o para riego suplementario. - Una bomba eléctrica móvil que puede ser impulsada por una toma de fuerza de un tractor suministra agua a las tuberías conectadas a los rociadores. Para reducir la cantidad de lugares, se puede conectar una manguera a la tubería, al final de la cual se instala un rociador en el trineo. De esta forma, cada cabezal de aspersión ocupa varios puntos de riego antes de que sea necesario cambiar el tubo.

- Sistema semiestacionario: en este sistema el grupo motobomba y la red eléctrica son fijos, generalmente enterrados. De ahí surgen hidrantes que conectan los ramales de abastecimiento (fijos o móviles), que a su vez conectan las bridas móviles de riego. Estos últimos se conectan directamente oa través de mangueras a los aspersores y se montan sobre trineos para brindar riego en diferentes lugares sin cambiar las tuberías. Este sistema se usa cada vez menos porque requiere más mano de obra e implica el desagradable trabajo de mover tuberías a través de suelo húmedo.

Indique que los sistemas de riego por aspersión se pueden dividir en dos categorías:

- Sistemas mecanizados: se mueven continuamente durante el riego.
- Sistema fijo: permanecen en una posición durante el riego. Por otro lado, el grupo de sistemas fijos incluye:

- Sistema móvil: todos los elementos de la instalación son móviles, incluso el conjunto de electrobombas se puede desplazar a diferentes tomas de agua para cada punto de riego. Use este sistema solo en áreas pequeñas o para riego suplementario. - Una bomba eléctrica móvil que puede ser impulsada por una toma de fuerza de un tractor suministra agua a las tuberías conectadas a los rociadores. Para reducir la cantidad de lugares, se puede conectar una manguera a la tubería, al final de la cual se instala un rociador en el trineo. De esta forma, cada cabezal de aspersión ocupa varios puntos de riego antes de que sea necesario cambiar el tubo.

- Sistema semiestacionario: en este sistema el grupo motobomba y la red eléctrica son fijos, generalmente enterrados. De ahí surgen hidrantes que conectan los ramales de abastecimiento (fijos o móviles), que a su vez conectan las bridas móviles de riego. Estos últimos se conectan directamente oa través de mangueras a los aspersores y se montan sobre trineos para brindar riego en diferentes lugares sin cambiar las tuberías. Este sistema se usa cada vez menos porque requiere más mano de obra e implica el desagradable trabajo de mover tuberías a través de suelo húmedo.

Sistema fijo: Todos los elementos del sistema son fijos, excepto que en algunos casos los aspersores ocupan posiciones secuenciales a lo largo de las paletas de riego. es, (2003) indicó que diferentes aspersores y

Su tarea es rociar agua y distribuirla uniformemente sobre el terreno. Estas clases pueden ser:

Según Martínez, (1993) Las tuberías pueden estar hechas de diferentes materiales. Su diámetro determina la etapa o área de circulación del agua. Según el diámetro, esta será la parte de la tubería por la que deberá pasar el agua. Una tubería con un diámetro más pequeño también tendrá una sección transversal más pequeña que una tubería con un diámetro mayor. Aspersores no giratorios: Hay muchos modelos de rociadores no giratorios en el mercado. El tipo más común tiene un orificio calibrado a través del cual

Un chorro que se dispersa golpeando un deflector perpendicular u oblicuo al eje de la cabeza del rociador. Estas boquillas se utilizan generalmente a baja presión con un alcance corto (0,5-5 m) y sus aplicaciones se limitan a invernaderos y horticultura.

aspersores rotativos: Los aspersores rotativos son los aspersores más utilizados en la agricultura y consisten en uno o más tubos equipados con boquillas calibradas con un diámetro de 2 a 20 mm. El aspersor gira sobre su eje para que pueda regar una superficie circular con un radio igual al área de rociado. Según el mecanismo que crea el movimiento de rotación.

1.7. Definición de términos Básicos

ASPERSOR Es un dispositivo con una o más boquillas que, al ser accionadas hidráulicamente a través de una manguera, proyectan un chorro de agua en forma de agua de lluvia, humedecida a un diámetro determinado, en posición fija o giratoria. Son de plástico o metal (Lazo, 2006).

HIDRANTES Son puntos de descarga a lo largo de líneas laterales de distribución para riego. Conecta líneas de riego móviles a través de él. Esta conexión se logra mediante un sistema de acoplamiento rápido que consiste en una válvula automática y un dispositivo de "bayoneta", lo que hace muy práctica y fácil la descarga de agua a través de mangueras y boquillas (Vásquez, 2002).

TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN Son líneas o conductos que funcionan bajo presión hidráulica. Se conectan lateralmente (exteriormente) a la red eléctrica o principal y distribuyen el caudal de agua al departamento de riego a través de hidrantes instalados a lo largo de su longitud. En algunos casos, se instalan dispositivos de alivio de presión según sea necesario (Vásquez, 2002).

CÁMARAS DE RIEGO Estas estructuras parecen pequeños embalses, pero su función no es solo almacenar agua, sino también proporcionar presión de agua en las tuberías laterales de distribución. Es decir, este tubo siempre está lleno (Vásquez, 2002).

CAJAS DE INSPECCIÓN Son pequeñas estructuras en forma de caja a lo largo de la línea de tubería. Por su bajo gradiente físico, se utiliza como caja de registro para monitorear y realizar el mantenimiento de limpieza de sedimentos en los canales de las tuberías (Vásquez, 2002).

CANAL DE TUBERÍA Es una tubería o conducto que opera por gravedad hidráulica. Conecta (sale) el sistema de recolección, específicamente el

remitente, para dirigir el flujo de agua a través de la cámara de riego hacia la línea de distribución (Vásquez, 2002).

MEDIDOR DE FLUJO Instrumento utilizado para medir el flujo de agua en una tubería cerrada sometida a presión hidráulica (Vásquez, 2002).

MANÓMETRO Instrumento utilizado para medir la presión del agua que fluye en un tubo cerrado, generalmente una tubería (Vásquez, 2002).

1.8. Formulación de Hipótesis

a. Hipótesis general:

Con la Propuesta de diseño, para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno, influirá positivamente en la optimización del recurso hídrico.

1.9. Propuesta de aplicación profesional

a) En situación Actual, con la información preliminar de campo se han identificado 27.8 Hás actuales.

b) En referencia al estudio agrológico y con la ayuda de las simulaciones para el presente proyecto se han definido la atención a la demanda futura de 97.50 Has aptas para riego tecnificado en el sistema de riego dividido en tres sub sistemas Central (33.0 Has), Huecco (31.5 Has) y Santa Rosa (33.0 Has).

c) En situación Futura o con proyecto, se han calculado la demanda agrícola para las áreas mejoradas e incorporadas, con un área cultivada de 97.5 Has, obteniéndose un volumen y caudal de demanda máxima de: Central (9.72 lit/s y 0.026MMC), Huecco (9.66 lit/s y 0.025 MMC) y Santa Rosa (9.70 lit/s y 0.026 MMC).

d) Se ha calculado el caudal ecológico mediante la metodología propuesta por la Autoridad Nacional del Agua que resulta un caudal promedio anual de 0.01 m³/s y un volumen anual de 0.30 MMC.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Material de Estudio

2.1.1. Población

2.1.2. Población y muestra

2.1.3. Poblacion Beneficiarios

Población

La población total está distribuida en tres sectores y lo conforman 293 familias, haciendo un total de 1172 pobladores afectados, los mismos que formaran parte de la población beneficiaria.

Tabla N°01 Población total del área de influencia del proyecto

Sector	Familias	Población
Central	115	460
Santa Rosa	87	348
Huecco	91	364
Total	293	1172

Fuente: Estudio Agro socioeconómico, PRORRIDRE 2017.

Muestra

La meta física de los canales total proyectado es de 8,223.00 Km. Divididos en tres tramos:

- ✓ Tramo I Sector Central Prog.0+000 a la Prog. 1+985.00
- ✓ Tramo II Sector Santa Rosa Prog. 0+000 a la Prog. 2+266.00
- ✓ Tramo III Sector Huecco Prog. 0+000 a la Prog. 3+972.00

2.1.4. Recopilación y análisis de datos

- Se dio comienzo con la observación de Cartas Nacionales a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Hojas: Juli (33-y), llave (33-x), Mazocruz (34-x) y Pizacoma (34-y).
- La información hidrometeorológica empleada para el análisis en este estudio corresponde a la red de estaciones hidrometeorológicas a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI),
- La cartografía geológica elaborada por el INGEMMET y publicada en el Boletín N° 58 “Geología del Cuadrángulo Moho 33-y” escala 1:100,000 donde se describe las formaciones geológicas que a nivel regional se emplazan en el área circundante al área del proyecto

Métodos de análisis de datos

Los datos recolectados, serán sistematizados, verificados y clasificados, transcritos y procesados en una base de datos. Los datos serán organizados, descritos y analizados mediante cuadros (de frecuencias y/o porcentajes), La información recabada a través de las encuestas serán complementadas con el levantamiento de información secundaria confiable y actualizada, desarrollado en tres etapas: recolección del material, clasificación y análisis.

La etapa de recolección consistió en la identificación y acceso a fuentes de información tales como: Municipios distrital y centros poblados, Agencias agrarias, instituciones, Agro Rural y otras instituciones inherentes al tema.

La clasificación y análisis se efectuó de acuerdo con criterios relacionados con las variables identificadas como relevantes para el logro de los objetivos propuestos en el estudio, mediante la revisión del material bibliográfico existente.

Variable de estudio

Variable Independiente:

Propuesta Para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno

Variable Dependiente:

Optimar el Sistema de Riego en el centro poblado de Tacapisi provincia de Yunguyo Región Puno.

Indicador: Cantidad de Beneficiarios.

Tabla N° 02 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sistema de Riego	El diseño de los sistemas de riego se define como infraestructuras hidráulicas que favorecen la calidad de vida de los pobladores beneficiarios del sector, siguiendo con las medidas establecidas	La propuesta para el mejoramiento y ampliación del sistema de riego se confeccionará a partir de las medidas logradas en el área de estudio mediante el levantamiento topográfico, logrando los perfiles del terreno, así como el estudio hidrológico y el estudio de Suelos	Estudio de topografía Estudio de Hidrología Estudio de Geología y Geotecnia	Población Beneficiarios

2.1.5. Tipo y Diseño de Investigación

Se emplea el tipo de investigación no experimental, transversal, descriptivo simple.



M O

Donde:

M: Refiere al lugar donde se realizará el estudio.

O: Obtención de los datos de la zona estudiada.

III. RESULTADOS

3.1. Aspectos generales

a) Ubicación del Proyecto

Ubicación Política

Ubicación Política

Región : Puno.

Provincia : Yunguyo.

Centro Poblado : Tacapisi

Ubicación Geográfica del área de estudio

Este : 485,931 - 495,535 E.

Norte : 8'192,685 - 8'186,930 N.

Ubicación Hidrográfica

Vertiente : Titicaca.

Cuenca Hidrográfica : Circunlacustre Lago Titicaca Zona 6.

Microcuenca : Huañacachi.

Figura N°01 Ubicación Política y Geográfica del Proyecto

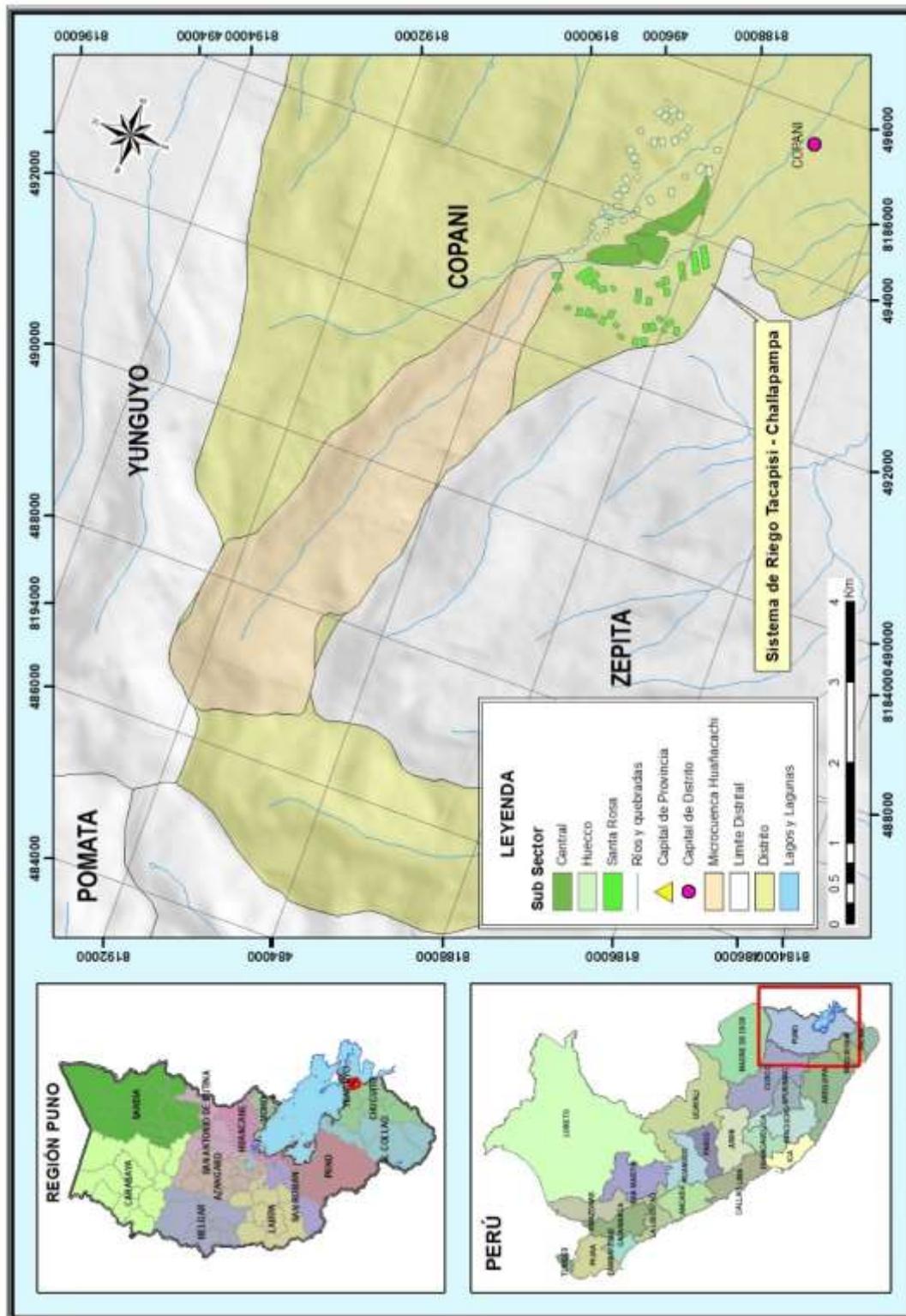


Figura N° 02. Ubicación Hidrográfica de la micro cuenca



3.1.1. Accesibilidad.

La vía de acceso desde la ciudad de Puno a la localidad de Anexo Challapampa, no presenta mayores dificultades, conectándose con la capital de la Región Puno, mediante la carretera Panamericana Sur Puno – Desaguadero y desde Puno se encuentra aproximadamente a 155 Km.

Tabla N° 03 Vías de comunicación desde Puno al ambito del proyecto

Nº	TRAMO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (min)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
1	Puno - Zepita	136	105	Asfaltado	Puno - Desaguadero
2	Zepita - Copani	14	20	Asfaltado	Zepita - Yunguyo

Fuente: Elaboración Propia.

Límites del ámbito del proyecto

Tabla N° 04 Límites del Distrito

Norte	Distrito de Yunguyo
Sur	Distrito de Zepita
Este	Lago Wiñaymarca
Oeste	Distritos de Zepita

Fuente: Elaborado por PRORRIDRE en base a información de campo; 2017

Tabla N° 05 Límites del ámbito del proyecto

Norte	CP. De Calacoto
Sur	CP. Copani, CC- Camiraya Molino
Este	Lago wiñaymarca, CC Amaquilla
Oeste	Cerro Turístico kaphia

Fuente: Elaborado por PRORRIDRE en base a información de campo; 2017

3.1.2. Características Físicas

Fisiografía

La Fisiografía del área del Proyecto está caracterizada por la presencia de grandes paisajes de planicies y montañas, los que, a su vez se han dividido en unidades más pequeñas y homogéneas como los paisajes y subpaisajes, que son propicias para desarrollar una actividad agropecuaria sostenible con sistemas de riego.

Hidrografía

Cuenca Circunlacustre Pomata - Yunguyo

La Cuenca Circunlacustre Pomata - Yunguyo se encuentra ubicado en el ITSMO del nombre, entre los lagos TITICACA - WIÑAYMARCA, parte Sureste de la Región Puno, la cuenca comprende desde el nivel del Lago Titicaca aproximadamente 3,826 hasta 4,809 msnm existiendo predominancia de pampas y llanuras con relativa pendiente con condiciones para la producción de cultivos de pan llevar en las bajas y ganadería en las partes altas.

Climatología

Presenta un clima variado, el cual se constituye en un factor limitante, para el desarrollo normal de la actividad agropecuaria, debido a los recurrentes periodos de heladas y sequías cíclicas durante los meses de mayo a setiembre, alcanzando temperaturas incluso por debajo de los 0°C durante la época de invierno.

Las Temperaturas Máximas alcanzan los 16.08° C, las Temperaturas Mínimas están por debajo de los 0° C y las Temperatura Medias están por los 7.89° C ; también se presentan fuertes vientos durante el mes de agosto cuyas velocidad de viento superan los 40.5 Km./hora y durante los meses de diciembre a abril se presenta fuertes tormentas eléctricas, y precipitaciones pluviales, que alcanzan los 461.3 mm/año aproximadamente; apareciendo en el lugar en épocas lluviosas efloraciones de la napa freática (lagunas temporales) y en época seca aparecen láminas de erosión del suelo.

Diversidad biológica

Ecología

El poblador andino conoce las plantas de su medio, pero lo que no sabe es la importancia que tiene de hacer un manejo sostenible, por ello las instituciones que tratan con el campesino deben orientarlo hacia la conservación y uso racional de su principal fuente de supervivencia que son sus recursos naturales.

Las comunidades vegetales se constituyen en praderas naturales de uso forrajero pastadas por ganado vacuno, ovino, equino y camélidos sudamericanos, estas praderas actualmente se encuentran sobrepastoreadas y sus suelos muestran claros índices de erosión, donde la mayor área es suelo desértico sin cubierta vegetal; a pesar de ello presentan una rica flora de pastos nutritivos y palatables para el ganado doméstico y silvestre, de plantas medicinales que han sido y son utilizadas por los pobladores andinos, por estas y muchas razones más urge hacer un balance cuidadoso de la vegetación para que posteriormente el hombre no sufra hambre ni enfermedades.

Según el mapa ecológico del Perú (ONER 1976) las áreas estudiadas corresponden a la zona de vida bosque húmedo Montano Subtropical (bh-MS). Bosque Húmedo – Montano Sub-Tropical.

Posee una biotemperatura media anual máxima de 12.9 °C y media anual mínima de 6.5 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1,119 milímetros y el promedio mínimo es de 410 milímetros.

De acuerdo al diagrama Bioclimático de Holdridge, esta zona de vida tiene un promedio de evapotranspiración potencial total variable entre la mitad (0.5) y una cantidad igual (1) al volumen de precipitación promedio total por año, lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad, húmedo.

Flora

Las tierras del área de estudio, están dedicadas mayormente al pastoreo extensivo, debido a la existencia de abundante vegetación natural de altura, a base de gramíneas, entre las que se encuentran el *Stipa ichu* (ichu), *Festuca orthophylla* (Iru ichu), *Muhlenbergia fastigiata* (grama dulce), *Festuca dolichophylla* (chillihua), *Alchemilla pinnata* (sillo sillo), *Eleocharis albibracteata* (quemillo); también se encuentran el *Trifolium amabile* (trébol o layo), *Bromus unioloides* (cebadilla), *Adesmia spinosissima* (Canlli) y otras especies propias del lugar en menor proporción, los cuales sirven para el pastoreo del ganado ovino, bovino y auquénidos de la zona. También algunos productores están instalando pastos exóticos como *Medicago sativa* (alfalfa), *Trifolium repens* (trébol blanco) y gramíneas asociadas a las anteriores como *Dactylis* (pasto oville) y *Lolium*

perenne (rye grass), los que se utilizan como complemento alimenticio en bovinos.

Fauna

En cuanto a la fauna, las características fisiográficas y edafológicas en el ámbito de Proyecto permiten la crianza de vacunos, ovinos y camélidos sudamericanos como la alpaca, llama, la vicuña y otros.

Tabla N° 06 Fauna del ámbito de estudio

NOMBRE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN
MAMÍFEROS		
Canis culpaeus andinus	CANIDAE	"Zorro andino"
Equus asinus	EQUIDAE	"Burro", "Asno"
Equus caballus	EQUIDAE	"Caballo", "caballo"
Hippocamelus antisensis d'orbigni	CERVIDAE	"Taruca", "venado andino", "ciervo andino"
Lagidium peruanum (L. viscaccia)	CHINCHILLIDAE	"Vizcacha"
Vicugna vicugna	CAMELIDAE	"Vicuña"
AVES		
Buteo poecilochrous	ACCIPITRIDAE	"Aguilucho cordillerano", "Aguila Cordillerana"
Falco sparverius	FALCONIDAE	"Cernícalo"
Nothoprocta ornata	TINAMIDAE	"Pisacca andes del sur", "perdís"
Nothoprocta pentlandii	TINAMIDAE	"Lluto del Sur del Perú", "Lluto", "Perdís"
Phalcobaenus megalopterus	FALCONIDAE	"Marianito", "kencha alccamarine", "Guara guau" "Aguila ó Halcón maria"
REPTILES		
Liolaemus alticolor alticolor barbour	TROPIDURIDAE	"Jararanca", "lagartija de Puno", "lagarto"

Fuente: Elaborado por PRORRIDRE en base a información de campo; 2017

3.2. Propuesta del proyecto

Tabla N°07 Metas de la propuesta del proyecto

N°	META/ACTIVIDADES	Sector			Meta Total	UND/ MED
		Central	Santa Rosa	Huecco		
1	INFRAESTRUCTURA DE RIEGO					
1.1	Construcción de captación de ladera	-	1.00	1.00	2.00	Und
1.2	Construcción de bocatoma	1.00	-	-	1.00	Und
1.3	Desarenador	1.00	-	-	1.00	Und
1.4	Construcción de canal entubado	1,985.04	2,266.03	3,971.90	8,222.97	m
1.5	Buzon de inspección	10.00	7.00	11.00	28.00	Und
1.6	Pase aéreo	1.00	-	-	1.00	Und
1.7	Reservorio	1.00	1.00	1.00	3.00	Und
1.8	Cámara de carga	-	4.00	5.00	9.00	Und
1.9	Red de distribución y laterales	7,146.06	9,859.85	11,033.21	28,039.12	m
1.10	Cámara de rompe presión T7	-	3.00	2.00	5.00	Und
1.11	Válvulas reductoras de presión	-	12.00	8.00	20.00	Und
1.12	Válvulas de control	8.00	13.00	18.00	39.00	Und
1.13	Válvulas de purga	35.00	47.00	37.00	119.00	Und
1.14	Hidrantes	56.00	64.00	62.00	182.00	Und
1.15	Módulo de riego	12.00	12.00	12.00	36.00	Und

3.3. Estudio topográfico.

Generalidades

Para el presente informe, la topografía desempeña un papel muy importante, en un canal de riego es mayor el control vertical y horizontal. El fundamento del estudio topográfico es para la elección de la mejor ruta a seguir, mediante levantamientos preliminares de campo y establecimiento de bancos de niveles de referencia tales como los BMs y puntos de control como los vértices y puntos auxiliares; posteriormente se hace levantamiento de detalles en seguida paralelo a ello se efectúa el trazo de eje sobre el terreno; luego se realiza la nivelación del perfil longitudinal de eje canal, así como las correspondientes secciones transversales para el cálculo de volúmenes y el movimiento de tierras.

El canal de riego que será construido llamado como “Propuesta Para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno” es una faja de terreno, especialmente adaptada sobre la superficie terrestre que reúne las condiciones de ancho, alineamiento, pendiente y extensión necesarias para permitir la circulación o flujos de agua para los cuales se proyecta y en particular para irrigar la mayor cantidad posible de hectáreas en la zona del proyecto para dar eficiencia y funcionalidad.

Las metas proyectadas de todo el trabajo que se realizó. Es de la ubicación de dos captaciones de manantiales de agua, una bocatoma que se encuentra en el río Huañacachi, trazo de los muros de encauzamiento de la bocatoma y ubicación de tres reservorios Que detalla a continuación.

- Ubicación de la captación Huecco se encuentra en el sector Ñuñumani.
- Ubicación de la captación Santa Rosa se encuentra en el sector Papujo.
- Ubicación de la bocatoma Central se encuentra en el río Huañacachi.
- Ubicación del reservorio Huecco se encuentra en el sector de Ichicollo.
- Ubicación del reservorio Central se encuentra en el sector de Saccara.
- Ubicación del reservorio sector Santa Rosa

La meta física proyectado de todos los canales principales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla N° 08 Trazo canales

N°	DESCRIPCION	CAUDAL m3//seg)	PROGRESIVA DE TRAMOS			LONGITUD (m)
			Sale		Llega	
1	Canal de Conduccion Sector Huecco	0.10	0+000.00	A	3+972.000	3,972.000
2	Canal de Conduccion Sector Central	0.10	0+000.00	A	1+985.000	1,985.000
3	Canal de Conduccion Sector Santa Rosa	0.10	0+000.00	A	2+266.000	2,266.000
TOTAL						8,223.000

Nuestro estudio topográfico adjunto al presente estudio definitivo del proyecto que tiene por generalidades lo siguiente:

- Se realizó el enlace de la poligonal básica con el sistema de control horizontal y vertical del **Instituto Geográfico Nacional del Perú**
- Se realizaron trabajos de campo en forma minuciosa y detallada que permitió elaborar los planos topográficos finales.
- Se ha proporcionado información de base para los estudios de hidrología e hidráulica, geología, geotecnia, así como de ecología y sus efectos en el medio ambiente.
- Se posibilitó la definición precisa de la ubicación y las dimensiones de los elementos de canal de riego.
- Durante las fases de construcción y/o ejecución de un proyecto, se crean hitos integrados con hitos específicos para su revisión. • Por otro lado, el levantamiento topográfico incluye al menos los siguientes elementos:
 - Levantamiento topográfico general del área del proyecto donde se realizará el riego, registrado a escala 1:100, 1:250, 1:1000, 1:2500 con curvas de nivel de 1 m. Información de planos de planta, longitudinales y transversales, así como planos de obra, solar o planta central a escala 1:500 hasta un máximo de 1:5000.
 - Se han realizado levantamientos topográficos detallados de las obras de arte. La topografía del área donde se ubica el proyecto de riego se documenta a través de planos de contorno, registros digitales e informes. Los planos definitivos se presentarán como dibujos en formatos A3, A2, A1 y A0, salvo que se requiera otro formato a efectos del plano. También incluirán grabaciones digitales y formatos compatibles con el software de ingeniería del mercado.

3.3.1. Información topográfica disponible

Uno de los aspectos importantes en la realización de un levantamiento topográfico detallado es la información precisa necesaria sobre planos, mapas del país, ortofotos, accesos y logística de acuerdo a las metas y

objetivos planteados en dicho levantamiento. La información del terreno que se describe a continuación se utilizó como base para el trabajo de campo:

- 1:100,000 Carta Nacional IGN
- Esquema de conservación de agua en el área del proyecto
- Plan de compensación 1:25,000
- Imágenes de satélite.

3.3.2. Información topográfica detallada

- Una vez revisada toda la información disponible, se inicia el trabajo de campo con la determinación preliminar del área de trabajo en la parte topográfica del levantamiento del proyecto, esta es la fase inicial del levantamiento de campo antes de pasar a la siguiente fase, que es capaz. para recopilar información importante sobre la topografía de riego para su posterior procesamiento, todas las funciones de la tubería se diseñan en la oficina, el siguiente trabajo se realiza en esta etapa:
 - Levantamiento topográfico general
 - Disposición del canal principal
 - Límite de la cuenca
 - Levantamiento topográfico de sitios de riego
 - Áreas de riego
 - La ubicación de la obra de arte es suficiente
 - Procesamiento de información de área en la oficina
Línea de gradiente, etc.
- Nivelación de BMs.

3.3.3. Enlace de la poligonal básica con el sistema de control horizontal y vertical del I.G.N.

El Instituto Geográfico Nacional IGN. tiene en la provincia de Chucuito en el distrito de zepita un buen número de puntos de Control Horizontal Y Verticales a la vez que forman parte de poligonales de primer orden establecidos, en este caso en Zepita, en la plaza de armas del distrito con código ZPT1 donde se empezó a trasladar los puntos.

A la vez se tomaron los puntos geodésicos existentes en la zona referida Zepita establecidos por el IGN.

Con los Datos Geodésicos de estos puntos se trasladó las coordenadas y la cota al primer punto de la Poligonal Básica, mediante una poligonal de enlace, utilizando para ello una GPS Diferencial Marca LEICA modelo GS -14, para el traslado de las coordenadas Y el control vertical.

Metodología

Para levantamientos detallados, el método de observación en vivo usando GPS es rápido, conveniente y brinda la precisión requerida para el trabajo. El modo de trabajo GPS en tiempo real consta de un GPS de referencia fijo (estación de referencia) y un GPS móvil (estación móvil). Colocamos el receptor estacionario en el punto del sistema de referencia local en la red base con coordenadas conocidas calculadas en el paso anterior. Este vértice se denomina vértice o estación de referencia (en nuestro caso, punto geodésico). Los métodos en tiempo real se basan en la incertidumbre de la computadora durante la recopilación de datos. Cuando el receptor de referencia se está ejecutando, debemos esperar a que resuelva la ambigüedad antes de continuar obteniendo datos del punto de votación. Si el número de satélites en el horizonte y su geometría son válidos, el receptor de referencia resolverá la confusión en cuestión de minutos. Una vez completada esta operación, los cálculos de coordenadas para otros puntos se realizarán inmediatamente. La comunicación entre la estación de referencia y el móvil es posible gracias al

sistema de telecomunicaciones utilizado para la transmisión, siendo la distancia entre dos receptores de 5 km. Para evitar problemas de comunicación entre receptores, la antena receptora debe estar lo más alta posible. Para mediciones detalladas en tiempo real con equipos GPS, además del sistema de transmisión de telecomunicaciones, se requiere el mismo equipo que para el posicionamiento diferencial. Para calcular tu posición en 15-20 min. o introduciendo las coordenadas conocidas con anterioridad, el receptor enviará las correcciones (RTCM, RTIME, RTCA), al Rover a través de un sistema de telecomunicaciones operativo entre ambos receptores. Las coordenadas de los puntos, se obtienen en el sistema de referencia WGS84. La metodología RTK permite asociar una proyección y un sistema de referencia distinto. Podemos obtener las coordenadas de los puntos directamente en la proyección UTM. También podrían obtenerse de cualquier otro sistema de referencia local con respecto al cual se haya realizado la georreferenciación (transformación de sistema de referencia). Las precisiones obtenidas en las coordenadas del levantamiento dependerán de varios factores: precisión de las coordenadas de la red, precisión de los equipos, errores accidentales etc. De esta forma, la precisión de los puntos del levantamiento puede llegar a ser del orden de $2/3$ cms. La estación de referencia tiene un radio enlace conectado y transmite los datos que recibe de los satélites. El Rover también tiene un radio enlace, y recibe la señal transmitida de la referencia. Éste receptor también recibe los datos de los satélites directamente desde su propia antena. Estos dos conjuntos de datos pueden ser procesados juntos en el móvil, para resolver ambigüedades y obtener una posición precisa en relación a la referencia. Una vez que el receptor de referencia se ha instalado y está transmitiendo datos mediante el radio enlace, se puede activar el Móvil. Cuando está rastreando satélites y recibiendo datos de la referencia, puede comenzar el proceso de inicio. Esto es similar al proceso de inicio realizado en un levantamiento cinemático OTF con post-proceso, la diferencia es que el proceso se realiza en tiempo real. Una vez que se ha completado el inicio, las ambigüedades son resueltas y el móvil puede registrar puntos y sus

coordenadas. En este punto, las precisiones de las líneas base serán del orden de 1/5 cms. Es importante mantener contacto con el receptor de referencia, de otra manera el móvil puede perder ambigüedad, Si esto sucede, la posición calculada será menos precisa. También pueden surgir problemas al medir cerca de árboles, edificios, etc., ya que las señales de los satélites pueden bloquearse. RTK se está convirtiendo en el método más común para levantamientos GPS de alta precisión de áreas pequeñas y se puede usar para aplicaciones que usan estaciones totales convencionales, que incluyen levantamientos detallados, ubicación, implementación, aplicaciones COGO y otras.

EL RADIO ENLACE

La mayoría de los sistemas RTK emplean pequeños radio módems UHF. Muchos usuarios experimentan problemas con la radio comunicación del sistema RTK, por lo tanto, vale la pena considerar los siguientes factores para tratar de optimizar el funcionamiento de la radio: La potencia del radio-transmisor. A mayor potencia, mayor alcance

- La altura de la antena del transmisor. Las comunicaciones por radio se pueden ver afectadas por falta de líneas de visibilidad. Cuanto más alto se pueda instalar la antena, menores serán los problemas por falta de líneas de visibilidad y aumentará el alcance de las comunicaciones. El mismo principio se aplicará a la antena receptora

Figura N° 03 punto geodésico (zpt1) plaza de armas distrito de zepita



3.3.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se lleva a cabo para determinar la configuración del terreno y la ubicación de objetos naturales o hechos por el hombre en la superficie de la tierra. Es un conjunto de pasos que se deben seguir para crear una correcta representación gráfica planimétrica, altimétrica de cualquier extensión de terreno, sin ignorar las diferencias de altura o las irregularidades que se han construido. Este plano es fundamental para ubicar adecuadamente los trabajos a realizar, determinar el área a regar y determinar la posible área neta a regar. Una buena representación gráfica (tanto en alzado como en planta) es fundamental para que un proyecto esté en buenas condiciones. La medición de puntos de estación utiliza el método de conexión indirecta de la estación de medición de velocidad, es decir, se basa en dos puntos medidos previamente. Así es como verificamos los errores de cierre parcial calculando las nuevas coordenadas del sitio admitidas por cada punto de conexión. Los puntos de llenado se miden radiométricamente, pero

siempre almacene estos puntos en el colector de datos de la estación total utilizando coordenadas cartesianas.

Equipo Humano utilizado:

- Un aparatista.
- Un Croquista.
- Cuatro auxiliares de topografía (prismeros).

El dibujante es el líder del equipo, responsable del trabajo organizativo, representado por el líder del equipo del área. El diseñador del equipo es el operador de la estación total y asesora al dibujante sobre la ubicación de puntos topográficos específicos. El ayudante de topografía es responsable de llevar la regla de medición con el prisma, fijar el punto de relleno y el punto semifijo de la encuesta y asistir al instrumento y al dibujante.

Equipos y materiales utilizados:

- GPS Diferencial Leica GS 14 RTK.
- Estación Total marca Leica FlexLine TS09.
- Nivel Automático Topcom ATB 03
- Prisma y Porta Prisma simple.
- Bastón telescópico de altura total 2,50 m.
- Trípode de madera de soporte de la Estación total.
- Cinta métrica de fibra de vidrio.
- Cámara de fotos.
- Fierro de ½ Pg.
- Clavos de acero.
- Pintura esmalte.
- Estacas de madera.
- Comba de 4 lbs.

Para este caso en base a los puntos de triangulación y/o poligonación en algunos casos puntos auxiliares, se procedió a realizar la toma de información de los ángulos, distancias y relleno topográfico detallado para el estudio de este proyecto en mención, también fue necesario contar con la carta nacional de toda la zona del proyecto, en seguida para lograr el Levantamiento Topográfico se han realizado las siguientes actividades:

- Reconocimiento de Campo
- Elección de vértices de la red de apoyo
- Monumentación de vértices
- Levantamiento planimétrico
- Nivelación de la red de BMs.
- Traslado de cotas a los vértices y puntos auxiliares
- Relleno topográfico por método radiación
- Cálculo y compensaciones de la red de apoyo
- Dibujo del plano topográfico final.

3.3.5. Reconocimiento de Campo

la identificación del sitio con base en el plan de restauración (1:25000) y el diagrama del país es básico y necesario; Se visita el área del proyecto, definiendo así todas las características para iniciar la selección de picos, así como los límites y áreas del levantamiento topográfico. Lo primero que debe hacer es medir el terreno, planificar la triangulación y los ángulos múltiples, es decir, estudiar la ubicación más conveniente del sitio, sujeto a la visibilidad y el transporte conveniente de acuerdo con la topografía del terreno. Luego determinar las estaciones, lo que se llama "materializarlas"; alas o postes se utilizan para este propósito. Además, las estaciones deben hacerse visibles entre sí, para lo cual se instalan señales, que pueden ser vallas publicitarias, cuya parte superior es perpendicular a las estaciones.

3.3.6. Elecciones de Vértices de Red de Apoyo

En el estudio “Propuesta Para el Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Riego Tacapisi Provincia de Yunguyo Región Puno”, debido a la topografía poco accidentada de la zona regada, se relaciona con la red de riego triangular diseñada, dotada de los estación total marca Leica TS - 09 01". Se reflejó totalmente en la hidráulica ubicada bajo el sistema de riego objeto de estudio. Esquema donde se determinaron topográficamente los puntos de apoyo y puntos auxiliares levantados, a partir de los cuales se armó la topografía de riego en la red de apoyo investigada. . Las estaciones de triangulación y las estaciones de polígono se seleccionan en función de los objetivos del trabajo. Las puntas de alambre se utilizarán como estaciones de apoyo en el llenado. Seleccione los vértices de los polígonos en función del punto a medir. Las áreas adyacentes del cable son visibles entre sí. Las distancias entre estaciones corresponden a los métodos e instrumentos utilizados para medir la distancia. El sitio debe ubicarse donde no esté sujeto a inundaciones, erosión, desplazamiento u otros eventos característicos de un punto de falla. Las mediciones de ángulo y distancia generalmente se realizan en puntos permanentes cercanos para marcar la ubicación del sitio una vez que ha sido destruido. Esta acción se llama baliza. Simultáneamente con la selección de estaciones, se dibujaron bocetos para planificar tareas futuras. Los puntos de cableado deben marcarse permanentemente para referencia en trabajos futuros. Además de ser permanente, también debe ser garantizado. Si la señal se desplaza, el resultado será equivalente a un error de medición, incluso si la medición ya es muy precisa, porque las coordenadas absolutas de la señal en ese momento no son las mismas que cuando se realizó el trabajo original, sabiendo la diferencia. en dirección, pendiente y distancia entre estaciones sucesivas. Deben evitarse en la medida de lo posible las áreas con suelo inestable, como arena o campos baldíos. Uno de los lugares más adecuados es la piedra natural por su dureza y durabilidad.

3.3.7. Monumentación de Vértices

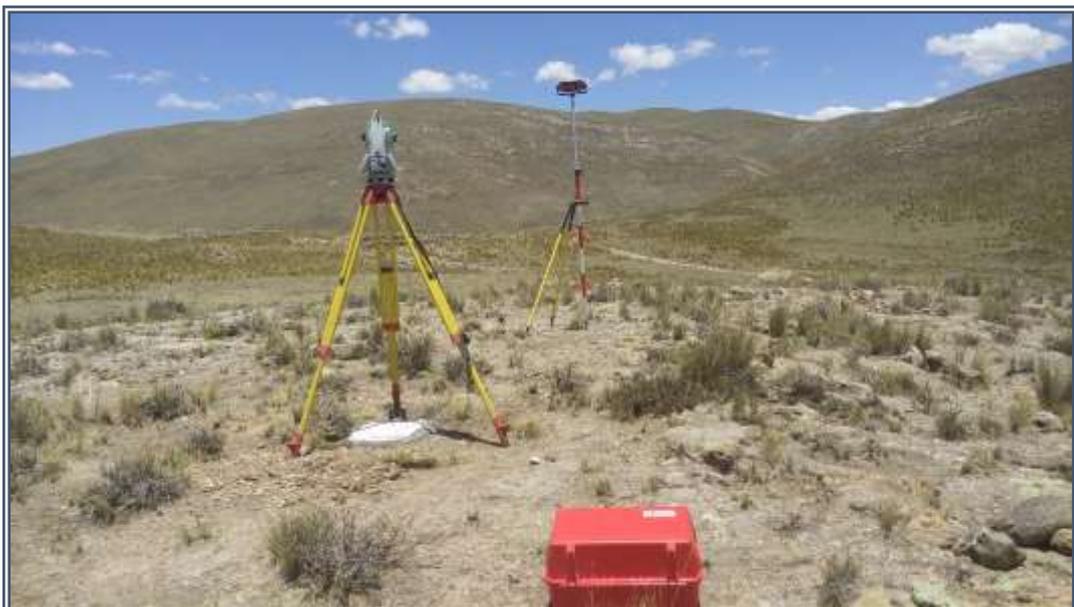
Luego de visualizar y definir dónde estaban las esquinas de las redes primaria y secundaria de apoyo, se procedió a su instalación, consistiendo cada

monumento en un cuerpo cilíndrico de concreto con una barra de acero de ½” hundida en el medio, empotrada de 50 x 60 cm de profundidad. Tienen de 20 a 30 cm de diámetro, con códigos marcados en croquis de red de soporte y mapas topográficos; además, cada uno de ellos tiene cotas de elevación y UTM determinadas con precisión, los valores se basan en Los datos recopilados en el sitio son el resultado de cálculos de terreno y procesos de oficina.

3.3.8. Levantamiento Planimétrico y Altimétrico.

Después de definir las esquinas de apoyo, se realizaron mediciones planas de los polígonos utilizando una estación total Leica TS09 R500 con una precisión de lectura directa de aprox. 1". El propósito de este levantamiento fue proporcionar un sistema de coordenadas X-Y convenientemente distribuido en toda el área de levantamiento para respaldar cada vértice. Posicionamiento preciso de las curvas de nivel y detalles del plano considerados de interés, como árboles, postes de servicios públicos, brechas, entre parcelas y los otros El primer punto se crea en un sistema de coordenadas basado en el norte magnético. Así que queremos el eje Y (coordenada) de norte a sur y el eje X (abscisa) de este a oeste.

Figura N°04 levantamiento planimétrico de los vertices



Un tacómetro, como se le conoce con este nombre, es un instrumento que

combina las funciones de un teodolito electrónico, un telémetro electrónico y un microprocesador en una sola unidad para realizar los cálculos necesarios para determinar las coordenadas rectangulares de los puntos. en la tierra. . Entre las operaciones que realiza la estación total se encuentran: promediar varias medidas de ángulos y distancias, corrección electrónica de distancias según constantes de prisma, corrección de presión atmosférica y temperatura, curvatura y refracción de la tierra, reducción de pendiente Cálculo de distancias, su horizontal y componentes verticales. y las coordenadas de los puntos de medición. La operación y control de las funciones de la estación total se realiza a través de la pantalla y el teclado, y las funciones principales se realizan a través de las teclas, tales como ingreso de caracteres alfanuméricos, medición de distancias, etc. Otras funciones que rara vez se usan y solo se usan una vez se pueden activar desde el menú principal, como ingresar constantes de corrección atmosférica, constantes de prisma, ver archivos, buscar elementos en archivos, eliminar archivos, configuración de estaciones, puertos de salida, unidades, reinicio O también el círculo horizontal predeterminado se puede ejecutar desde el menú principal. El funcionamiento de una estación total es similar al de un teodolito electrónico: primero se construye una estación en un punto topográfico y luego se nivela. Para iniciar el levantamiento, es necesario orientar previamente el taxi para colocarlo en un vértice con coordenadas conocidas y conocer el azimut de referencia (vértice con coordenadas conocidas) ingresado con el teclado. Para medir la distancia, el telémetro electrónico de la estación total calcula la distancia indirectamente en función del tiempo que tardan las ondas electromagnéticas en viajar de un extremo a otro de la línea y viceversa. En el campo, se necesita un tacómetro para hacer una estación de medición, un extremo es para medir la distancia y el otro es para insertar un reflector o prisma; el requisito básico es que no haya obstrucciones en la línea de visión entre la estación total y el reflector o prisma, y el instrumento transmite señales electromagnéticas a Desde el espejo hasta el prisma, la distancia se puede determinar con precisión cuando se mide con la atmósfera adecuada correcciones de temperatura, temperatura y presión. Estas correcciones las hace el microprocesador una vez. Los operadores han ingresado estos valores. El

tacómetro mide la distancia repetidamente y el resultado que se muestra en la pantalla es el promedio de los tiempos seleccionados por el operador. Tametrics son herramientas generales modernas en la práctica topográfica y se pueden utilizar para cualquier tipo de levantamiento topográfico rápido y preciso y eliminación de datos de campo sin errores. Independientemente del tamaño del proyecto, las estaciones totales se pueden utilizar tanto para la planimetría como para la medición de la altura. Las mediciones realizadas con esta herramienta son rápidas y precisas, los datos de campo se eliminan sin errores, los cálculos se realizan con software y el dibujo es asistido por computadora, lo que garantiza el diseño final, mapas topográficos, en un formato claro y comprensible, de acuerdo con el especificaciones técnicas necesarias.

3.3.9. Relleno Topográfico

Para áreas irrigadas y/o áreas artificiales, el relleno del terreno se realiza mediante velocimetría, radiometría, incluyendo topografía del terreno natural, puntos de relleno detallados: casas, caminos, canales existentes, arroyos, cañones, bofedales y lagunas, etc. El método de radiación es un método ampliamente utilizado para el levantamiento de suelos en áreas con áreas medianas y grandes, terrenos irregulares y vegetación densa. Este método se basa en el recorrido básico propuesto anteriormente que irradia desde sus esquinas para determinar la ubicación de los puntos de línea papilar y de relleno. Se realizaron equipos de medición radiométrica con estaciones totales y prismas. Cuando se utiliza una estación total con prisma, estos puntos suelen registrarse automáticamente con coordenadas en un archivo de formato ASCII en el manual de campo electrónico. El proceso de relleno del área debe dar la forma correcta de la ondulación del relieve. Después del procesamiento, se representa mediante líneas de contorno, y el diseñador sigue la topografía del terreno de esta manera. Las curvas horizontales se utilizan con mayor frecuencia para la representación gráfica de formas de relieve, ya que le permiten determinar fácil y rápidamente la altura o la elevación de cualquier punto de relieve, dibujar contornos, calcular

pendientes, resaltar la forma y las características del relieve. terreno. terreno etc

Las **curvas de nivel** Son líneas dibujadas en un plano para representar el relieve o configuración topográfica del terreno. Las curvas de nivel conectan puntos en el terreno que tienen la misma altura o elevación, por lo que representan la intersección del terreno con un plano horizontal. La distancia entre las curvas de nivel en un plano, que aparentemente representa la distancia horizontal y vertical o la distancia entre ellas.

Figura N° 05 levantamiento de curvas de nivel



Restar la diferencia de altura de las dimensiones. La altura o altura de una línea de contorno es la altura o altura del plano horizontal sobre el que se encuentra.

3.3.10. Cálculos y Compensaciones de la Red de Apoyo

a.- Calculo planimétrico.

Una de las principales ventajas de utilizar la estación total Leica FlexLine TS09 es que los cálculos son automáticos, ya que al crear el sistema de coordenadas y su origen, todas las lecturas obtenidas, independientemente de la secuencia (incluidas las radiométricas), son suficientes. Asignando la nomenclatura adecuada a sus diferencias, todas se basan en las referencias introducidas al inicio del trabajo. La única molestia encontrada hasta el momento y sin forma de solucionarlo es precisamente la autocompensación

que hace la herramienta, ya que la herramienta la cierra automáticamente cada vez que sube, por lo que hay que tener mucho cuidado de que el cable que inicia las coordenadas se cierre. no se ve afectado tanto por el plomo secundario. Dado que este cálculo lo realiza un taatómetro, se puede crear un mapa topográfico simplemente descargando la información de su cuaderno electrónico y dibujándolo en el programa apropiado.

b.- Calculo altimétrico.

Inicialmente, se debe calcular la red principal de bancos horizontales. A través de las alturas de las esquinas del polígono principal se proyecta una red de pendientes cuya suma algebraica debe ser cero. Usando los datos ya registrados en el cuaderno, calcule la heterogeneidad que existe entre la fracción de niveles que ya están encendidos y apagados en la biblioteca de niveles extremos de niveles conocidos. Con estas elevaciones, en base al horizonte, se puede obtener una representación aproximada de la forma del terreno y la topografía (topografía).

3.3.11. Dibujo del Plano Topográfico

Este proceso es relativamente simple ya que los datos de cada vértice dentro del polígono se almacenan en un cuaderno electrónico. El cuaderno electrónico se conectará a una computadora en la que esté instalado el software "FlexOffice Standard" del fabricante de la estación de trabajo. Se descargará un archivo de trabajo topográfico.

En este archivo, ahora puede completar el diseño de las partes, que contendrá una descripción de cada punto, su nomenclatura y las coordenadas calculadas. A medida que el instrumento calcula y compensa la altura de los datos recopilados.

El proceso final de todos los levantamientos topográficos consiste en dibujar un mapa topográfico de acuerdo con todos los resultados anteriores usando una computadora personal y el software familiar ArcGIS versión 10.3, Civil 3D 2021 y/o AutoCAD 2021 o posterior usando un plotter para dibujar el resultado final. plano, cada metro Dibujar curvas de nivel, en algunos casos medio metro. Dependiendo de la cantidad de trabajo realizado, se dará prioridad a

los programas que sean más grandes o que mejor se adapten a nuestras necesidades para que sean realmente útiles y lo más detallados posible. La cuadrícula Y-X se selecciona de acuerdo con los datos de la guía principal, y los dibujos del mapa topográfico siguen completamente los principios básicos de los mapas topográficos. Finalmente, utilizando las elevaciones de todos los puntos de alineación, se aplica la interpolación a la configuración del terreno. Se recomienda colocar curvas maestras cada metro y curvas de interpolación cada medio metro, pero la decisión final se tomará en base a los estándares y necesidades de trabajo de las personas involucradas en el proyecto.

3.4. Levantamiento topográfico especiales.

- ✓ Durante el levantamiento del objeto, se organizan trabajos especiales de levantamiento topográfico, teniendo en cuenta los siguientes aspectos, para determinar las dimensiones del territorio levantado, la geometría de los taludes hidráulicos y constructivos o la longitud de las secciones y la colocación de las secciones hidráulicas, tomando en cuenta los niveles máximos de agua informados durante las inundaciones. Una vez ubicado el eje de entrada, coloque un monumento con $\frac{1}{2}$ pulgada de hierro y cemento tallado en el borde derecho como (EJE-A) y en el borde izquierdo como (EJE-B) para definir el eje de apoyo, este también sirve como el vía de conexión a la base de transición. Se realizaron replanteos cada 25 metros para niveles de ejes y dovelas, y de igual manera se realizaron levantamientos topográficos 500 metros aguas abajo para determinar la profundidad, forma y pendiente del cauce natural del río Huañacachi, que dictó el diseño de la bocatoma. En las cuencas de los tramos Huecco y Santa Rosa, por tratarse de manantiales, se midió todo el perímetro de manantiales de corrimiento. Para cauces con inundación o inestabilidad de márgenes y/o erosión, es conveniente incluir los cambios de dirección del flujo en levantamientos topográficos a distancias tales que permitan identificar los cauces auxiliares y las

obras de protección necesarias. Es preferible ubicar la sección hidráulica en un tramo recto del cauce investigado, donde las secciones y pendientes sean esencialmente iguales, lo cual es condición necesaria para la aplicación del método de Manning, donde no existe caída de agua, estrechamiento natural del cauce. o desbordamiento. o no son importantes. No colocarlos en zonas donde existan balsas naturales de agua o por extracción de material. Con base en la referencia topográfica determinada en el proyecto de geometría, se revisaron los ejes de las compuertas de entrada, señalizados con piquetas cada 25 metros. Para obtener datos que permitan la elaboración de un plano de perfil constructivo, revisando el eje de la presa de entrada y teniendo en cuenta la presa horizontal del diseño geométrico, se nivela, se obtiene elevación, zoom en centímetros e inspección de ida y vuelta, en natural terreno Todo desconectado en . Para determinar la pendiente hidráulica promedio del cauce en estudio, el objetivo es determinar el caudal a través del cauce, si la profundidad del agua lo permite, el perfil del fondo sube a lo largo del eje del cauce, lo que determina la pendiente geométrica, o para cauces con mayor profundidad de agua, al medir, se determina el perfil de la superficie del agua de la pendiente hidráulica, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- ✓ ✓ El contorneado y nivelación del talud geométrico o perfil del talud hidráulico se realizará en la dirección general del pico anormal de escorrentía de crecida desde doscientos (200) metros o dos (2) veces el ancho del cauce, lo que sea mayor, aguas arriba. El nivel del terreno se obtiene en puntos señalizados con estacas cada veinticinco (25) metros desde el último tramo hidráulico aguas arriba hasta los cien (100) metros aguas abajo del último tramo hidráulico aguas abajo. Las dimensiones horizontales y los niveles se determinan en centímetros.

Figura N° 06 ubicación de la bocatoma central



Figura N°07 levantamiento de la bocatoma central



3.4.1. Trazo y replanteo de los muros de encauzamiento.

El muro de encauzamiento de las bocatomas está compuesto por 450.00 ml, se replanteo en el campo siguiendo los siguientes pasos:

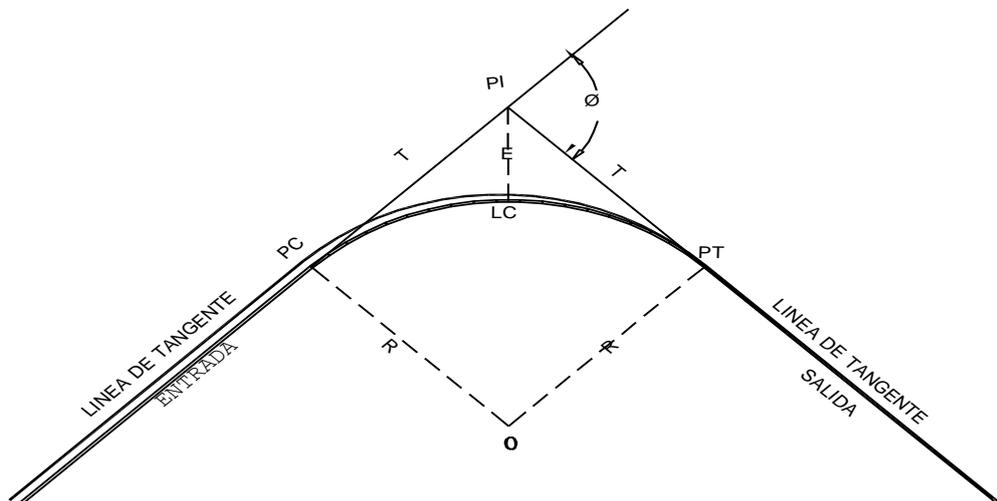
- Reconocimiento de Campo
- Determinación de los puntos de inflexión
- Estacado del eje (Trazo)
- Nivelación de Estacas
- Seccionamiento de estacas
- Amarre con un sistema de coordenadas absolutas
- Monumentación y nivelación de BMs definitivos
- Dibujo

3.4.2. Reconocimiento de campo

Para empezar con los trabajos, se hizo un recorrido a lo largo del río aguas arriba y aguas abajo, para ver el estado de la topografía de la ruta, así como programar las actividades y los medios necesarios para el replanteo final.

3.4.3. Ubicación de los puntos de inflexión

La intersección de las dos tangentes a la curva se designa punto de intersección PI; el ángulo de deflexión en el PI formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se designa con la letra “Alfa” (α) = I .



Inicio de Replanteo. - Después de ordenar los datos, se realiza la siguiente acción:

El dispositivo de terreno (teodolito electrónico) debe estar en el punto de inicio de nuestro eje (PI 0). Luego crecer con el punto de referencia indicado por el

plano, este es el punto de referencia. 1. Utilice el equipo para marcar el ángulo de costo inicial. Después de ajustar el teodolito, marcamos la distancia alcanzada entre PI 0 y PI1. Para marcar la distancia fija de 25m en la ruta mencionada anteriormente, se requiere la asistencia del personal de apoyo y ellos son los responsables del trazado de la ruta.

Punto de inicio de curva (PC), Punto de terminación de curva (PT).

Para el trazo de las curvas circulares el ingeniero, con la ayuda de una calculadora científica se determina todos los elementos de las mismas y por lo tanto en el campo fijará primero el PI y medirá con cinta para hallar los puntos de las sub tangentes (punto donde comienza la curva) que son los PC y los PT.

$$PT = PC + Lc \quad \rightarrow \text{Punto de Tangencia (termina curva)}$$
$$PC = PI - T \quad \rightarrow \text{Principio de Curva (inicia curva)}$$

Angulo de Deflexión (I).

El que se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente. Puede ser a la izquierda o a la derecha según si está medido en sentido anti-horario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente. Es igual al ángulo central subtendido por el arco (I).

Radio [R].

El de la circunferencia que describe el arco de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan I/2} \quad \rightarrow \text{Radio}$$

Longitud de Curva (LC).

Distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, o bien, una poligonal abierta formada por una sucesión de cuerdas rectas de una longitud relativamente corta. Ver más adelante para mayor información.

$$Lc = \frac{\pi \cdot R \cdot I}{180} \quad \rightarrow \text{Longitud de Curva}$$

Tangente [T].

Distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI), los alineamientos rectos también se conocen con el nombre de tangentes, si se trata del tramo recto que queda entre dos curvas se le llama entretangencia - hasta cualquiera de los puntos de tangencia de la curva (PC o PT).

$$T = R \cdot \text{Tag} \frac{I}{2} \quad \rightarrow \text{Tangente}$$

Externa [E].

Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = R \left[\left(\text{Sec} \frac{I}{2} \right) - 1 \right] \quad \rightarrow \text{Externa}$$

Ordenada Media [M] (o flecha [F]).

Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$F = PC - \frac{Lc}{2} \quad \rightarrow \text{Punto de externa (Punto medio entre PC y PT)}$$

Replanteo de Puntos de Curvas Horizontales.

3.4.4. Para ello luego de dibujar nuevamente el PC y PT de cada curva usando la referencia, procedemos a insertar nuestro instrumento topográfico en la computadora y luego aumentar con el PI anterior o el PI de la curva que se está trabajando, empiezo midiendo la declinación acumulada calculada con una calculadora científica y después de ver los resultados, mido los ángulos uno por uno. Cada ángulo corresponde a la distancia entre cada abscisa donde se encuentran los polos. Finalmente, al volver a dibujar la curva, llegaremos nuevamente a un PT que probablemente esté fuera de lugar en comparación con la medición de PI original.

3.4.5. Punto Obligado de Tangente ó Punto de Paso (PP).

Son puntos que se tornan necesarios en algunas circunstancias de la actividad de replanteo, como, por ejemplo:

- Cuando la distancia entre dos PI es muy larga y no está al alcance de la visual del teodolito.
- Cuando en el momento de trazar el eje de la vía nos encontramos en terrenos cuya topografía obstaculiza la visual del teodolito.

3.4.6. Trazo y Estacado de la Poligonal

El trazo del eje o estacado de los muros de encausamiento están determinados por estacas de madera de 20 cm., ubicados a cada 25 m. En los Muros de encausamiento se llevó el trazo en aguas arriba y aguas abajo en ambos márgenes de la bocatoma, en el estacado se siguió el siguiente proceso.

- a. Determinación de la Progresiva del PI
- b. Medición angular
- c. Calculo de los elementos de curva
- d. Replanteo de Curvas
- e. Alineamiento y estacado de tangentes.

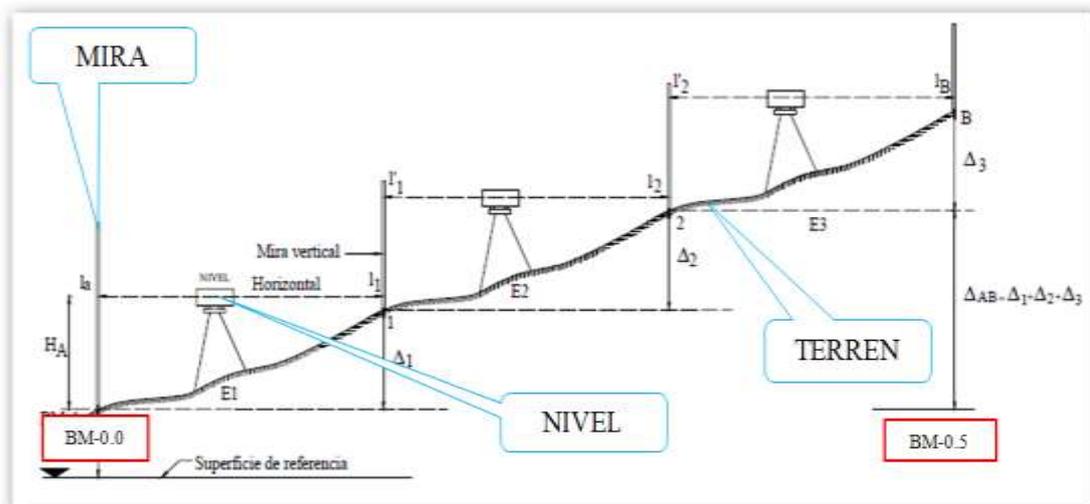
3.4.7. Nivelación de Estacas de los muros de Encausamiento

La nivelación de estacas se hizo a partir de los BMs dejados en tramos de cada 500 m, siguiendo el estacado de eje canal cada 25 m. llamado también progresivas de eje, la nivelación de eje fue para dibujar el perfil longitudinal que servirá para determinar las pendientes de la rasante, Aquí los BMs cumplieron un rol importante ya que en base a ello se controlaron las diferencias de alturas a su vez estos BMs se detallan en la relación del banco de BMs.

3.4.8. Seccionamiento de estacas

Junto a la nivelación de eje canal se realizaron los trabajos de seccionamiento, que consiste en la lectura de diferencia de alturas perpendiculares al eje del canal y por ser en su mayoría de topografía accidentada, las medidas del seccionamiento en ambos lados se ha adecuado de acuerdo al terreno, para dicho trabajo se utilizó un nivel de ingeniero, el seccionamiento fue importante para el dibujo de secciones transversales además para el cálculo de áreas de corte y relleno con ello el movimiento de tierras determinándose el volumen total en m³.

Figura N° 08 seccionamiento para movimiento de tierras



3.4.9. Amarre con un Sistema de Coordenadas Absolutas

La poligonal abierta de los canales, se amarró de la red principal de apoyo con ayuda de puntos auxiliares, para posteriormente hacer el cálculo de coordenadas de los PIs de los Muros de encausamiento proyectados en el

presente estudio. Generalmente el amarre se realiza el PI-0 a su vez algunos PIs para su comprobación final de tal manera que coincidan todo el conjunto de los planos topográficos y los planos de los de los muros de encausamiento ya sean en planta o perfiles.

3.4.10. Dibujos y planos finales

Finalmente se platearon los planos en planta a escala 1:40,000 los planos de perfil longitudinal a escala $V = 1: 10,000$ y $H = 1:2500$ y los planos de secciones transversales a escala 1:100; que están adjuntos al presente expediente técnico para que una vez se inicie la etapa de ejecución de Obras se lleve estos datos al terreno para ser replanteados.

Planos completos con los cortes y detalles necesarios para que en la construcción no haya ninguna duda acerca de lo proyectado. Los detalles se entregarán a escala conveniente indicando en cada uno de ellos.

Se hizo previo recorrido, siguiendo la cota más baja para captar los excedentes de agua necesarios que demanda el proyecto, tomando en cuenta las áreas de influencia de las unidades de riego.

3.5. Trazo y replanteo de los canales de derivación entubado.

El replanteo de canales en un estudio generalmente consiste en canales de derivación entubado, cada uno con caudales y secciones bien definidos de acuerdo a la capacidad y diseño de los mismos. La longitud de los canales, y los caudales en todo el ámbito de la Irrigación Mejoramiento y ampliación del servicio de agua para riego en los sectores Central, Santa Rosa y Huacco del Anexo Challapampa, Distrito de Copani, Provincia de Yunguyo, Region Puno, van desde 0.10 hasta 0.005 Lts. /seg. La meta física de los canales total proyectado es de 8,223.00 Km. Divididos en tres tramos:

- ✓ Tramo I Sector Central Prog.0+000 a la Prog. 1+985.00
 - ✓ Tramo II Sector Santa Rosa Prog. 0+000 a la Prog. 2+266.00
 - ✓ Tramo III Sector Huecco Prog. 0+000 a la Prog. 3+972.00
1. Reconocimiento de Campo
 2. Determinación de línea de gradiente

3. Ubicación de los puntos de inflexión
4. Trazo y estacado del eje canal
5. Nivelación de estacas
6. Seccionamiento de estacas
7. Amarre con un sistema de coordenadas absolutas
8. Dibujos y planos

3.5.1. Reconocimiento de campo

Se deben realizar reconocimientos de campo del trazo seleccionado, con el objeto de identificar los elementos que ayuden a determinar el trazo definitivo, de acuerdo con los puntos obligados de paso, que se establecen por razones económicas, características topográficas, geológicas, geotécnicas, alineamientos, pendientes, clasificación de terrenos, cruces con ríos y arroyos, con carreteras, vías férreas, poblaciones y localización de obras de drenaje.

Se realizó un recorrido a lo largo del trayecto por donde se proyecta los canales para ver la ruta a seguir y así poder realizar los trazos de eje sobre la superficie del terreno, así como programar las actividades y los medios necesarios para el replanteo final.

3.5.2. Determinación de línea de gradiente.

Es el procedimiento de trazado directo de los poligonales marcados como referencia con hitos de piedra en el campo, como eje preliminar con cotas que configuran una pendiente constante, hasta alcanzar un punto referencial de destino, en un trazo nuevo.

Figura N°09 Hitos de línea de gradiente



3.5.3. Ubicación de los puntos de inflexión horizontal (PIs)

Enseguida determinamos los PIs. Entre término y inicio de tangentes de acuerdo a la línea de gradiente, siguiendo por la cota más alta para cubrir la mayor cantidad posible de áreas de riego, tomando en cuenta las áreas de influencia de las unidades de riego. Los puntos de inflexión horizontal son el cambio de la dirección de canal hacia la derecha o izquierda de su ruta hacia delante desde la captación o bocatoma, generándose ahí las curvas horizontales de los canales de irrigación sean estos principales o laterales.

3.5.4. Trazo y Replanteo de la Poligonal abierta de eje canal

Trazar es marcar en el terreno con estacas, hito, referencias, los puntos que se desean replantear en el proyecto.

Replanteo es implantar en el terreno, de forma adecuada e inequívoca la posición de los puntos básicos y representativos de un proyecto, teniendo en cuenta dimensiones y formas indicadas en el plano de diseño.

Figura N °10 trazo y replanteo



3.5.5. Personal de Trabajo, Equipo y materiales.

Para los trabajos de replanteo se tiene personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo estacado, referenciación, cálculo y registro de datos para el control de la obra.

El personal, equipo y materiales deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Personal. - deberá constar de cuadrillas de topografía en un número suficiente para tener un flujo ordenado de operaciones que permitan la ejecución del estudio topográfico de acuerdo a los cronogramas. El personal que se cuenta está suficientemente tecnificado y calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido. Dicho personal está integrado por:

- ✓ Coordinador de campo.
- ✓ Topógrafo
- ✓ Jaloneros
- ✓ Wincheros

- ✓ Pintor
- ✓ Estaqueros
- ✓ Auxiliares de topografía

Equipo. - Se cuenta con los equipos topografía necesario de última generación, capaz de trabajar dentro de los rangos de tolerancia especificados. Así mismo se tiene el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo. El equipo consta de:

- ✓ Teodolito Electrónico
- ✓ Miras
- ✓ Cinta métrica de 50m.
- ✓ Flexómetro de bolsillo.
- ✓ Libretas de campo.
- ✓ Nivel esférico
- ✓ Jalones.

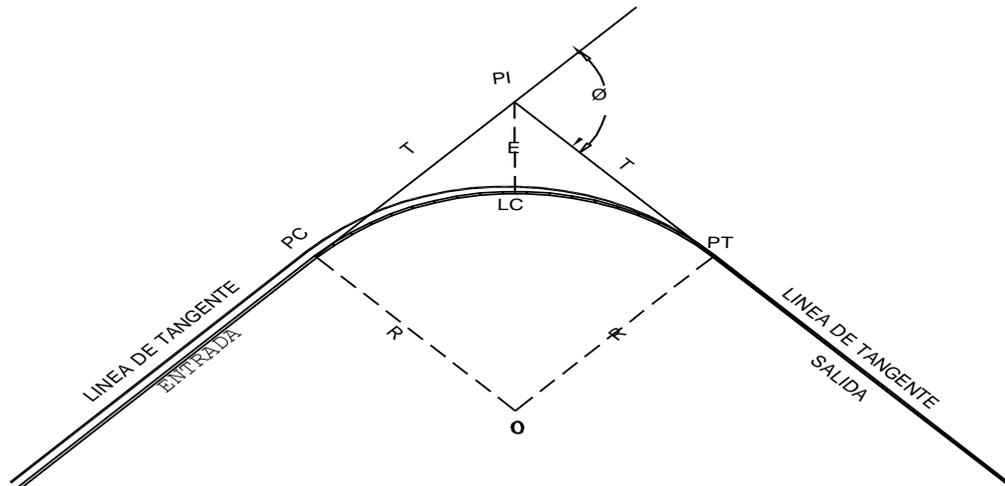
Materiales. - Se proveerá del material suficiente y adecuado para la cimentación, referenciación, estacado que permita anotar marcas legibles.

Los materiales deben ser:

- Pintura Esmalte
- Combos
- Estacas (h = 25 cm. Aprox.)
- Cemento
- Varillas de fierro 1/2" (h = 25cm)
- Brochas

3.5.6. Puntos de Inflexión (PI), y ángulos de deflexión (α).

La intersección de las dos tangentes a la curva se designa punto de intersección PI; el ángulo de deflexión en el PI formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se designa con la letra “Alfa” (α) = I .



Inicio de Replanteo. - Una vez ordenados los datos se procede a realizar el siguiente procedimiento:

Se deberá ubicar el equipo topográfico (teodolito electrónico) en el punto inicial de nuestro eje (P_o). Luego se encera con el punto de referencia que nos indica el plano siendo este Ref. 1 y se marca con el equipo el ángulo inicial de Replanteo.

Siguiendo el alineamiento del teodolito marcamos la distancia entre el P_o y el PI_1 obtenida. Para poder marcar las distancias establecidas de 25m en dicho alineamiento es necesaria la ayuda del personal de apoyo, el mismo que se encargará de estacar en la alineación.

Punto de inicio de curva (PC), Punto de terminación de curva (PT).

Para el trazo de las curvas circulares el ingeniero, con la ayuda de una calculadora científica se determina todos los elementos de las mismas y por lo tanto en el campo fijará primero el PI y medirá con cinta para hallar los

puntos de las sub tangentes (punto donde comienza la curva) que son los PC y los PT.

$$PT = PC + Lc \quad \rightarrow \text{Punto de Tangencia (termina curva)}$$

$$PC = PI - T \quad \rightarrow \text{Principio de Curva (inicia curva)}$$

Angulo de Deflexión (I).

Una alineación creada al extender una de las alineaciones rectas y la siguiente alineación recta. Puede moverse hacia la izquierda o hacia la derecha, según se mida en el sentido contrario o en el sentido de las agujas del reloj. Es igual al ángulo central (I) subtendido por el arco.

Radio [R].

El de la circunferencia que describe el arco de la curva.

$$R = \frac{T}{\tan I/2} \quad \rightarrow \text{Radio}$$

Longitud de Curva (LC).

La distancia del PC al PT a través de un arco de curva o una sección transversal abierta formada por una serie de cuerdas rectas relativamente cortas. Consulte a continuación para obtener más información.

$$Lc = \frac{\pi.R.I}{180} \quad \rightarrow \text{Longitud de Curva}$$

Tangente [T].

La distancia desde el punto de intersección de las tangentes (PI), la línea también se llama tangente, y si es la parte de la línea que queda entre dos curvas, se llama punto de tangencia - a cualquier punto de tangencia . curva (PC o PT).

$$T = R.Tag \frac{I}{2} \quad \rightarrow \text{Tangente}$$

Externa [E].

Distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = R \left[\left(\sec \frac{I}{2} \right) - 1 \right] \rightarrow \text{Externa}$$

Ordenada Media [M] (o flecha [F]).

Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$F = PC - \frac{Lc}{2} \rightarrow \text{Punto de externa (Punto medio entre PC y PT)}$$

Replanteo de Puntos de Curvas Horizontales.

Para realizar este trabajo, una vez que se ha vuelto a trazar los PC y los PT de cada curva, usando las referencias, procedemos a colocar nuestro Instrumento topográfico en el PC, a continuación, encerando con el PI anterior o con el PI de la curva en estudio, comienzo a medir los ángulos de deflexión acumulados, los cuales se calculan con una calculadora científica, previa revisión del resultado, estos ángulos los mido uno por uno. A cada ángulo le corresponde la distancia entre cada abscisa en la cual se coloca una estaca, al final, replanteando la curva, llegaremos nuevamente al PT, el cual puede estar desubicado, con respecto a la medida inicial con los PI.

3.5.7. Punto Obligado de Tangente o Punto de Paso (PP).

Estos son los puntos que se hacen necesarios en determinadas situaciones de operaciones de respuesta, tales como:

- Si la distancia entre dos PI es grande y no está en el campo de visión del teodolito.
- Mientras dibujaba el eje de la carretera, estábamos en un terreno que bloqueaba la vista del teodolito.

3.5.8. Nivelación de Estacas de eje canal

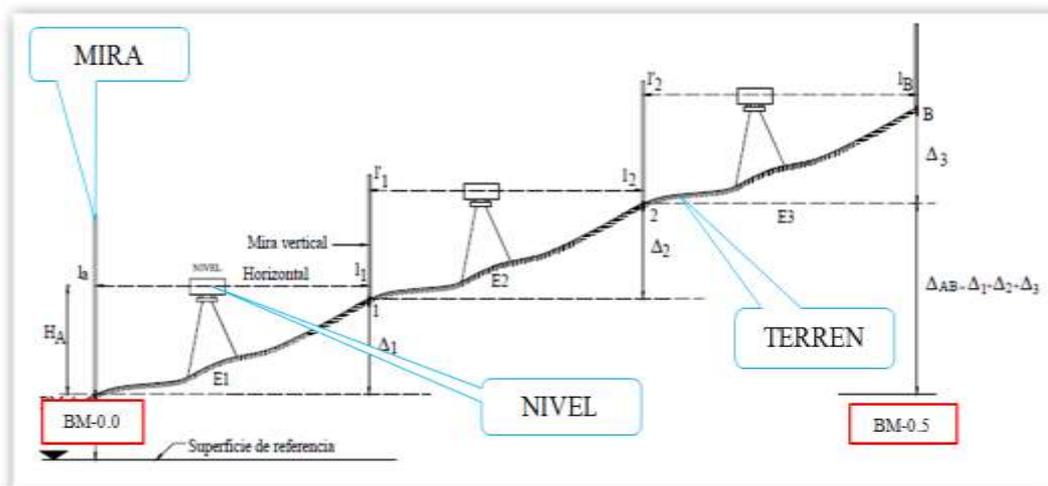
Luego del relleno del eje del cauce, se nivelaron pilotes cada 25 m cada 500 m del BM remanente en el tramo vial. También conocido como el eje

progresivo, la alineación del eje se usa para dibujar perfiles longitudinales y se usa para determinar la pendiente de la pendiente. BM es de gran importancia aquí, ya que controla la diferencia de altura y estos BM se especifican en la relación de banco BM.

3.5.9. Seccionamiento de estacas

Como se niveló el eje del canal, se realizaron trabajos de dovelas que consistieron en la lectura del desnivel perpendicular al eje del canal, y como la mayor parte de este terreno es irregular, se realizaron mediciones de dovelas a ambos lados en base al trabajo anterior. use el nivel de ingeniero, las secciones son importantes para dibujar secciones transversales y calcular las áreas de secciones y rellenos y, por lo tanto, para el movimiento del suelo, para determinar el volumen total en metros cúbicos.

Figura N° 11 seccionamiento de estacas



3.5.10. Amarre con un Sistema de Coordenadas Absolutas

La poligonal abierta de los canales, se amarró de la red principal de apoyo con ayuda de puntos auxiliares, para posteriormente hacer el cálculo de coordenadas de los PIs de los canales proyectados en el presente estudio. Generalmente el amarre se realiza el PI-0 a su vez algunos PIs para su

comprobación final de tal manera que coincidan todo el conjunto de los planos topográficos y los planos de los canales ya sean en planta o perfiles.

3.5.11. Dibujos y planos finales

Finalmente, se platearon los planos en planta a escala 1: 5,000 y 1: 10,000 los planos de perfil longitudinal a escala $V = 1: 100$ y $H = 1:2500$ y los planos de secciones transversales a escala 1:100; que están adjuntos al presente expediente técnico para que una vez se inicie la etapa de ejecución de Obras se lleve estos datos al terreno para ser replanteados.

Planos completos con los cortes y detalles necesarios para que en la construcción no haya ninguna duda acerca de lo proyectado. Los detalles se entregarán a escala conveniente indicando en cada uno de ellos.

3.6. Trazo y replanteo de los reservorios.

Para el caso de los reservorios, se han definido siguiendo la ubicación en las partes más altas a base de la llegada de la línea gradiente dado de los canales de conducción su punto de inicio es de acuerdo a la topografía del terreno y el área que se requiere según el volumen; para nuestro caso los reservorios están compuesta por un total de tres reservorios y cada uno con un volumen de 500 m³, distribuidos en los diferentes sectores respectivamente; todas las medidas fueron tomadas con wincha en forma horizontal; estos reservorios fueron replanteados en el campo siguiendo los siguientes pasos:

- Reconocimiento de Campo
- Estacado del eje (Trazo)
- Nivelación de Estacas
- Seccionamiento de estacas
- Amarre con un sistema de coordenadas absolutas
- Monumentacion y nivelación de BMs definitivos
- Dibujo y planos finales

3.6.1. Estacado del eje (Trazo)

En el diseño del eje, en primer lugar, la posición del eje del proyecto en el objeto debe determinarse mediante un método aproximado, que pueda garantizar que ambas partes crean que no hay obstáculos en el área de construcción, que debe cambiar el diseño. Si no hay obstáculos en el área, se detectará el eje principal. Los datos de diseño del eje del proyecto se informan en cuadernos de sitio y registros de diseño final, donde se debe registrar toda la información encontrada a lo largo y ancho del eje medido, incluidos los nombres y el progreso correspondiente, como las rutas de comunicación existentes (carreteras, caminos pavimentados, arroyos) .registrando el tipo de obra de arte y su progresiva, líneas de energía eléctrica con esviaje y altura de conductores sobre el terreno, ductos con su diámetro, profundidad y tipo de fluido que conducen, cercos, construcciones (tipo y dimensiones), ríos y arroyos indicando la elevación del N.A.M.E. observado en campo. Todas las libretas de campo de campo de registro están numeradas para su respectiva consulta.

En el caso de existir algún obstáculo en el área se tratará de eliminarlo. De no ser esto posible, se requerirá una nueva ruta o modificación, para lo cual se hará necesario especificar claramente el régimen de tenencia de la tierra (ejidal, comunal, propiedad privada, etc.), linderos con los nombres de los poseionarios o propietarios, así mismo indicará las áreas de afectación correspondientes y límites de la división política (municipio, centro poblado o comunidad), lo anterior conforme a los datos que investigue en campo, Dicha relación de propietarios deberá ser presentada en forma ordenada y secuencial por tramos del trazo de eje del reservorio.

3.6.2. Nivelación de Estacas

Para nivelar los pilotes de estacas se utiliza grado de ingeniería Topocom modelo ATB-03. Al comienzo del levantamiento, la posición inicial del punto de referencia se propagará desde el nivel de referencia de control terrestre más cercano; cuando el tramo objeto de revisión sea continuación de una serie ya completada, se multiplicará el nivel de los dos bancos de niveles definidos en el apartado anterior. Cada kilómetro se deben ajustar al menos dos niveles,

comprobar aprox. cada 500 metros utilizando niveles diferenciales de ida y vuelta deberán estar fuera del derecho de vía y sobre objetos fijos permanentes que no cambien de altura o en su concreto con barras de acero fuera del área afectada en un caso marcado. La división natural del terreno a lo largo del eje del proyecto consiste en tomar la altura del terreno, nivelaciones diferenciadas mediante puntos abiertos cada 5 m, puntos principales con líneas horizontales y puntos intermedios con importantes quiebres de relieve. Los asientos de grada están numerados con dos dígitos, el primer dígito corresponde al kilometraje cerrado en el que se encuentra el asiento de grada, y el segundo dígito corresponde al número de secuencia correspondiente al asiento de grada en ese kilómetro. La planaridad se registra en un cuaderno de campo, expresado en términos de sección y número de ramales, el registro incluye todos los detalles a lo largo del eje medido, tales como caminos, arroyos, desagües, sistemas de agua potable, etc. Para este Trabajo se consideró un límite de error permisible generada por la siguiente fórmula:

$$Ep = \pm 12\sqrt{D.Km.}$$

Donde la D es la distancia en Km.

3.6.3. Seccionamiento de estacas

Las secciones transversales del terreno se miden cada 5 m y en todos los puntos principales e intermedios de la línea, teniendo en cuenta los quiebres importantes del terreno. La longitud mínima de la sección transversal del suelo se adapta al relieve del suelo. Si el punto de alineación vertical (sección derivada) indica una excavación y/o un terraplén bastante altos, tome la longitud necesaria de la sección transversal para ajustar el elemento de la sección estructural en consecuencia. Si la sección transversal del terreno cubre un camino o sendero existente, cada detalle, incluido el título, la distancia y la rugosidad, se mide en relación con el terreno en un eje o por la distancia y la elevación correspondientes a un punto. determinado por el nivel geométrico. Esto es principalmente en áreas centrales densamente

edificadas, donde siempre se debe determinar la ubicación y la altura de la entrada a la casa.

3.6.4. Amarre con un sistema de coordenadas absolutas

El PI de inicio o algunos de estos están amarrados a los vértices principales de apoyo para el respectivo cálculo de coordenadas de las poligonales de trazo de los reservorios llamados la red de apoyo principal y secundario existente.

El amarre se hizo por triangulación y por el método de POTENOTH, leyendo ángulos por el método de repetición con una serie de lecturas.

Las poligonales con puntos conocidos (PI-0 y P.F.), se consideran como poligonales de línea cerrada efectuándose las correcciones y, compensaciones siguientes:

- Error angular
- Error de cierre lineal

El error angular, es el error de llegada del azimut calculado a partir de un azimut de partida, el límite de error permisible fue considerado y determinado por la siguiente fórmula:

$$Ea = \pm 30'' \sqrt{n}$$

Donde:

Ea = error angular

n = Numero de PIs

Los errores angulares permisibles se dividieron entre el número de PIs y se sumó o resto según sea el caso.

El error de cierre lineal es la diferencia con su llegada calculando las coordenadas, partiendo del punto inicial con las coordenadas del punto de cierre, este error se determinó por:

$$Ecl = \frac{1}{LP} \sqrt{En^2 + E_E^2}$$

Donde:

- Ecl = Error de cierre lineal
- LP = Longitud de la poligonal
- En = Error en las ordenadas Norte
- E^E = Error en las ordenadas Este

3.6.5. Monumentación y Nivelación de BMs

Para la ubicación de los BM. Se escogió preferentemente rocas grandes y fijas sobre el terreno, cercanos al trazo del canal las que fueron marcados y pintados de acuerdo a la nomenclatura correspondiente.

También se construyeron hitos fijos de concreto en proporción 1:2:4, las que tienen un peso y profundidad tal que aseguren su inamovilidad.

En el centro del hito se anclo una barra de fierro de 3/8 de diámetro que indica la ubicación del BM. Estos hitos estos hitos se ubicaron en las áreas donde no se realizarán obras.

Los BMs definitivos se monumentaron a cada reservorio El amarre de cotas hacia los puntos de apoyo y los PIs se hizo a partir de los puntos de cambio dejados en la nivelación de estacas cada 5 m.

3.6.6. Dibujos y planos finales de estudio

Culminados los procesos de gabinete, se procedió a imprimir los planos utilizando un plotter Hp a escalas indicadas y usuales.

- Planta : Esc. 1:2000
- Perfil : Esc. V = 1: 100 y H = 1:2000
- Secciones Transversales : Esc. 1:50
- Obras de Arte : Esc. indicada

Tabla N°09 tabla de elementos de curva del canal sector central

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA SECTOR CENTRAL											
CURVA	ANGULO DELTA	ANGULO DE PI	RADIO	ANG.DE CUERDA	TANGENTE	EXTERNA	FLECHA	PROG. PI	CUERDA	PI - X	PI - Y
PI-1								0+000	0	492083.401	8189807.653
PI-1	12.5314	167.4686	0	N87° 22' 38.91E"	0	0	0	0+055.55	0	492138.841	8189804.123
PI-2	33.6972	146.3028	0	S82° 02' 22.28E"	0	0	0	0+081.23	0	492164.214	8189808.091
PI-3	41.0241	138.9759	0	S85° 42' 10.60E"	0	0	0	0+101.99	0	492183.052	8189799.383
PI-4	27.1821	152.8179	0	N87° 22' 33.61E"	0	0	0	0+127.56	0	492207.611	8189806.525
PI-5	90.2215	89.7785	0	N55° 51' 22.82E"	0	0	0	0+147.84	0	492227.515	8189802.668
PI-6	74.0448	105.9552	0	N26° 16' 36.49W"	0	0	0	0+171.75	0	492231.974	8189826.163
PI-7	28.6415	151.3585	0	N48° 58' 42.71W"	0	0	0	0+202.57	0	492204.437	8189840.013
PI-8	95.5705	84.4295	0	N13° 07' 39.02E"	0	0	0	0+223.89	0	492192.316	8189857.545
PI-9	22.6298	157.3702	0	N49° 35' 51.98E"	0	0	0	0+260.95	0	492224.705	8189875.563
PI-10	32.4114	147.5885	0	N54° 29' 18.87E"	0	0	0	0+305.86	0	492252.528	8189910.814
PI-11	11.0604	168.9396	0	N76° 13' 28.63E"	0	0	0	0+332.88	0	492278.034	8189919.749
PI-12	5.5261	174.4739	0	N84° 31' 04.00E"	0	0	0	0+375.98	0	492320.688	8189925.930
PI-13	15.1754	164.8246	0	N79° 41' 35.27E"	0	0	0	0+450.03	0	492394.655	8189929.443
PI-14	31.6858	148.3143	0	N87° 56' 53.87E"	0	0	0	0+484.15	0	492427.118	8189939.925
PI-15	18.2274	161.7725	0	S67° 05' 42.50E"	0	0	0	0+526.93	0	492468.665	8189929.727
PI-16	50.842	129.158	0	S83° 24' 08.78E"	0	0	0	0+567.46	0	492503.028	8189908.239
PI-17	18.0648	161.9352	0	N80° 12' 31.84E"	0	0	0	0+586.30	0	492520.861	8189914.318
PI-18	35.9038	144.0962	0	N71° 17' 21.72E"	0	0	0	0+636.29	0	492570.851	8189914.980
PI-19	31.409	148.5909	0	N69° 02' 31.17E"	0	0	0	0+661.26	0	492590.876	8189929.886
PI-20	11.3445	168.6555	0	S89° 34' 51.76E"	0	0	0	0+714.56	0	492643.961	8189934.767
PI-21	12.8121	167.1879	0	S77° 30' 10.96E"	0	0	0	0+810.11	0	492738.965	8189924.629
PI-22	8.8067	171.1932	0	S66° 41' 35.77E"	0	0	0	0+883.43	0	492808.332	8189900.875
PI-23	16.5592	163.4408	0	S54° 00' 38.49E"	0	0	0	0+940.64	0	492858.981	8189874.273
PI-24	10.4384	169.5616	0	S50° 57' 01.33E"	0	0	0	1+025.33	0	492919.626	8189815.156
PI-25	36.0647	143.9353	0	S74° 12' 05.99E"	0	0	0	1+111.86	0	492991.509	8189766.979
PI-26	56.0364	123.9636	0	N59° 44' 51.83E"	0	0	0	1+140.06	0	493019.680	8189768.078
PI-27	53.8061	126.1939	0	N4° 49' 35.32E"	0	0	0	1+164.19	0	493032.370	8189788.602
PI-28	17.6065	162.3935	0	N13° 16' 23.85W"	0	0	0	1+174.70	0	493028.417	8189798.348
PI-29	54.0476	125.9525	0	N22° 33' 13.43E"	0	0	0	1+210.25	0	493025.647	8189833.786
PI-30	93.9058	86.0942	0	S83° 28' 10.63E"	0	0	0	1+224.30	0	493036.343	8189842.896
PI-31	8.9264	171.0736	0	S40° 58' 48.19E"	0	0	0	1+256.42	0	493055.456	8189817.082
PI-32	11.6938	168.3062	0	S39° 35' 46.43E"	0	0	0	1+328.95	0	493107.139	8189766.192
PI-33	18.1673	161.8327	0	S42° 49' 58.39E"	0	0	0	1+388.40	0	493140.166	8189716.762
PI-34	26.6511	153.3489	0	S38° 35' 27.67E"	0	0	0	1+430.86	0	493173.585	8189690.574
PI-35	9.6679	170.3322	0	S30° 05' 57.84E"	0	0	0	1+526.88	0	493214.567	8189603.740
PI-36	7.7651	172.2349	0	S38° 48' 57.49E"	0	0	0	1+631.04	0	493274.213	8189518.345
PI-37	16.9687	163.0313	0	S34° 12' 50.90E"	0	0	0	1+727.06	0	493339.326	8189447.779
PI-38	28.1517	151.8483	0	S39° 48' 20.32E"	0	0	0	1+743.67	0	493346.539	8189432.811
PI-39	11.9552	168.0448	0	S47° 54' 14.23E"	0	0	0	1+764.36	0	493363.250	8189420.617
PI-40	11.0533	168.9467	0	S47° 27' 11.25E"	0	0	0	1+837.16	0	493411.894	8189366.453
PI-41	8.3825	171.6175	0	S57° 10' 14.57E"	0	0	0	1+862.23	0	493431.909	8189351.359
PI-42	9.412	170.588	0	S66° 04' 05.32E"	0	0	0	1+890.51	0	493456.728	8189337.806
PI-43	7.7116	172.2884	0	S74° 37' 47.60E"	0	0	0	1+935.48	0	493499.189	8189322.998
PI-F								1+985.050	0	493547.753	8189313.105

Tabla N°10 de elementos de curvas del canal sector santa rosa

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA SECTOR SANTA ROSA											
CURVA	ANGULO DELTA	ANGULO DE PI	RADIO	ANG.DE CUERDA	TANGENTE	EXTERNA	FLECHA	PROG. PI	CUERDA	PI - X	PI - Y
								0+000		490867.883	8190212.73
PI-1	4.5182	175.4818	0	S52° 18' 19.85E"	0	0	0	0+026.32	0	490889.328	8190197.47
PI-2	8.9069	171.0931	0	S54° 29' 59.02E"	0	0	0	0+050.72	0	490908.029	8190181.8
PI-3	11.3014	168.6986	0	S53° 18' 09.07E"	0	0	0	0+069.01	0	490923.706	8190172.36
PI-4	14.8101	165.1899	0	S55° 03' 24.69E"	0	0	0	0+089.81	0	490939.072	8190158.36
PI-5	21.4124	158.5876	0	S51° 45' 20.44E"	0	0	0	0+125.86	0	490971.039	8190141.69
PI-6	24.0025	155.9975	0	S53° 03' 02.60E"	0	0	0	0+155.87	0	490990.751	8190119.05
PI-7	7.6353	172.3647	0	S61° 14' 02.55E"	0	0	0	0+188.60	0	491020.42	8190105.25
PI-8	16.8519	163.1481	0	S48° 59' 26.78E"	0	0	0	0+231.98	0	491056.98	8190081.89
PI-9	26.5459	153.4541	0	S53° 50' 15.70E"	0	0	0	0+250.56	0	491069.06	8190067.77
PI-10	18.7473	161.2526	0	S57° 44' 12.89E"	0	0	0	0+263.15	0	491080.661	8190062.88
PI-11	39.8403	140.1597	0	S68° 17' 00.45E"	0	0	0	0+295.98	0	491105.198	8190041.06
PI-12	29.6117	150.3883	0	S73° 23' 52.21E"	0	0	0	0+300.67	0	491109.886	8190040.92
PI-13	22.3498	157.6502	0	S69° 46' 00.96E"	0	0	0	0+315.41	0	491122.463	8190033.24
PI-14	21.5931	158.4069	0	S70° 08' 42.97E"	0	0	0	0+335.31	0	491142.115	8190030.1
PI-15	17.5466	162.4534	0	S68° 07' 19.28E"	0	0	0	0+363.29	0	491166.187	8190015.84
PI-16	9.4293	170.5707	0	S72° 10' 50.04E"	0	0	0	0+379.17	0	491181.655	8190012.24
PI-17	28.5569	151.4431	0	S53° 11' 15.49E"	0	0	0	0+402.03	0	491202.764	8190003.48
PI-18	14.1452	165.8547	0	S45° 58' 54.39E"	0	0	0	0+414.50	0	491210.595	8189993.78
PI-19	19.1896	160.8104	0	S43° 27' 34.97E"	0	0	0	0+439.70	0	491230.738	8189978.63
PI-20	17.7916	162.2084	0	S42° 45' 38.44E"	0	0	0	0+447.10	0	491234.862	8189972.48
PI-21	11.8764	168.1236	0	S57° 35' 41.16E"	0	0	0	0+477.25	0	491258.506	8189953.78
PI-22	10.2687	169.7313	0	S58° 23' 54.65E"	0	0	0	0+498.32	0	491277.366	8189944.39
PI-23	9.4989	170.5011	0	S48° 30' 52.81E"	0	0	0	0+516.19	0	491291.689	8189933.7
PI-24	17.1848	162.8153	0	S52° 21' 27.55E"	0	0	0	0+527.16	0	491299.279	8189925.78
PI-25	7.1277	172.8723	0	S57° 23' 09.99E"	0	0	0	0+629.04	0	491388.345	8189876.3
PI-26	9.6509	170.3491	0	S58° 38' 51.38E"	0	0	0	0+645.37	0	491401.52	8189866.67
PI-27	5.0329	174.9671	0	S60° 57' 24.71E"	0	0	0	0+690.14	0	491441.585	8189846.67
PI-28	13.103	166.897	0	S64° 59' 30.74E"	0	0	0	0+782.43	0	491520.224	8189798.37
PI-29	22.6206	157.3794	0	S60° 13' 58.59E"	0	0	0	0+791.56	0	491528.88	8189795.48
PI-30	17.1185	162.8815	0	S57° 28' 54.59E"	0	0	0	0+801.47	0	491536.351	8189788.97
PI-31	8.227	171.773	0	S61° 55' 39.13E"	0	0	0	0+842.62	0	491573.953	8189772.26
PI-32	13.1794	166.8206	0	S64° 24' 13.88E"	0	0	0	0+862.20	0	491590.529	8189761.82
PI-33	2.8536	177.1464	0	S69° 34' 00.68E"	0	0	0	0+874.41	0	491602.066	8189757.85
PI-34	4.0692	175.9308	0	S66° 06' 20.34E"	0	0	0	0+926.32	0	491650.248	8189738.52
PI-35	6.1881	173.8119	0	S60° 58' 36.05E"	0	0	0	0+963.34	0	491683.543	8189722.33
PI-36	13.2012	166.7988	0	S64° 28' 59.84E"	0	0	0	1+013.39	0	491725.935	8189695.72
PI-37	42.1478	137.8522	0	N87° 50' 32.39E"	0	0	0	1+037.86	0	491749.079	8189687.79
PI-38	40.3419	139.6581	0	N86° 56' 21.80E"	0	0	0	1+039.64	0	491750.714	8189688.49
PI-39	13.2923	166.7077	0	S66° 14' 36.85E"	0	0	0	1+064.88	0	491774.84	8189681.07
PI-40	10.3893	169.6107	0	S64° 47' 30.80E"	0	0	0	1+078.37	0	491786.472	8189674.24
PI-41	15.1677	164.8323	0	S77° 34' 14.27E"	0	0	0	1+131.52	0	491836.41	8189656.05
PI-42	28.4945	151.5055	0	S70° 54' 25.65E"	0	0	0	1+139.26	0	491844.124	8189655.4
PI-43	23.6051	156.3949	0	S68° 27' 44.87E"	0	0	0	1+143.69	0	491847.827	8189652.96
PI-44	8.6435	171.3565	0	S75° 56' 36.14E"	0	0	0	1+156.01	0	491859.969	8189650.88
PI-45	4.5001	175.4999	0	S69° 22' 16.63E"	0	0	0	1+210.66	0	491911.832	8189633.65
PI-46	30.0965	149.9035	0	S82° 10' 10.62E"	0	0	0	1+230.88	0	491930.461	8189625.79
PI-47	38.9987	141.0013	0	S77° 43' 06.82E"	0	0	0	1+233.05	0	491932.616	8189626.06
PI-48	16.92	163.08	0	S49° 45' 32.82E"	0	0	0	1+271.41	0	491965.226	8189605.86
PI-49	15.2133	164.7867	0	S48° 54' 20.72E"	0	0	0	1+286.95	0	491975.481	8189594.18
PI-50	11.1181	168.882	0	S62° 04' 17.90E"	0	0	0	1+340.71	0	492020.318	8189564.52
PI-51	18.3337	161.6663	0	S58° 27' 49.21E"	0	0	0	1+353.48	0	492032.125	8189559.66
PI-52	62.8602	117.1398	0	S17° 52' 00.41E"	0	0	0	1+361.76	0	492038.399	8189554.26
PI-53	32.9444	147.0556	0	S30° 02' 07.84W"	0	0	0	1+370.19	0	492036.42	8189546.06
PI-54	26.6468	153.3532	0	S59° 49' 52.18W"	0	0	0	1+376.32	0	492031.973	8189541.84
PI-55	17.0167	162.9832	0	S64° 38' 46.01W"	0	0	0	1+407.19	0	492002.43	8189532.9
PI-56	32.2133	147.7867	0	S40° 01' 52.36W"	0	0	0	1+432.29	0	491981.59	8189518.91
PI-57	41.0707	138.9293	0	S3° 23' 21.07W"	0	0	0	1+443.31	0	491977.121	8189508.84
PI-58	4.4318	175.5682	0	S14° 55' 49.14E"	0	0	0	1+502.84	0	491994.672	8189451.95
PI-59	9.2305	170.7695	0	S8° 05' 56.87E"	0	0	0	1+552.67	0	492005.64	8189403.34
PI-60	19.2562	160.7438	0	S13° 06' 43.20E"	0	0	0	1+585.54	0	492007.637	8189370.53
PI-61	5.6764	174.3236	0	S25° 34' 41.50E"	0	0	0	1+629.68	0	492024.697	8189329.83
PI-62	10.8465	169.1535	0	S33° 50' 22.97E"	0	0	0	1+644.97	0	492031.973	8189316.38
PI-63	2.0153	177.9846	0	S40° 16' 12.24E"	0	0	0	1+716.71	0	492077.376	8189260.84
PI-64	3.6161	176.3839	0	S43° 05' 12.35E"	0	0	0	1+797.45	0	492130.642	8189200.16
PI-65	9.9396	170.0604	0	S49° 51' 51.04E"	0	0	0	1+864.15	0	492177.723	8189152.91

Tabla N°11 elementos de curvas del canal sector santa rosa

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA SECTOR SANTA ROSA											
CURVA	ANGULO DELTA	ANGULO DE PI	RADIO	ANG.DE CUERDA	TANGENTE	EXTERNA	FLECHA	PROG. PI	CUERDA	PI - X	PI - Y
PI-66	3.4601	176.5399	0	S53° 06' 15.63E"	0	0	0	1+917.18	0	492221.076	8189122.36
PI-67	12.4835	167.5165	0	S57° 36' 56.31E"	0	0	0	1+984.98	0	492274.042	8189080.04
PI-68	11.0356	168.9643	0	S58° 20' 21.87E"	0	0	0	2+066.57	0	492347.281	8189044.09
PI-69	11.9525	168.0475	0	S46° 50' 43.82E"	0	0	0	2+129.85	0	492397.702	8189005.85
PI-70	20.8497	159.1503	0	S30° 26' 39.50E"	0	0	0	2+151.40	0	492411.805	8188989.55
PI-71	8.7274	171.2727	0	S15° 39' 21.10E"	0	0	0	2+201.72	0	492429.029	8188942.28
PI-F								2+266.03	0	492441.623	8188879.22

Tabla N°12 elementos de curvas del canal sector huecco

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA SECTOR HUECCO											
CURVA	ANGULO DELTA	ANGULO DE PI	RADIO	ANG.DE CUERDA	TANGENTE	EXTERNA	FLECHA	PROG. PI	CUERDA	PI - X	PI - Y
PI-0										490665.660	8190403.882
PI-1	39.8968	140.1032	0	N89° 30' 15.10E"	0	0	0	0+052.60	0	490714.951	8190422.256
PI-2	26.2354	153.7646	0	S83° 39' 53.10E"	0	0	0	0+297.20	0	490945.589	8190340.796
PI-3	44.6128	135.3872	0	S74° 28' 33.97E"	0	0	0	0+329.75	0	490977.910	8190344.640
PI-4	19.7005	160.2995	0	S62° 01' 11.51E"	0	0	0	0+445.70	0	491069.488	8190273.527
PI-5	14.5803	165.4197	0	S79° 09' 37.37E"	0	0	0	0+642.93	0	491256.923	8190212.156
PI-6	13.5409	166.4591	0	N86° 46' 48.50E"	0	0	0	0+712.41	0	491326.276	8190207.854
PI-7	29.2123	150.7877	0	S85° 23' 06.82E"	0	0	0	0+729.98	0	491343.577	8190210.902
PI-8	7.0334	172.9666	0	S67° 15' 44.21E"	0	0	0	0+812.12	0	491421.134	8190183.862
PI-9	11.9373	168.0627	0	S69° 42' 51.31E"	0	0	0	0+894.58	0	491495.092	8190147.383
PI-10	37.9179	142.0821	0	N85° 21' 29.51E"	0	0	0	0+963.55	0	491561.922	8190130.327
PI-11	13.0426	166.9574	0	S85° 30' 38.85E"	0	0	0	1+111.35	0	491703.642	8190132.567
PI-12	15.6436	164.3564	0	S84° 12' 37.16E"	0	0	0	1+186.84	0	491779.086	8190135.244
PI-13	22.0956	157.9044	0	S65° 20' 26.69E"	0	0	0	1+281.51	0	491871.092	8190112.966
PI-14	12.7095	167.2905	0	S60° 38' 51.68E"	0	0	0	1+296.24	0	491883.050	8190104.371
PI-15	16.1525	163.8475	0	S75° 04' 43.57E"	0	0	0	1+404.64	0	491982.842	8190062.017
PI-16	9.7462	170.2538	0	S88° 01' 40.25E"	0	0	0	1+552.60	0	492129.743	8190044.383
PI-17	7.5561	172.4439	0	S89° 07' 22.51E"	0	0	0	1+717.87	0	492294.803	8190052.748
PI-18	4.3074	175.6926	0	S87° 29' 55.39E"	0	0	0	1+887.23	0	492463.602	8190039.004
PI-19	0.5598	179.4402	0	S89° 56' 04.08E"	0	0	0	2+061.83	0	492638.196	8190037.945
PI-20	11.9564	168.0436	0	S84° 14' 03.54E"	0	0	0	2+187.31	0	492763.678	8190038.410
PI-21	45.2941	134.7059	0	N79° 05' 49.17E"	0	0	0	2+296.89	0	492870.964	8190016.106
PI-22	69.7071	110.2929	0	S88° 41' 47.38E"	0	0	0	2+342.09	0	492908.634	8190041.087
PI-23	26.8446	153.1553	0	S67° 15' 54.78E"	0	0	0	2+366.93	0	492928.692	8190026.430
PI-24	39.1442	140.8558	0	S61° 06' 55.75E"	0	0	0	2+380.18	0	492941.767	8190024.286
PI-25	18.3581	161.6419	0	S50° 43' 20.89E"	0	0	0	2+411.61	0	492962.610	8190000.763
PI-26	18.8886	161.1114	0	S50° 27' 26.19E"	0	0	0	2+431.65	0	492979.949	8189990.713
PI-27	13.0745	166.9255	0	S47° 33' 00.65E"	0	0	0	2+580.77	0	493077.808	8189878.190
PI-28	12.5724	167.4276	0	S60° 22' 25.07E"	0	0	0	2+631.74	0	493119.086	8189848.296
PI-29	15.4089	164.5911	0	S58° 57' 19.42E"	0	0	0	2+687.51	0	493170.291	8189826.201
PI-30	23.5013	156.4987	0	S39° 30' 00.81E"	0	0	0	2+744.67	0	493214.869	8189790.424
PI-31	16.3419	163.658	0	S19° 34' 42.80E"	0	0	0	2+803.50	0	493242.263	8189738.356
PI-32	10.3728	169.6272	0	S6° 13' 16.51E"	0	0	0	2+830.12	0	493247.529	8189712.260
PI-33	16.7304	163.2697	0	S9° 24' 00.02E"	0	0	0	2+867.34	0	493248.201	8189675.051
PI-34	14.5767	165.4233	0	S25° 03' 12.54E"	0	0	0	2+908.24	0	493260.679	8189636.104
PI-35	8.8499	171.1501	0	S36° 46' 00.83E"	0	0	0	2+981.11	0	493299.664	8189574.536
PI-36	3.0828	176.9172	0	S39° 39' 02.24E"	0	0	0	3+043.81	0	493340.954	8189523.357
PI-37	7.1729	172.8271	0	S41° 41' 43.13E"	0	0	0	3+154.59	0	493409.327	8189440.186
PI-38	5.8689	174.1312	0	S48° 12' 59.76E"	0	0	0	3+186.95	0	493432.321	8189417.417
PI-39	7.5289	172.4711	0	S54° 54' 54.53E"	0	0	0	3+213.22	0	493452.782	8189400.937
PI-40	10.9706	169.0294	0	S64° 09' 53.61E"	0	0	0	3+242.67	0	493477.937	8189385.630
PI-41	12.969	167.031	0	S76° 08' 04.60E"	0	0	0	3+270.43	0	493503.966	8189375.976
PI-42	7.1606	172.8394	0	S86° 11' 57.94E"	0	0	0	3+311.49	0	493544.688	8189370.701
PI-43	4.6504	175.3496	0	S87° 27' 15.12E"	0	0	0	3+365.10	0	493598.289	8189370.495
PI-44	9.0422	170.9578	0	S89° 39' 01.28E"	0	0	0	3+427.27	0	493660.239	8189365.216
PI-45	13.8876	166.1124	0	N78° 53' 04.90E"	0	0	0	3+442.86	0	493675.786	8189366.350
PI-46	18.204	161.796	0	N62° 50' 19.76E"	0	0	0	3+476.99	0	493708.234	8189376.930
PI-47	35.1461	144.854	0	N71° 18' 35.29E"	0	0	0	3+566.20	0	493780.163	8189429.696
PI-48	8.6335	171.3664	0	N84° 33' 56.83E"	0	0	0	3+595.07	0	493809.034	8189430.259
PI-49	43.6449	136.3551	0	S77° 55' 41.97E"	0	0	0	3+621.68	0	493835.255	8189434.765
PI-50	22.1271	157.8729	0	S45° 02' 32.10E"	0	0	0	3+672.36	0	493877.323	8189406.503
PI-51	28.5404	151.4596	0	S48° 14' 55.95E"	0	0	0	3+698.83	0	493892.121	8189384.546
PI-52	16.8244	163.1756	0	S54° 06' 24.72E"	0	0	0	3+736.05	0	493925.133	8189367.375
PI-53	18.2955	161.7045	0	S54° 50' 32.89E"	0	0	0	3+815.57	0	493982.041	8189311.830
PI-54	5.2232	174.7768	0	S66° 36' 06.61E"	0	0	0	3+874.58	0	494035.074	8189285.953
PI-55	7.4069	172.5931	0	S72° 55' 00.36E"	0	0	0	3+928.61	0	494085.585	8189266.779
PI-F	34.6112	145.3888	0	N83° 42' 17.29E"	0	0	0	3+972.000	0	494127.703	8189256.761

Tabla N°13 coordenadas y puntos de control

<u>TABLA DE COORDENADAS DE PUNTOS DE CONTROL</u>				
Nº PUNTO	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m.	DESCRIPCION
	ESTE	NORTE		
1	490625.5418	8190500.329	4057.452	V-1
2	490772.5803	8190353.878	4044.5468	AUX-1
3	491937.5859	8189876.549	4000.0856	V-2
4	491681.6798	8189994.748	4005.9447	AUX-2
5	493419.8287	8189525.932	4028.4238	V-3
6	493485.5657	8189450.155	4027.4192	AUX-3
7	492833.6317	8189432.351	3966.6825	V-4
8	492842.1081	8189234.37	3952.3358	AUX-4
9	493194.4713	8187835.692	3947.8662	V-5
10	493083.0407	8187884.492	3948.1297	AUX-5
11	495118.7044	8188625.597	3951.6102	V-6
13	495350.5843	8189153.534	3953.0683	V-7
14	495409.4863	8188990.817	3948.2299	AUX-7

Tabla N°14 Bms. sector central

RESUMEN DE COTAS DE BMs DEL SECTOR CENTRAL		
Descripción	Cota	Observación
BM-00	3986.972	Ubicado a 10m del eje, prog. 0+000 al margen izquierdo monumentado
BM-01	3984.238	Ubicado a 10m del eje, prog. 0+500 al margen izquierdo monumentado
BM-02	3983.821	Ubicado a 11m del eje, prog. 1+000 al margen izquierdo monumentado
BM-03	3986.110	Ubicado a 12m del eje, prog. 1+500 al margen izquierdo monumentado
BM 04-FIN	3985.123	Ubicado a 10m del eje, prog. 1+980 al margen izquierdo monumentado

Tabla N°15 Bms. sector santa rosa

RESUMEN DE COTAS DE BMs DEL SECTOR SANTA ROSA		
Descripción	Cota	Observación
BM 00	4057.542	Ubicado a 15m del eje, prog. 0+000 al margen derecho monumentado
BM 01	4056.243	Ubicado a 10m del eje, prog. 0+500 al margen derecho monumentado
BM 02	4054.525	Ubicado a 10m del eje, prog. 1+000 al margen derecho monumentado
BM 03	4049.250	Ubicado a 11m del eje, prog. 1+500 al margen izquierdo monumentado
BM 04	4049.774	Ubicado a 10m del eje, prog. 2+000 al margen derecho monumentado
BM 05-FIN	4048.481	Ubicado a 10m del eje, prog. 2+270 al margen derecho pintado en roca

Tabla N°16 Bms. sector huecco

RESUMEN DE COTAS DE BMs DEL SECTOR HUECCO		
Descripción	Cota	Observación
BM-00	4047.858	Ubicado a 10m del eje, prog. 0+000 al margen izquierdo monumentado
BM-01	4026.641	Ubicado a 11m del eje, prog. 0+500 al margen derecho monumentado
BM-02	4020.106	Ubicado a 10m del eje, prog. 1+000 al margen izquierdo monumentado
BM-03	4017.090	Ubicado a 10m del eje, prog. 1+500 al margen izquierdo monumentado
BM-04	4016.080	Ubicado a 11m del eje, prog. 2+000 al margen izquierdo monumentado
BM-05	4007.098	Ubicado a 10m del eje, prog. 2+500 al margen izquierdo monumentado
BM-06	4000.460	Ubicado a 11m del eje, prog. 3+000 al margen derecho monumentado
BM-07	4003.263	Ubicado a 10m del eje, prog. 3+500 al margen izquierdo monumentado
BM 08-FIN	4002.018	Ubicado a 12m del eje, prog. 3+970 al margen izquierdo monumentado

3.7. Estudio de Hidrología

3.7.1. Descripción general de la cuenca y el curso principal

la cuenca del titicaca está representada por una cuenca endorreica denominada sistema tdpsⁱ, sin salida a la vertiente del océano pacífico, ni a océano atlántico, cuya extensión del área es de 143,900 km² aproximadamente, y donde la mayor extensión se encuentra ubicada entre Perú y Bolivia, y una pequeña parte en Chile, y están delimitadas geográficamente entre las coordenadas 14°03' y 20°00' de latitud sur y entre 66°21' y 71°07' de longitud oeste.

esta cuenca endorreica, puede dividirse en dos cuencas claramente definidas como son:

- cuenca del lago titicaca (56,270 km²).
- cuenca del río desaguadero (29,843 km²).

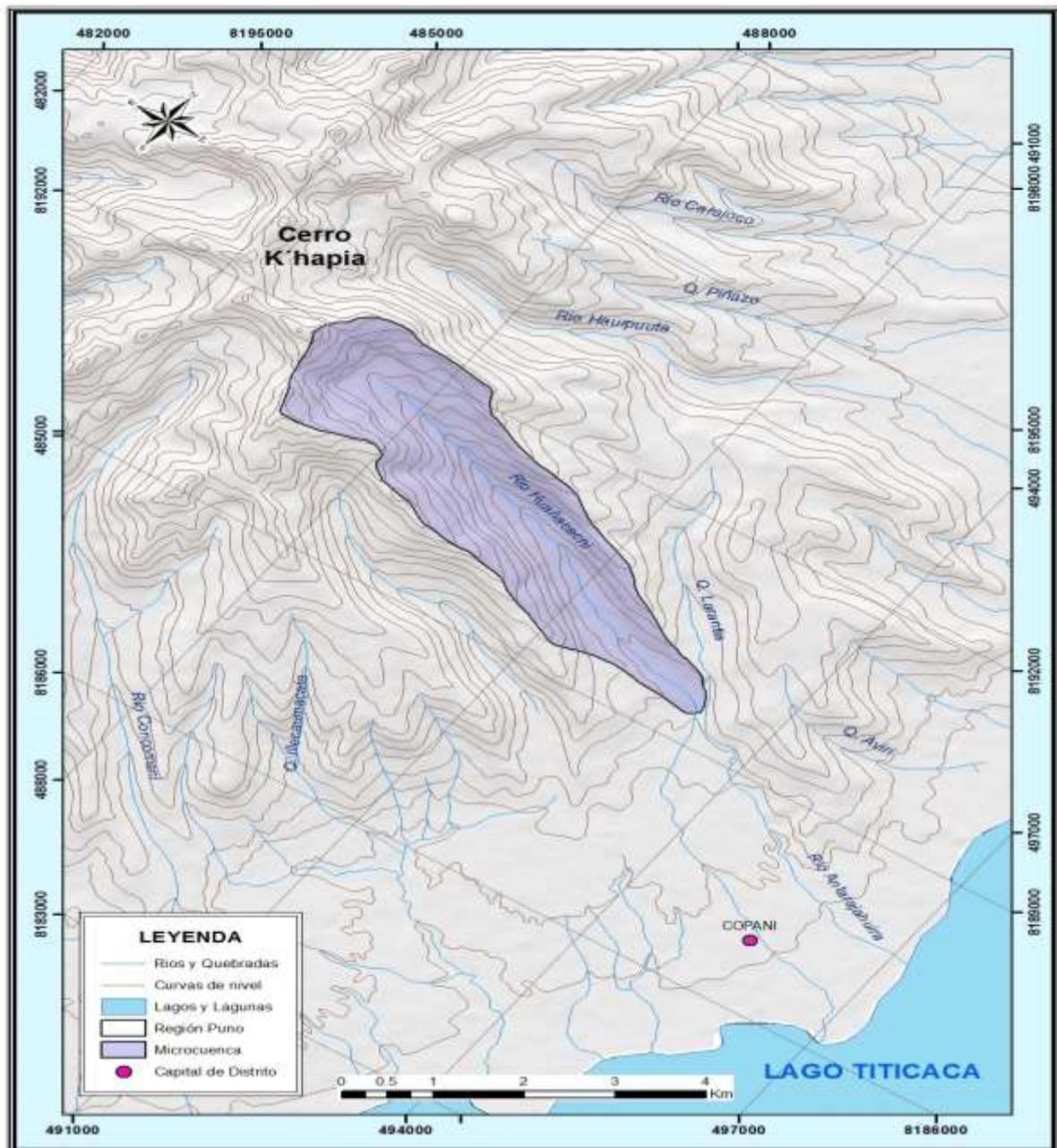
que se describen a continuación:

la cuenca del lago titicaca, está conformada por las cuencas de los ríos afluentes peruanos y bolivianos. en el territorio peruano tenemos las cuencas de los ríos principales, como son: río ramis, río illpa, río coata, río ilave, río huancané y parte de la cuenca del río suches, y en el territorio boliviano tenemos: río catari, río keka, río tiahuanaco y parte de la cuenca del río suches. además, existen otros ríos y quebradas pequeñas las cuales son afluentes directamente al lago titicaca. esta cuenca también tiene un único punto de desagüe que es el río desaguadero.

de todos estos tributarios destaca por su volumen de aportación en el siguiente orden: río ramis, coata, ilave, huancané y suches, suponen casi el 85% del total de la escorrentía superficial de la cuenca. así mismo, más del 80% del área de la cuenca se ubica en territorio peruano, aproximadamente.

el presente estudio específicamente se realiza en el anillo circunlacustre del lago titicaca, próxima a la cuenca del río ilave y callacame, los cuales se describen a continuación:

Figura N° 13 Límites e Hidrografía de la microcuenca



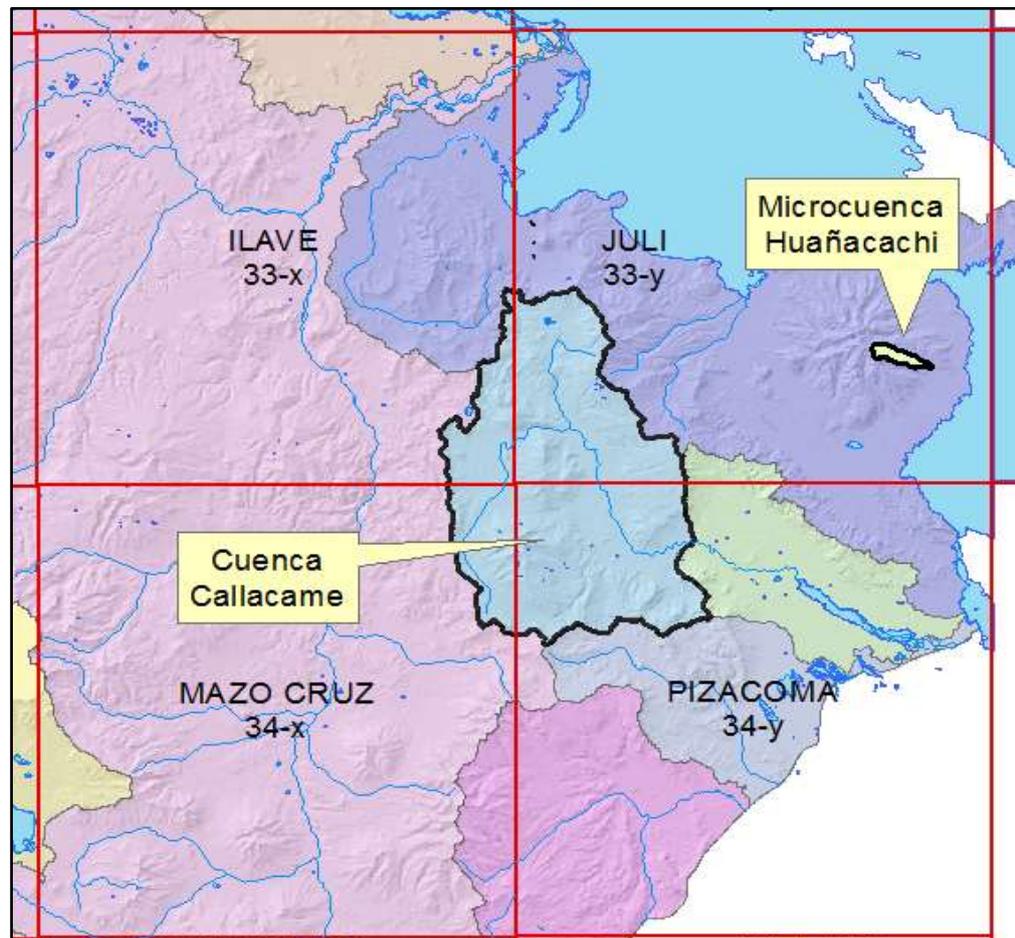
3.7.2. Información básica

a) Información cartográfica

Para la identificación y delimitación de la cuenca, como caracterización de los parámetros fisiográficos y otros usos cartográficos, se utilizó la siguiente información cartográfica:

- Cartas Nacionales a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Hojas: Juli (33-y), Ilave (33-x), Mazocruz (34-x) y Pizacoma (34-y).
- Para el modelamiento hidrológico de la microcuenca del río Huañacachi se usaron imágenes del tipo ASTER Global Digital Elevation Model ASTER GDEM, elaborado por la NASA y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón, conocido como METI. La Resolución usada en el presente estudio es de 30 metros.
- Mapas Temáticos del departamento de Puno, elaborados por la ONERN (1965) de: Cobertura vegetal, Grandes grupos de suelos y capacidad de uso mayor, ecología, geología y geomorfológico e información cartográfica y temática complementaria recopilados de los diferentes estudios realizados en la zona.

Figura Nº 14 Cartografía identificada – distribución de hojas del IGN, escala 1:100,000.



En todos los mapas, el formato digital del plano base utilizado, está en el sistema de coordenadas UTM WGS84, proyectadas para la zona 19 Sur, que es donde se ubica la zona en estudio.

b) Información Hidrometeorológica.

La información hidrometeorológica empleada para el análisis en este estudio corresponde a la red de estaciones hidrometeorológicas a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), correspondiente al registro de las Estaciones Yunguyo, Juli, Mazocruz, Pizacoma y Desaguadero, que son de tipo convencional ordinaria, que registran los siguientes parámetros meteorológicos: Precipitación, Temperatura media, Temperatura máxima, Temperatura Mínima, Humedad relativa, evaporación, velocidad de viento y horas del sol, adicionalmente se usara la información hidrométrica de la cuenca del río Callacame, debido a la falta de información hidrométrica en la zona de estudio.

Tabla N°17 Información Meteorológica utilizada.

NRO	ESTACIÓN	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PARAMETRO METEOROLÓGICO	PERIODO	UNID
1	YUNGUYO	CO	16°18'28.2"	69°04'29.0"	3890	Precipitación total mensual	(1964 - 2017)	(mm)
						Precipitación máxima en 24 horas	(1964 - 2017)	(mm)
						Temperatura media mensual	(1964 - 2017)	(°C)
						Temperatura mínima mensual	(1964 - 2017)	(°C)
						Temperatura máxima mensual	(1964 - 2017)	(°C)
						Humedad relativa	(1964 - 2017)	(%)
						Velocidad de viento	(1964 - 2017)	(m/s)
						Evaporación total mensual	(1964 - 2017)	(mm)
2	JULI	CO	16°12'13.6"	69°27'35.7"	3812	Precipitación total mensual	(1964 - 2017)	(mm)
3	MAZOCRUZ	CO	16°44'24.4"	69°42'21.9"	4003	Precipitación total mensual	(1964 - 2017)	(mm)
4	PIZACOMA	CO	16°54'25.3"	69°22'06.8"	4060	Precipitación total mensual	(1964 - 2017)	(mm)
5	DESAGUADERO	CO	16°33'48.06"	69°02'19.8"	3860	Precipitación total mensual	(1964 - 2017)	(mm)
						Horas de sol promedio	(1964 - 2017)	(hr)

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 18 Información hidrológica utilizada.

NRO	ESTACIÓN	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	PARAMETRO HIDROMETEOROLÓGICO	PERIODO	UNID
1	PTE YOROCO CALLACAME	HLG	16°34'20.1"	69°19'1.1"	3951	Caudales medios mensuales	(1964 - 2017)	(m3/s)

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 15 Estaciones Hidrometeorológicas usadas en el estudio.



3.7.3. Geomorfología

El Altiplano y las montañas , cordilleras que lo rodean son el resultado de una larga e intensa evolución tectónica con levantamiento reciente y actividad volcánica. En particular, el Altiplano contiene grandes cantidades de material clástico acumulado y poco consolidado, principalmente sedimentos continentales y volcánicos, como resultado del relleno de fisuras tectónicas que pueden haber sido localizadas incluso antes del Cretácico. La actividad tectónica reciente ha transformado estos sedimentos para formar intervalos de mesetas interiores de materiales fácilmente erosionables y zonas de acumulación endorreica expuestas a inundaciones y embalses.

Mostró una dinámica reciente y aún persistente de alta actividad. laboriosa de la hidrografía superficial, con variaciones en la forma y localización de las zonas deprimidas; en consecuencia, los depósitos recientes, poco consolidados, se ven expuestos a un ataque intenso. La misma actividad de levantamiento ha favorecido el desarrollo de un retículo de drenaje bien organizado y bien denso, a lo largo del cual se realizan los fenómenos tanto erosivos como de deposición. En efecto, a lo largo de todos los tramos fluviales se notan trazas de una acción erosiva continua, asociadas con áreas de depósitos y embalse de agua. Esta situación es consecuencia del régimen fluvial, el cual, durante la estación húmeda, presenta crecidas que determinan el transporte veloz de grandes cantidades de materiales, mientras que en la estación seca el agua tiende a embalsarse en las zonas llanas, incluso en el interior de los valles.

El clima de todo el altiplano contribuye a acentuar los efectos de los fenómenos vinculados a la dinámica fluvial y a los procesos erosivos. En efecto, las lluvias son breves y violentas, concentradas en un periodo de poco más de tres meses. Esto determina una fuerte erosión y transporte sólido de los relieves e, igualmente, inundaciones y depósitos en las áreas deprimidas, resultado de eventos a menudo catastróficos. Durante el resto del año el clima es seco y frío, con heladas nocturnas, que favorecen la disgregación de las rocas, y viento fuerte y frecuente. [Fuente: Plan Director TDPS].

a) Hidrografía

Hidrográficamente la Cuenca Circunlacustre Pomata - Yunguyo se encuentra ubicado entre los lagos TITICACA – WIÑAYMARCA (Denominado como Zona 6: Titicaca), al Sureste de la Región Puno compartida entre las repúblicas de Perú y Bolivia, la cuenca comprende desde el nivel del Lago Titicaca aproximadamente a 3,826 hasta 4,809 msnm existiendo predominancia de pampas y llanuras con relativa pendiente con condiciones para la producción de cultivos de pan llevar en las bajas y ganadería en las partes altas.

b) Geomorfología

La geomorfología de la microcuenca del río Huañacachi, con dos características diferentes, que a continuación se describe en forma breve cada una de ellas:

- Colina y Montaña–Vertiente Montañosa y Colina Moderadamente Empinada (Vs1-d). - es la segunda característica geomorfológica que ocupa mayor área de drenaje, localizada en toda parte de la cuenca y abarca una superficie de 795.13 km² (21.90%). En esta zona la pendiente de la cuenca es variable de baja a alta.
- Colina y Montaña–Vertiente Montañosa y Colina Empinada a Escarpada (Vs1-e). - es la primera característica geomorfológica de la cuenca que ocupa mayor área y abarca una superficie de 2451.49 km² (67.51%) y localizada en toda la cuenca Huancané. En esta zona la pendiente de la cuenca es alta.

c) Morfología

La morfología de la vertiente occidental de la cuenca del Titicaca ha permitido que estas llanuras fueran invadidas fácilmente por las aguas del lago hasta el periodo Ballivian, en varias ocasiones, construyendo así un manto de depósitos fluvio-lacustres cortados varias veces, desde laguna Arapa hasta el río Illpa, y en la cuenca del llave. Actualmente, estos depósitos forman una terraza cortada, pero baja, cuya margen frente al lago esta bordeada por zonas inundables y de bofedal. También el delta del río llave es, en gran parte, un área inundable, sujeta a las oscilaciones de nivel del Lago. La cordillera aguas arriba presenta un retículo hidrográfico denso y algunas cuencas (por ejemplo, en Yunguyo) son muy

extendidos, por tanto, en caso de lluvias intensas, el aporte de las aguas superficiales es macizo y veloz.

Además, las llanuras y los valles que bordean el Titicaca al oeste, por condiciones morfológicas y climáticas, representan áreas favorables al desarrollo antrópico y, en efecto, son áreas pobladas y cultivadas, que también se utilizan para el pastoreo. El uso intensivo contribuye a aumentar la degradación y el riesgo de estas zonas.

La cartografía disponible, fue la proporcionada por el PRORRIDRE: Cuenca a partir del punto de captación de la Bocatoma Huañacachi, donde se delimitó en la Carta Nacional digitalizadas.

El resumen de los referidos parámetros geomorfológicos a partir de nuestro punto de interés se presenta a continuación:

Tabla Nº 19 Características morfológicas de la micro cuenca Huañacachi.

Nombre de la sub cuenca	Punto de Interés	PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS								
		Área (Km2)	Perímetro (km)	Longitud del Cauce Principal (Km)	FORMA DE LA CUENCA			SISTEMA DE DRENAJE		Pendiente Promedio Ic
					Ancho de la Cuenca	Coefficiente de Compacidad Kc.	Factor de Forma Ff	° de Ramificación	Densidad de Drenaje Dd	
Río Huañacachi	Bocatoma Challapampa	8.5	16.23	6.32	1.43	1.513	0.23	2	17.14	0.1415

Fuente: Elaborado por PRORRIDRE, 2014.

3.7.4. Calidad de Agua.

El análisis de la calidad del agua es importante en los estudios de desarrollo y manejo de cuencas para obtener una comprensión básica de cuán contaminado está este recurso y tomar las medidas adecuadas para su uso por parte de la población o comunidad. Agricultura y ganadería. La calidad del agua de riego depende de la composición y concentración de varios elementos presentes en ella, tanto en solución como en suspensión. La calidad del agua de riego determina el tipo de cultivos que se cultivan y el tipo de manejo del suelo. Tasa de Absorción de Sodio (RAS o RAR): Los componentes inorgánicos solubles del agua de riego reaccionan con el suelo en forma de iones. Los principales cationes son calcio, magnesio y sodio, con una pequeña cantidad de potasio. Los aniones principales

son carbonato, bicarbonato, sulfato y cloruro, con cantidades más pequeñas de nitrato y fluoruro. El riesgo de calcificación en el agua de riego viene determinado por la concentración absoluta y relativa de cationes. Si la proporción de sodio es alta, el riesgo de calcificación es mayor, y viceversa si predomina el calcio. menos peligroso. La importancia del contenido de cationes del agua de riego para las propiedades físicas y químicas del suelo se reconoció mucho antes de que se entendieran bien las reacciones de intercambio de cationes. Anteriormente, la proporción relativa de sodio en el agua de riego a otros cationes se expresaba como porcentaje de sodio soluble. Sin embargo, la tasa de absorción de sodio (SAR o SAR) en la solución del suelo está relacionada con la absorción de sodio, por lo que esta relación puede usarse como un "índice de sodio" o "riesgo de sodio para dicha agua". Esta relación en la siguiente.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Diagrama para la clasificación de aguas para riego.

El diagrama para la clasificación de aguas para riego se muestra en la figura N°-2 y está basado en la conductividad eléctrica expresada en micros/cm. Y la relación de adsorción de sodio. En los diagramas originales, las curvas representan ecuaciones de la ley de acción de masas entre los cationes solubles y los intercambiables y delimitan las diferentes clases de sodio. Las curvas de la figura N°-3 pueden construirse aplicando las siguientes ecuaciones empíricas:

Curva Superior: $S = 43.75 - 8.87 (\log C).$

Curva intermedia: $S = 31.31 - 6.67 (\log C).$

Curva Inferior: $S = 18.87 - 4.47 (\log C).$

En las cuales, $S = SAR$, $C = CE \times 10^6$

Esta ecuación da una línea recta en coordenadas rectangular es cuando se usa el $\log C$. las líneas se han trazado con pendiente negativa para poder tomar en cuenta la dependencia del peligro del sodio, de la concentración total.

Para usar el diagrama es necesario conocer la conductividad eléctrica y la concentración de sodio y (calcio + magnesio) del agua. Cuando únicamente se

conoce el valor del sodio (calcio + magnesio), el sodio puede calcularse de la manera siguiente:

$$Na = \left(\frac{CE * 10^6}{100} \right) - (Ca + Mg)$$

Inversamente, si solo se conoce el valor del sodio, el calcio + magnesio) puede calcularse por la ecuación:

$$(Ca + Mg) = \left(\frac{CE * 10^6}{100} \right) - Na$$

Las concentraciones de iones se expresan en miliequivalentes por litro. La tasa de absorción de sodio (SAR o SAR) se puede calcular usando la ecuación que define el valor, o tomando los valores SAR y ec como coordenadas y encontrando el punto correspondiente en el gráfico. La ubicación de este punto determina la clase de calidad del agua. El significado y la interpretación de los niveles de calidad que se muestran en la figura se resumen a continuación..

- Peligro de Salinidad (conductividad eléctrica):

- **Agua de baja salinidad (C1):** Se puede usar para regar la mayoría de los cultivos y es adecuado para casi cualquier tipo de suelo con una pequeña probabilidad de salinidad. Se requiere una pequeña cantidad de lavado, pero esto ocurre en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.
- **Agua de salinidad media (C2):** Con un lavado moderado, se puede usar todo el tiempo. Las plantas moderadamente tolerantes a la sal casi siempre se pueden cultivar sin medidas especiales de control de la salinidad.
- **Agua altamente salina (C3):** No se puede utilizar en suelos mal drenados. Incluso con un drenaje adecuado, pueden ser necesarias medidas especiales de control de la salinidad, así que seleccione solo aquellas especies de plantas que sean altamente tolerantes a la sal.
- **Agua muy altamente salina (C4):** No apto para riego en general, pero puede usarse ocasionalmente en casos muy especiales. El suelo debe ser permeable, bien drenado y se debe usar una cantidad

excesiva de agua para un buen lavado; en este caso, elija cultivos que sean altamente tolerantes a la sal.

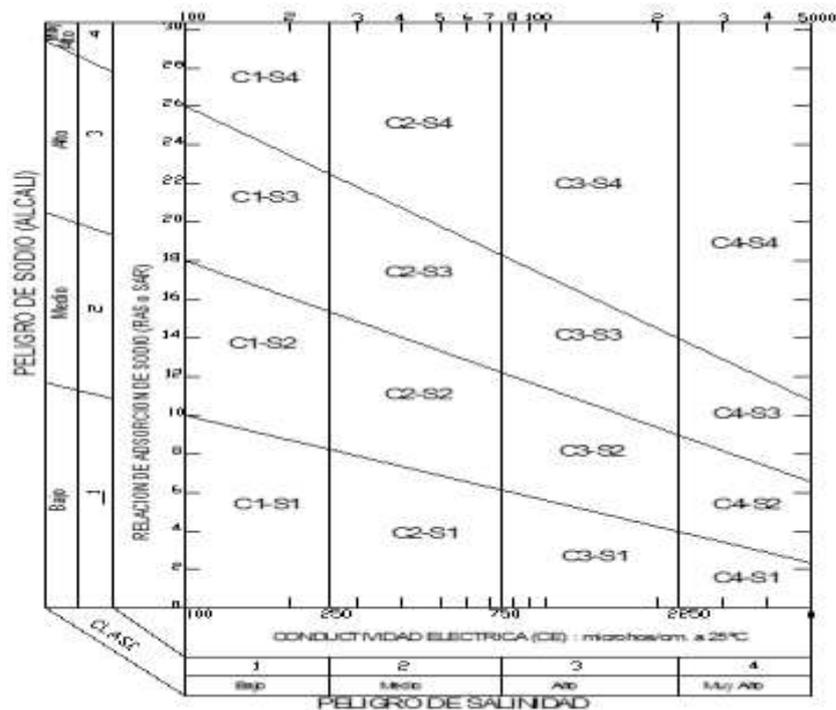
- Peligro de Sodio (Relación de Adsorción de Sodio):

La clasificación del agua de riego según el SAR se basa principalmente en el efecto del sodio intercambiable en la condición física del suelo. Sin embargo, si el valor del Na intercambiable está por debajo del requerido para degradar la condición física del suelo, las plantas sensibles a este elemento pueden resultar dañadas por la acumulación de Na en los tejidos.

- **Agua baja en sodio (S1):** Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.
- **Agua media en sodio (S2):** en suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Esta agua solo puede usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.
- **Agua alta en sodio (S3):** Produce niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayoría de los suelos, por lo que son necesarias prácticas básicas de manejo: buen drenaje, limpieza ligera y adición de materia orgánica. Los suelos que contienen yeso pueden no producir niveles dañinos de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de agua. Es posible que sea necesario reemplazar el sodio intercambiable por productos químicos; sin embargo, dichos acondicionadores no serán económicos si se usa agua con una salinidad muy alta.
- **Aguas muy altas en sodio (S4):** No es apta para riego a menos que la salinidad sea de baja a moderada, la disolución de calcio en el suelo y la aplicación de yeso u otros cambios hagan que el uso de esta agua

no sea económico. El agua de riego a veces puede disolver grandes cantidades de calcio en suelos calcáreos, lo que reduce significativamente el riesgo de sodio, y estas condiciones deben tenerse en cuenta cuando se utilizan las categorías de agua C1-S3 y C1. - S4. Para suelos calcáreos o no calcáreos con un pH alto, el contenido de sodio de C1 – S3, C1 – S4 y C2 – S4 en el agua se puede modificar ventajosamente agregando yeso al agua. Asimismo, si se va a utilizar agua C2-S3 y C3-S2 para riego, también es muy práctico pulir el suelo periódicamente.

- **Figura Nº 16 Diagrama para la clasificación de las aguas para riego**



Las muestras fueron recolectadas en el sitio donde se construyó la cuenca de captación del proyecto bifunto y confluencia del río Huañacachi en el sistema de riego para su análisis en el Laboratorio de Control de Calidad del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria en la Estación Experimental Illpa Puno, obtener lo siguiente resultados:

Tabla N° 20 Resultados de Análisis de Agua en la micro cuenca Huañacachi.

ANALISIS DE AGUA						
Clave Usuario	Manantial Papujo	(mg/l)	Rio Huañacachi	(mg/l)	Manantial Nuñomani	(mg/l)
Clave Laboratorio	1093A		1094		1095	
N° de Muestras	1		1		1	
Temperatura °C	10.90		10.60		10.50	
pH	7.14		6.39		6.59	
C.E. mmhos/cm 25°C	0.064		0.075		0.058	
Ca meq/litro	0.40	8.01	0.50	10.02	0.70	14.02
Mg meq/litro	0.60	7.29	1.40	17.02	1.80	21.88
Na meq/litro	0.14	3.22	0.24	5.52	0.24	5.52
K meq/litro	0.42	16.42	0.42	16.42	0.29	7.82
Suma de Cationes	1.56		2.56		3.03	
CO3 meq/litro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO3 meq/litro	1.10	67.11	0.90	54.90	0.80	48.80
Cl meq/litro	0.90	31.91	0.90	31.91	1.10	39.00
SO4 meq/litro	1.02	48.99	1.12	53.79	1.16	55.71
NO3 meq/litro	0.16	9.92	0.30	18.60	0.10	6.20
Suma de Aniones	3.18		3.22		3.16	
SAR	0.19		0.24		0.21	
Clasificacion	C1S1		C1S1		C1S1	

Fuente: Certificación de Análisis N° 109.A - 2013. INIA.

Interpretación: El agua cumple con los requisitos y se puede usar para riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiables, teniendo como resultado una clasificación C1S1 para los tres puntos de captación, de donde, puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.

3.7.5. Análisis y tratamiento de la información meteorológica e hidrométrica.

3.7.5.1. Análisis de las variables meteorológicas.

Referente a información meteorológica, se utilizó los registros de la estación meteorológica Yunguyo, por encontrarse cercana, y se dispuso de los parámetros de Precipitación Total Mensual, Precipitación Máxima 24 horas, Humedad Relativa, Temperatura media mensual y Caudal medio mensual, en un rango de análisis de 51 años, para un periodo entre 1964 – 2017. A continuación, se describe, los principales parámetros meteorológicos:

a) Precipitación

Las características estacionales del clima en la región del anillo circunlacustre del Lago Titicaca, se manifiestan principalmente en la variación del régimen de las precipitaciones. Se sabe que los cultivos no solo son afectados por la poca precipitación anual, sino también por su irregular distribución a lo largo de todo el año.

En la se presenta el promedio multimensual de la precipitación total mensual correspondiente al periodo 1964 – 2017 de cada una de las estaciones meteorológicas, asimismo se aprecia las precipitaciones totales anuales en todas las estaciones, lo que demuestra el carácter estacional de la precipitación en toda la región.

El comportamiento estacional de la precipitación de las estaciones estudiadas, de acuerdo a los periodos de lluvia, invierno y meses de transición, se detallan a continuación:

El período de lluvias de mayor magnitud comienza a partir del mes de diciembre y se prolonga hasta marzo, corresponde el 76.6% en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales. El porcentaje de precipitación en las estaciones meteorológicas oscilan de 71.0 a 81.5%.

El período seco (invierno), comprende los meses de mayo a agosto, las precipitaciones con sus mínimos valores llegan a ser del 4.6% en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales. El porcentaje de precipitación en las estaciones varían de 3.5 a 6.7%.

Los meses transitorios corresponden a abril, setiembre a noviembre, presentan el 18.7% en promedio de las estaciones, de las precipitaciones totales anuales. El porcentaje de precipitación en las estaciones meteorológicas oscilan entre 15.0 a 22.4%, respectivamente.

Figura Nº 17 Precipitación total anual en estaciones aledañas.

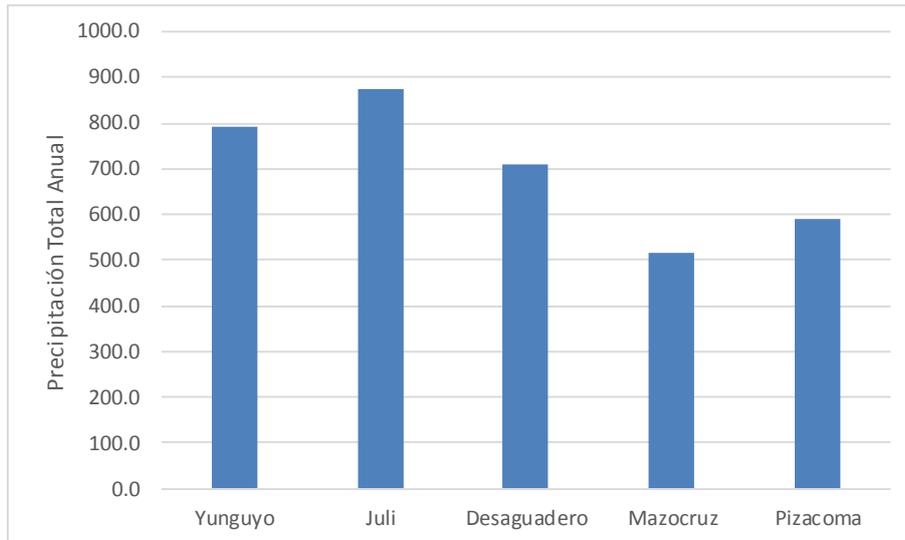
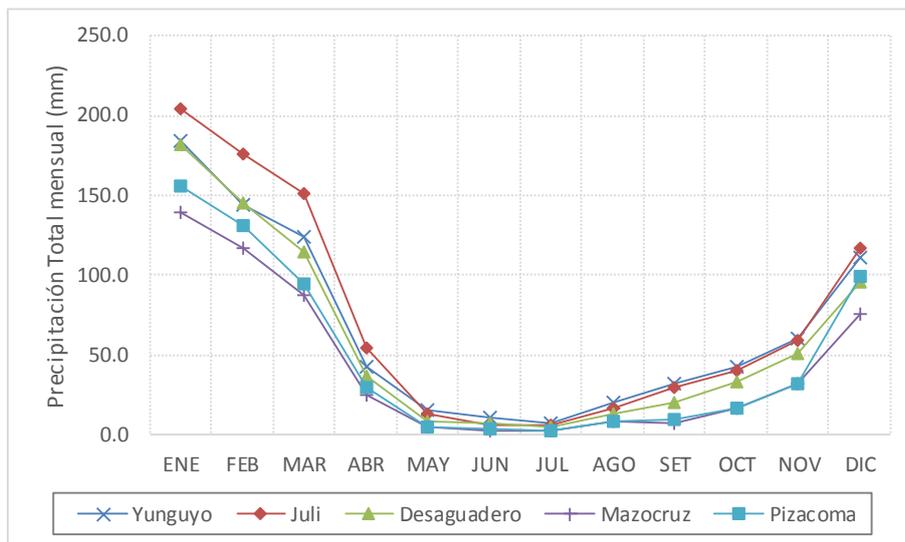


Figura Nº 18 Variación mensual de la precipitación media mensual.



b) Temperatura

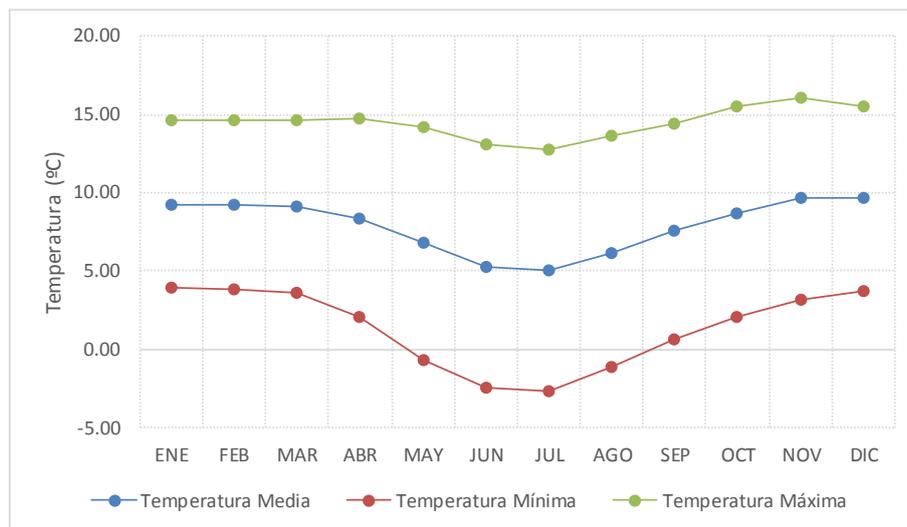
Los registros de temperatura utilizados en el presente estudio correspondiente a la información recopilada y adquirida del SENAMHI, estación Yunguyo, respectivamente.

Es necesario subrayar que, la temperatura constituye un factor limitativo para el desarrollo de las plantas y en consecuencia de la agricultura, por lo que el estudio de esta variable merece una especial atención.

La temperatura del aire de las estaciones meteorológicas consideradas en el presente estudio, se manifiestan de tres niveles, como temperatura media,

temperatura media de las máximas diarias y temperatura media de las mínimas diarias, que en adelante se detalla cada una de ellas. Como se aprecia la distribución mensual es similar para todas las estaciones en estudio.

Figura Nº 19 Variación mensual de la temperatura media



c) Evaporación

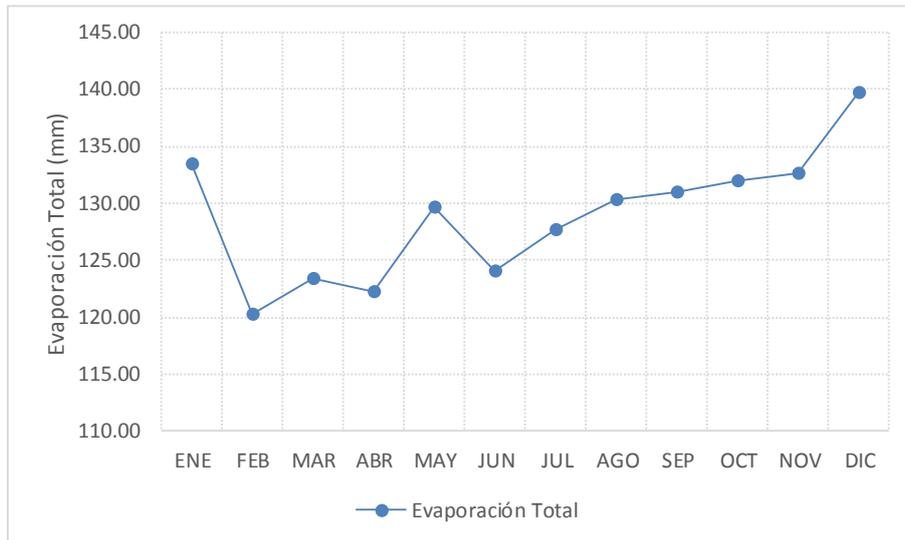
El termino evaporación se refiere, en climatología al agua transferida a la atmósfera a partir de las superficies libres de agua; la transferencia de vapor de agua a la atmósfera se denomina transpiración.

El agua se pierde de la superficie del suelo por la evaporación, bajo la influencia de una serie de factores como son la capacidad de la atmósfera para absorber al vapor de agua, la condición de la superficie del suelo, la cantidad de agua presente en las capas superficiales y que está sujeta a evaporación, y la capacidad de retención de humedad de las capas profundas.

La evaporación es un proceso físico continuo por medio del cual el agua, a una temperatura inferior al punto de ebullición, cambia del estado líquido al de vapor. Esta transferencia del vapor del agua puede ocurrir desde superficies libres de agua, gotas en las nubes o neblina, pequeñas películas depositadas en sólidos, tales como partículas de suelo e igualmente desde la superficie foliácea de las plantas terrestres o acuáticas.

Los mayores valores de la evaporación total anual en la Estación que se encuentra más cercana al área de proyecto es la estación Yunguyo.

Figura N° 20 Variación mensual de la evaporación total mensual



d) Humedad relativa

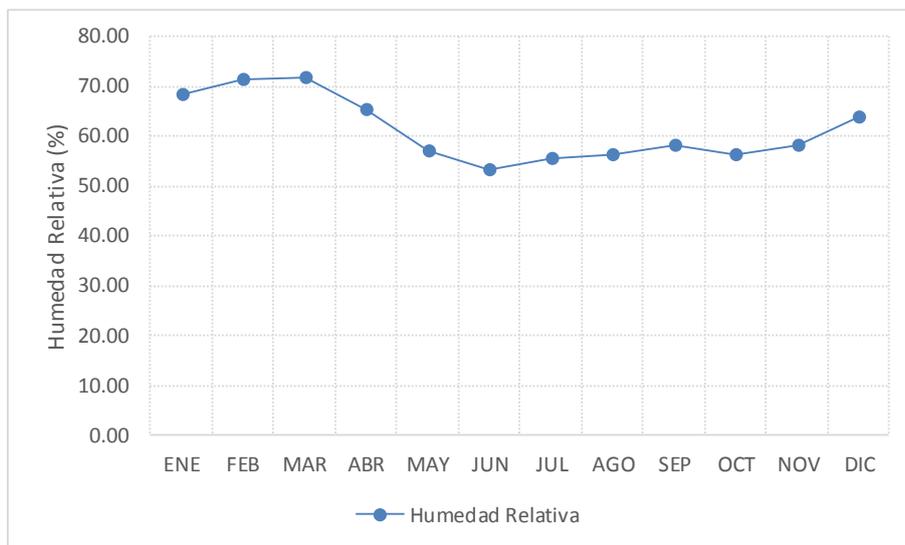
Es la relación en porcentaje de la cantidad presente de vapor de agua contenido en un volumen de aire.

La Humedad Relativa es una variable climática de primera magnitud muy relacionado, a través de diversos mecanismos físicos, con la nubosidad, la precipitación, la visibilidad, y de forma muy especial con la temperatura: la cantidad de agua en forma de vapor que puede encontrarse en la atmósfera es función directa de la temperatura.

La Humedad Relativa es la forma más común de expresar la humedad atmosférica por su explícita relación con el bienestar climático y el crecimiento de las plantas. Por lo general, la Humedad Relativa sigue un ritmo diario, cambiando la humedad, de baja durante el día a muy alta en la noche cuando el aire se enfría. encontrándose valores máximos en el mes de febrero y valores mínimos en el mes de setiembre y noviembre.

En la se aprecia la variación estacional de la humedad relativa, registrándose en la estación de Yunguyo el valor más alto en marzo con 71.6 % y el valor más bajo en el mes de junio con 53.27 %.

Figura N°21 Variación mensual de la humedad relativa



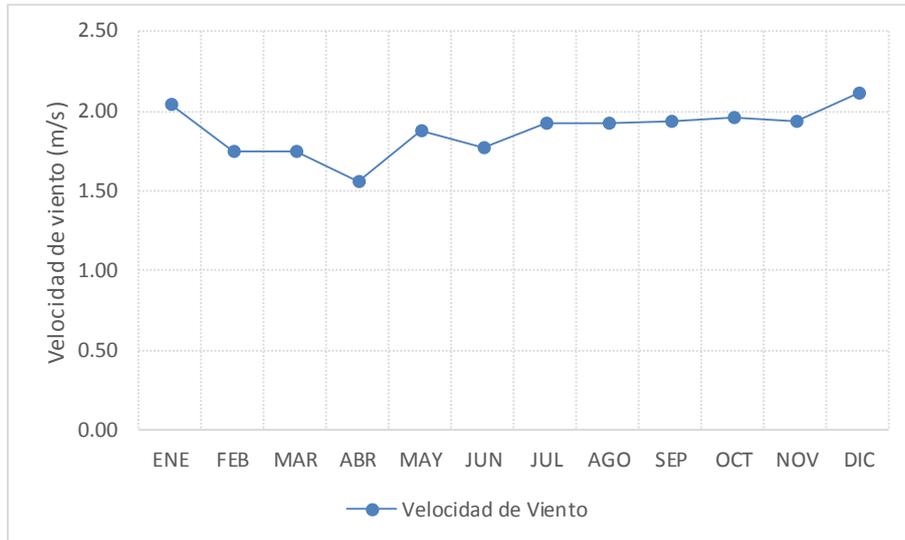
e) Velocidad del viento

El movimiento del aire resulta del calentamiento, enfriamiento, expansión y contracción ocasionados principalmente por diferencias en la temperatura y por la rotación de la Tierra. El movimiento general del aire con relación a su contenido de humedad y la temperatura, son de importancia geográfica. La selección de los cultivos y la producción de estos en un área dada también pueden ser influidas por las condiciones prevalecientes de los vientos. La pérdida de humedad de las plantas o el suelo y la diseminación de sub organismos fitopatógenos, semillas y polen también son afectados por el viento.

La exposición al viento en muchos casos puede ser un factor determinante del desarrollo de las plantas y de la distribución de la vegetación. La erosión del suelo por la acción del viento se presenta en nuestro medio geográfico, puede tener un efecto directo sobre la utilización agrícola de ciertas áreas.

La estación de Yunguyo, con un valor máximo promedio de 2.12 m/s en el mes de diciembre, y un valor promedio anual de 1.88 m/s.

Figura N° 22 Variación mensual de la velocidad del viento



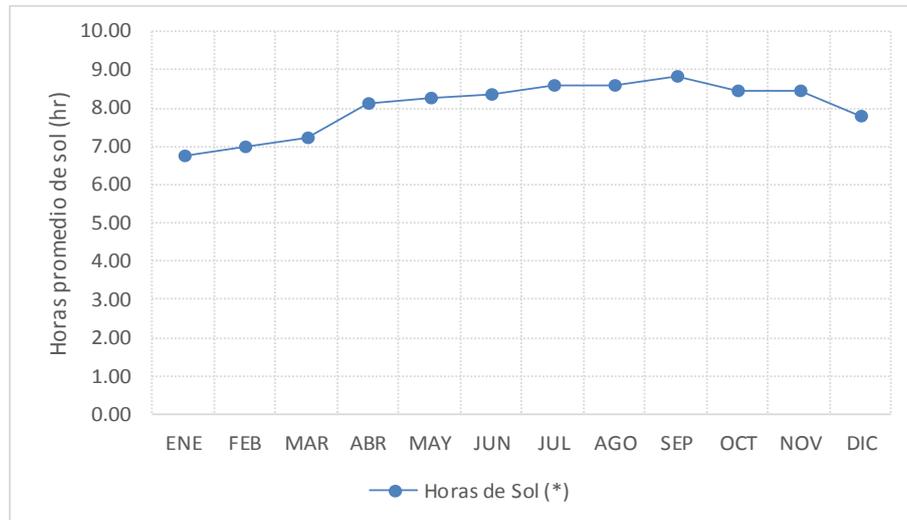
f) Horas de sol

La radiación del sol constituye una fuente de calor y ésta también es necesaria para muchos procesos vegetales. Tanto la luz como la humedad proporcionan verdaderos materiales para construir la estructura vegetal, mientras que la temperatura proporciona las necesarias condiciones de trabajo. La luz es de primordial importancia para los aspectos nutricionales y estructurales de la vida vegetal.

El Brillo solar corresponde al número de horas al día que hubo luz, llamado también fotoperiodo. El valor de este factor climático también radica en la importancia para el desarrollo de actividades como la construcción, turismo y crecimiento de las plantas.

La estación más próxima al proyecto es la estación Desaguadero, con un valor máximo promedio de 8.82 horas en setiembre y un valor promedio anual de 8.04 horas.

Figura N° 23 Variación mensual de las horas de sol.



3.7.5.2. Tratamiento de la información meteorológica e hidrológica.

a) Registros históricos y red de estaciones meteorológicas.

En el anillo circunlacustre del Lago Titicaca y específicamente el área de estudio tiene (05) cinco estaciones meteorológicas, las mismas que son monitoreadas por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología - SENAMHI, el cual dispone de información variable desde el año 1964 hasta el 2017, en sus parámetros meteorológicos y específicamente en la precipitación total mensual, tal como se muestra en la tabla Las estaciones identificadas son: Juli, Mazocruz, Pizacoma, Desaguadero y Yunguyo.

Al carecer de información hidrométrica se procederá a la inferencia, para la estimación de los caudales medios y de diseño, de forma areal tratando de estimar las precipitaciones en la zona en estudio, para el cual es necesario aplicar una serie de pruebas estadísticas al registro de información.

Tabla N° 21 Longitud de Registros de Precipitación Total.

Nro	Estación	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
1	Yunguyo																									
2	Juli																									
3	Desaguadero																									
4	Mazocruz																									
5	Pisacoma																									

Nro	Estación	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
1	Yunguyo																										
2	Juli																										
3	Desaguadero																										
4	Mazocruz																										
5	Pisacoma																										

Registro con mas de 3 meses
 Registro con 6 meses completos

Para el análisis y tratamiento de la información hidrométrica en el ámbito de estudio se han identificado una (01) estación hidrométrica, las mismas que cuentan con registros en periodos variables entre los años 1964 – 2017, La estación identificada es: Puente Yorohoco Callacame, de propiedad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

Tabla N° 22 Registros de caudales medios mensuales utilizados para el análisis y tratamiento de la información hidrométrica.

Nro	Estación	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
1	Puente Huancane																									
2	Puente Ramis																									
3	Puente llave																									
4	Puente Yoroco Calla																									

Nro	Estación	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
1	Puente Huancane																										
2	Puente Ramis																										
3	Puente llave																										
4	Puente Yoroco Calla																										

Registro con mas de 3 meses
 Registro con 6 meses completos

Figura N°24 Ubicación de las estaciones meteorológicas en las cuencas en estudio.



b) Análisis de consistencia

c) Análisis Gráfico.

Consistió en efectuar el análisis gráfico de los histogramas de precipitación total anual y mensual de cada una de las estaciones pluviométricas identificadas en el área de estudio, sin embargo, no se identificó valores altos (picos), como también datos dudosos en los registros de las estaciones, por el método gráfico:

Los histogramas de precipitación total anual y mensual de cada una de las estaciones analizadas.

d) Análisis de doble masa.

Este análisis se utilizó para la determinación de la consistencia de la información en lo relacionado a errores que pudiesen haberse producido en la obtención de los mismos, básicamente permitió identificar los periodos dudosos y confiables para cada estación en estudio.

Para el análisis de doble masa de la información pluviométrica se conformaron un (01) solo grupo en base a criterios de ubicación geográfica y distribución espacial y principalmente en nuestro caso de aproximación a la zona de estudio, quedando conformados de la siguiente manera:

- El Grupo P1 (GP1) está conformado por las estaciones Juli, Mazocruz, Pizacoma, Desaguadero y Yunguyo, estaciones que dan cobertura a la cuenca de río Callacame y la micro cuenca en estudio Huañacachi.
- El Grupo Q1 (GQ1), está conformado por las estaciones hidrométricas Puente llave, Puente Yorohoco Callacame, puente Huancané y Puente llave.

Figura N° 25 Diagrama de doble masa Grupo P1 (GP1) Todos vs Todos.

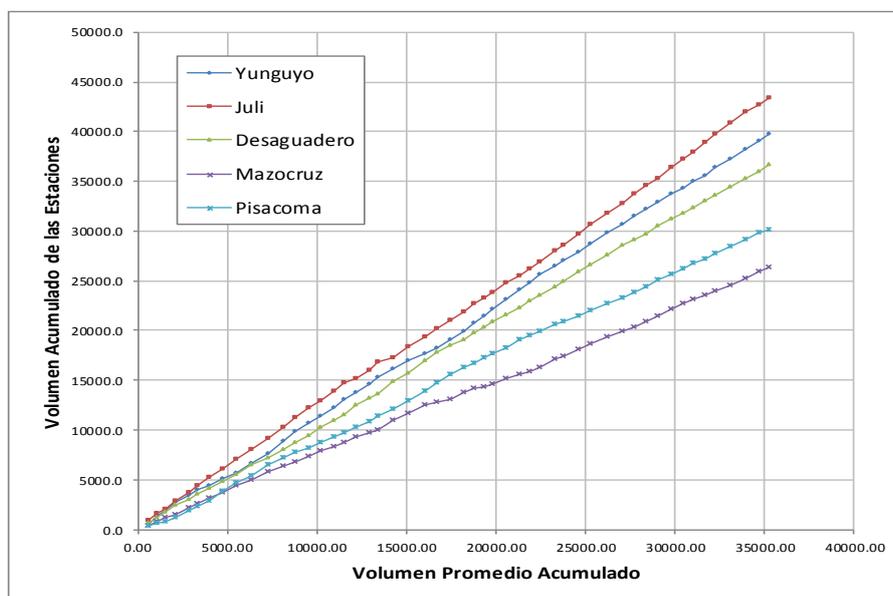


Figura N° 26 Diagrama de doble masa Grupo Q1 (GQ1) Todos vs Todos.

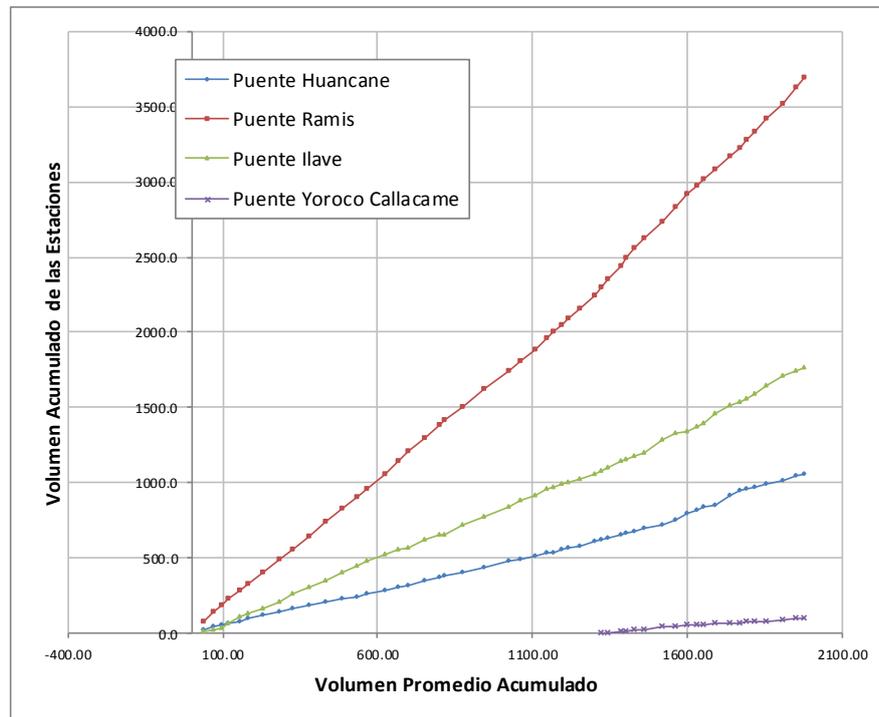


Figura N° 27 Diagrama de doble masa Grupo P1 (GP1) – Estación Modelo: Juli.

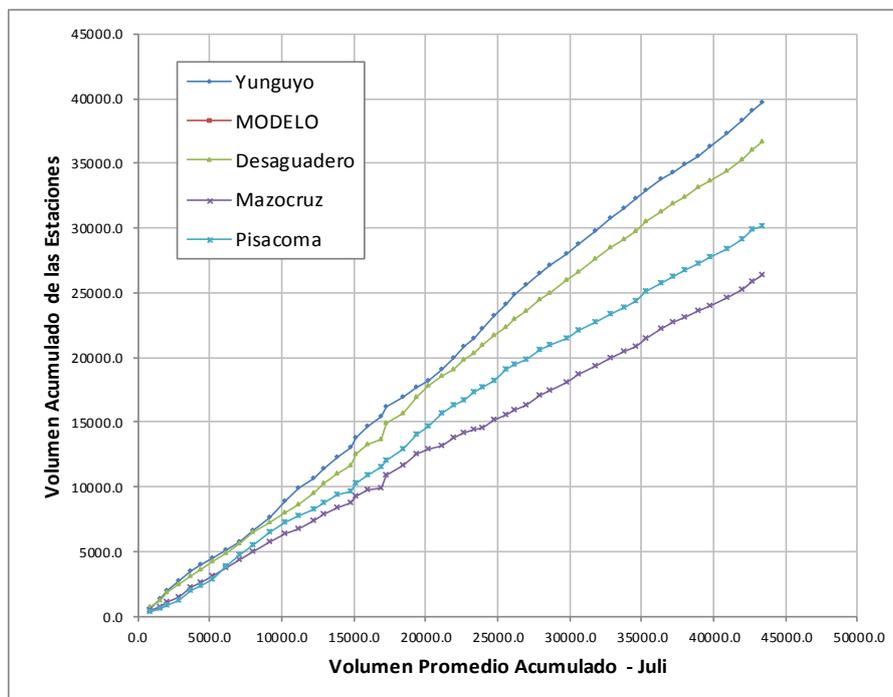
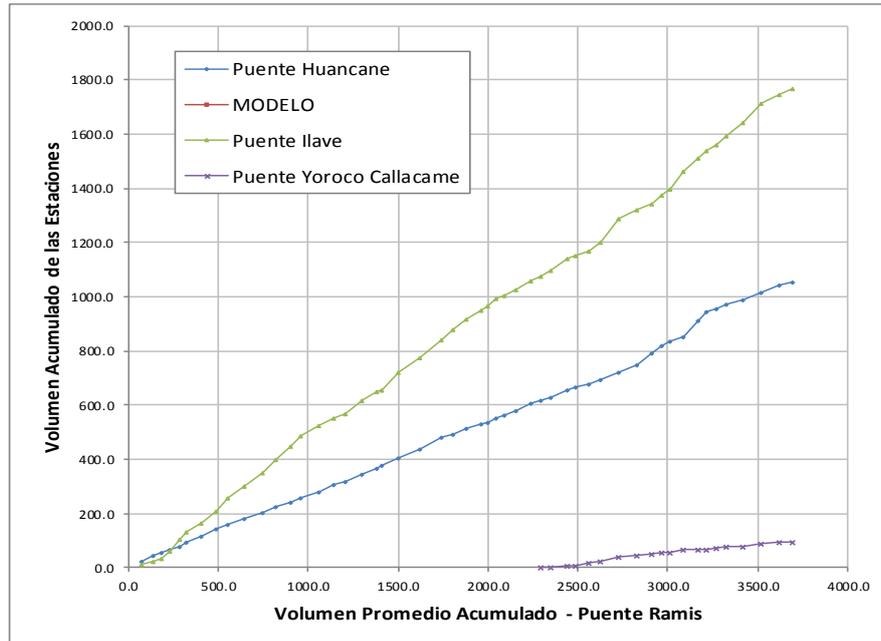


Figura N° 28 Diagrama de doble masa Grupo Q1 (GQ1) – Estación Modelo: Pte Ramis.



Las planillas de cálculo para la construcción de los diagramas de doble masa han sido parcialmente completadas con los promedios mensuales para obtener una línea constante y facilitar la identificación de los quiebres.

Grupo P1 (GP1):

- Estación Yunguyo: Enero 1964 - Abril 1979 (Periodo Dudoso), Enero 1987 – Diciembre 2017 (Periodo Confiable).
- Estación Juli: Marzo 1965 – Noviembre 1980 (Periodo Dudoso), Enero 1985 – Diciembre 2017 (Periodo Confiable).
- Estación Desaguadero: Marzo 1965 – Diciembre 1978 (Periodo Dudoso), Enero 1979 – Diciembre 2017 (Periodo Confiable).
- Estación Mazocruz: Enero 1964 – Diciembre 1981 (Periodo Dudoso), Enero 1982 – Diciembre 2017 (Periodo Confiable).
- Estación Pizacoma: Enero 1964 – Diciembre 1979 (Periodo Dudoso), Enero 1986 – Diciembre 2017 (Periodo Confiable).

Grupo Q1 (GQ1):

- Estación Puente Yorohoco Callacame: Enero 1995 - Diciembre 2001 (Periodo Dudoso), Enero 2002 - Diciembre 2017 (Periodo Confiable).

- Estación Puente Huancané: Enero 1988 - Diciembre 2017 (Periodo Dudoso), Enero 1969 – Diciembre 1987 (Periodo Confiable).
- Estación Puente llave: Enero 1965 - Mayo 1991 (Periodo Dudoso), Junio 1991 - Diciembre 2017 (Periodo Confiable).
- Estación Puente Ramis: Enero 1965 - Mayo 1991 (Periodo Dudoso), Diciembre 1984 - Diciembre 2017 (Periodo Confiable).

e) Análisis Estadístico: saltos y tendencias.

El análisis se realizó mediante la aplicación de pruebas estadísticas de consistencia u homogeneidad del valor medio y de la desviación estándar.

Para probar la consistencia del valor medio se utilizó la prueba T (Student) y de manera similar para probar la consistencia de la desviación estándar se utilizó la prueba F (Fisher).

En la tablas se presentan los resultados del análisis estadístico de saltos realizado a las series de precipitación total mensual y caudal medio mensual de todas las estaciones en estudio.

Tabla N°23 análisis estadístico de saltos de las series de precipitación total mensual del Grupo P1 (GP1)

ID	ESTACION	PERIODO DE ANALISIS				N° DATOS	PROM	DESV. EST.	CONSISTENCIA EN LA MEDIA			CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR			
		Desde	-	Hasta	T calc.				T tabla (95%)	Diferencia Significativa	F calc.	F tabla (95%)	Diferencia Significativa		
														a	a
1	Yunguyo	ENE	1964	-	ABR	1979	184	65.07	72.41	-0.1146	1.9646	NO	1.1477	1.2341	NO
		ENE	1987	-	DIC	2014	336	65.80	67.59						
2	Juli	MAR	1965	-	NOV	1980	183	73.17	84.72	0.0582	1.9644	NO	1.1394	1.2313	NO
		ENE	1985	-	DIC	2014	358	72.74	79.37						
3	Desaguadero	MAR	1965	-	DIC	1978	153	56.24	70.03	-0.7119	1.9640	NO	1.1543	1.2545	NO
		ENE	1979	-	DIC	2014	431	61.20	75.24						
4	Mazocruz	ENE	1964	-	DIC	1981	204	41.88	58.97	-0.3178	1.9640	NO	1.0725	1.2281	NO
		ENE	1982	-	DIC	2014	390	43.54	61.07						
5	Pisacoma	ENE	1964	-	DIC	1979	181	49.35	72.50	-0.0450	1.9645	NO	1.1101	1.2337	NO
		ENE	1986	-	DIC	2014	347	49.64	68.81						

Tabla N°24 Análisis estadístico de saltos de las series de precipitación total mensual del Grupo Q1 (GQ1)

ID	ESTACION	PERIODO DE ANALISIS				N° DATOS	PROM	DESV. EST.	CONSISTENCIA EN LA MEDIA			CONSISTENCIA EN LA DESVIACION ESTANDAR			
		Desde	-	Hasta	T calc.				T tabla (95%)	Diferencia Significativa	F calc.	F tabla (95%)	Diferencia Significativa		
1	Puente Huancane	ENE	1988	-	DIC	2014	316	19.31	28.51	-1.0522	1.9644	NO	1.1080	1.2226	NO
		ENE	1969	-	DIC	1987	228	21.98	30.01						
2	Puente Ramis	ENE	1965	-	MAY	1984	216	75.98	91.32	0.2645	1.9641	NO	1.1125	1.2196	NO
		DIC	1984	-	DIC	2014	356	73.96	86.58						
3	Puente llave	ENE	1965	-	MAY	1991	315	37.21	55.71	1.1038	1.9641	NO	1.0076	1.2151	NO
		JUN	1991	-	DIC	2014	268	32.10	55.50						
4	Puente Yoroco Callacame	ENE	1995	-	DIC	2001	83	4.43	8.07	-0.0680	1.9703	NO	1.1918	1.3915	NO
		ENE	2002	-	DIC	2014	149	4.51	8.81						

Una vez analizado los saltos tanto en la media y desviación estándar de la información pluviométrica, se procedió a evaluar las tendencias en los dos parámetros determinísticos. Para saber si la tendencia es significativa o no, se analizó el coeficiente de correlación "R" mediante la prueba estadística de T Student.

Tabla N°25 Análisis estadístico de tendencias de las series de precipitación total mensual del Grupo P1 (GP1)

ESTACION	TENDENCIA EN LA:	MEDIA, VARIANZA, DESVEST, COEFICIENTES DE REGRESION Y NUMERO DE DATOS DE LAS TENDENCIAS EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR						ANALISIS ESTADISTICO DE LA TENDENCIA EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR				
		PARAMETROS			COEFICIENTES DE REGRESION		COEFICIENTE CORRELACION R	N° DATOS	ESTADISTICO T		COMPARACION	TENDENCIA SIGNIFICATIVA
		MEDIA	VARIANZA	DESV. EST.	Am	Bm			T calculada Tc	T tabla (95%) Tt		
Yunguyo	MEDIA (Tm)	65.54	4797.96	69.20	64.1042	0.0055	0.0119	520	0.2717	1.9646	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	68.07	358.60	18.72	63.6413	0.1969	0.1336	44	0.8734	2.0181	[Tc] < Tt	NO
Juli	MEDIA (Tm)	72.88	6583.15	81.06	72.1244	0.0028	0.0055	541	0.1273	1.9644	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	81.10	375.70	19.17	80.8067	0.0126	0.0088	46	0.0580	2.0154	[Tc] < Tt	NO
Desaguadero	MEDIA (Tm)	59.83	5443.58	73.72	59.3869	0.0015	0.0034	586	0.0818	1.9640	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	71.37	453.83	21.09	66.6340	0.1821	0.1271	51	0.8968	2.0096	[Tc] < Tt	NO
Mazocruz	MEDIA (Tm)	42.97	3638.08	60.27	41.8373	0.0038	0.0108	594	0.2624	1.9640	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	56.28	501.90	22.18	55.9268	0.0136	0.0090	51	0.0633	2.0096	[Tc] < Tt	NO
Pisacoma	MEDIA (Tm)	49.75	4902.99	69.96	52.1214	-0.0089	-0.0195	531	-0.4489	1.9645	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	65.42	604.17	24.31	64.8744	0.0233	0.0127	46	0.0843	2.0154	[Tc] < Tt	NO

Tabla N°26 Análisis estadístico de tendencias de las series de precipitación total mensual del Grupo Q1 (GQ1)

ESTACION	TENDENCIA EN LA:	MEDIA, VARIANZA, DESVEST, COEFICIENTES DE REGRESION Y NUMERO DE DATOS DE LAS TENDENCIAS EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR						ANALISIS ESTADISTICO DE LA TENDENCIA EN LA MEDIA Y EN LA DESVIACION ESTANDAR				
		PARAMETROS			COEFICIENTES DE REGRESION		COEFICIENTE CORRELACION R	N° DATOS	ESTADISTICO T		COMPARACION	TENDENCIA SIGNIFICATIVA
		MEDIA	VARIANZA	DESV. EST.	Am	Bm			T calculada Tc	T tabla (95%) Tt		
Puente Huancane	MEDIA (Tm)	20.18	827.59	28.74	19.9521	0.0008	0.0047	574	0.1132	1.9641	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	24.96	177.94	13.21	21.8338	0.1227	0.1341	50	0.9372	2.0106	[Tc] < Tt	NO
Puente Ramis	MEDIA (Tm)	74.72	7801.40	88.25	75.8110	-0.0038	-0.0071	572	-0.1687	1.9641	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	83.40	807.46	28.13	83.1929	0.0082	0.0042	50	0.0290	2.0106	[Tc] < Tt	NO
Puente llave	MEDIA (Tm)	34.86	3094.43	55.58	35.4469	-0.0020	-0.0061	583	-0.1459	1.9641	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	47.63	755.61	27.21	45.3779	0.0902	0.0469	49	0.3216	2.0117	[Tc] < Tt	NO
Puente Yoroco Call	MEDIA (Tm)	4.48	72.84	8.52	4.0358	0.0038	0.0298	232	0.4526	1.9703	[Tc] < Tt	NO
	DESV. EST (Ts)	6.78	41.80	6.30	5.1711	0.1529	0.1400	20	0.5997	2.1009	[Tc] < Tt	NO

Según el análisis estadístico de tendencias efectuado a la serie mensual de precipitación de las estaciones en estudio, y que se presenta puede decirse que no se identificó tendencias significativas en la media y desviación estándar en las series de precipitación mensual de las estaciones que conforman el grupo 01, y la información es consistente y homogénea como para ser utilizada.

f) Complementación y extensión de la información pluviométrica

Una vez obtenidas series consistentes de la información pluviométrica e hidrométrica, se realizó la completación y extensión de la misma mediante correlación múltiple entre las estaciones consistentes y para cada periodo, para dicho proceso se utilizó el programa HEC-4 Monthly Streamflow Simulation, desarrollado por el Hidrología Engineering Center de los Estados Unidos de América.

Para el procedimiento de completación y extensión de la información pluviométrica se tomó en consideración el único grupo conformado para el análisis de consistencia, los mismos que fueron agrupados según la pertenencia a una cuenca o zona hidrológica, tal es el caso del anillo circunlacustre del Lago Titicaca.

3.8. Oferta hídrica

3.8.1. Precipitación media en la cuenca del río Callacame y microcuenca Huañacachi.

Para la determinación de la precipitación media en la cuenca del río Callacame, se ha utilizado el método de interpolación de kriging implementado en el software Hydraccess, para identificar la influencia de las estaciones analizadas, del cual se puede decir que la estación Juli, Mazocruz, Pizacoma y Yunguyo cubre el área de intervención de la sub cuenca Callacame.

Figura N° 29 Interpolación kriging en la cuenca Callacame.

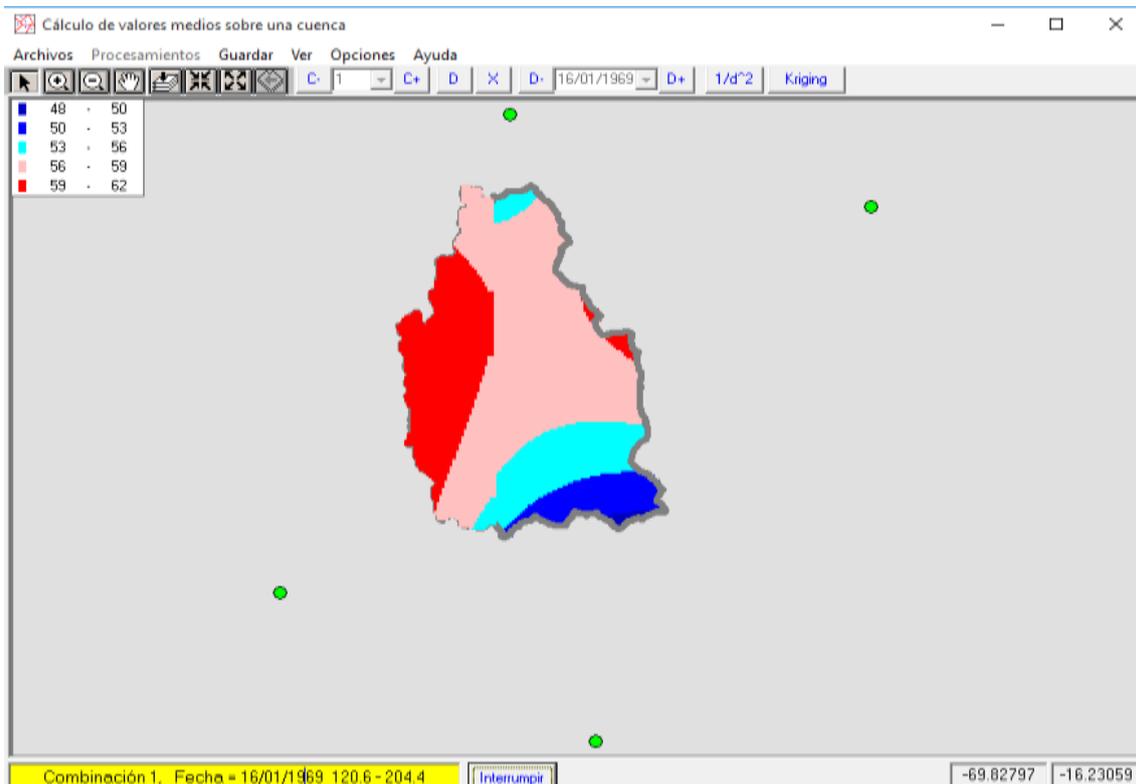


Tabla N° 27 Precipitación media (areal) cuenca Callacame.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	179.32	145.34	119.43	40.75	33.53	5.97	5.79	32.87	30.64	41.65	60.09	108.08	803.45
DESV. STD	76.42	60.8	49.44	24.36	71.84	9.13	6.95	57.73	23.96	29.3	37.9	42.7	171.37
MAXIMA	357.4	288	219.9	94.2	378.3	38	26.2	321.8	87.7	115.3	154.8	232	1256.1
MINIMA	55	44.4	33.6	0	0	0	0	0	0	0	1.8	37.1	518.3

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestra la precipitación areal, para la micro cuenca Huañacachi hasta el punto de interés captación Huañacachi, el cual se asume los datos de precipitación de la estación Yunguyo por encontrarse relativamente cerca al área de estudio, respectivamente.

Tabla N° 28 Precipitación media (areal) micro cuenca Huañacachi.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	183.75	143.43	123.85	42.29	15.63	10.13	6.84	20.14	31.45	43.14	60.38	111.47	792.52
DESV. STD	77.37	58.26	55.70	28.12	17.00	18.07	9.51	27.12	23.81	28.71	37.27	50.93	167.41
MAXIMA	357.4	277.9	309.0	109.9	62.0	89.0	37.8	159.4	87.7	115.3	154.8	313.6	1244.3
MINIMA	55.0	44.4	33.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	37.1	518.3

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 30 Distribución de la precipitación areal para el modelamiento hidrológico.

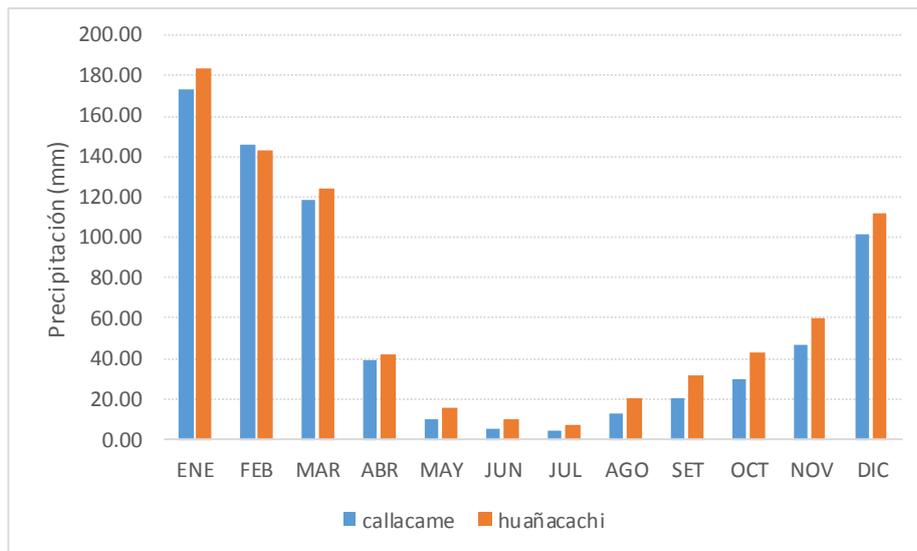


Figura Nº 31 Distribución espacial del punto de interés – Captación Huañacachi.



3.8.2. Determinación de la oferta hídrica superficial

a) Puntos de interés

Con la finalidad de determinar la oferta hídrica, se muestran los puntos de interés en los cuales se calibrarán y generarán la oferta hídrica y posteriormente la disponibilidad hídrica.

Tabla Nº 29 Puntos de Interés, según su denominación.

Nro	PUNTOS DE INTERÉS	ESTE	NORTE	CONDICIÓN
1	Puente Yoroco Callacame	466,346	8,168,001	Calibrar modelo
2	Captación Huañacachi	493,113	8,189,482	Generar

Fuente: Elaboración propia.

1. Captación Huañacachi: Tiene como cuenca colectora a la micro cuenca Huañacachi con un área de 8.55 Km², el curso principal el río Huañacachi y cuya longitud es de 6.3 km, desde la naciente hasta el punto de captación.

2. Puente Yorohoco Callacame: Tiene como cuenca colectora a la cuenca Callacame que es la que nos va servir para realizar la calibración del modelo hidrológico, siendo la más próxima y con información hidrológica, tiene un área de 854.8 Km².

b) Generación de caudales medios mensuales

Cuando evaluamos la disponibilidad hídrica, la problemática más común es la escasez o ausencia de registros de caudales. Si contamos con registros de caudales suficientes los datos pueden analizarse estadísticamente mediante un análisis frecuencia; pero cuando no se cuenta con estos registros debemos recurrir a diferentes métodos de estimación más o menos complejos dependiendo siempre de la disponibilidad de información (meteorológica, suelos, cobertura vegetal, etc.) en la cuenca.

No disponiéndose de registros hidrométricos en el área de estudio, se procedió a la generación de caudales medios multianuales mediante la utilización de modelos hidrológicos determinísticos, como es el modelo hidrológico de GR2M, y a partir de la calibración del modelo en la estación hidrométrica puente Yorohoco Callacame correspondiente al periodo 1995 - 2074, se generaron los caudales medios mensuales en los distintos puntos de interés definidos anteriormente, siguiendo la siguiente metodología.

Teniendo en cuenta que solo contamos con datos de precipitación y temperatura en la cuenca, debemos elegir un modelo de precipitación – escorrentía simple y robusto que nos permita modelar correctamente los caudales medios mensuales y posteriormente nos permita construir una serie histórica confiable de caudales en la cuenca.

c) Modelo GR2M, Precipitación – escorrentía

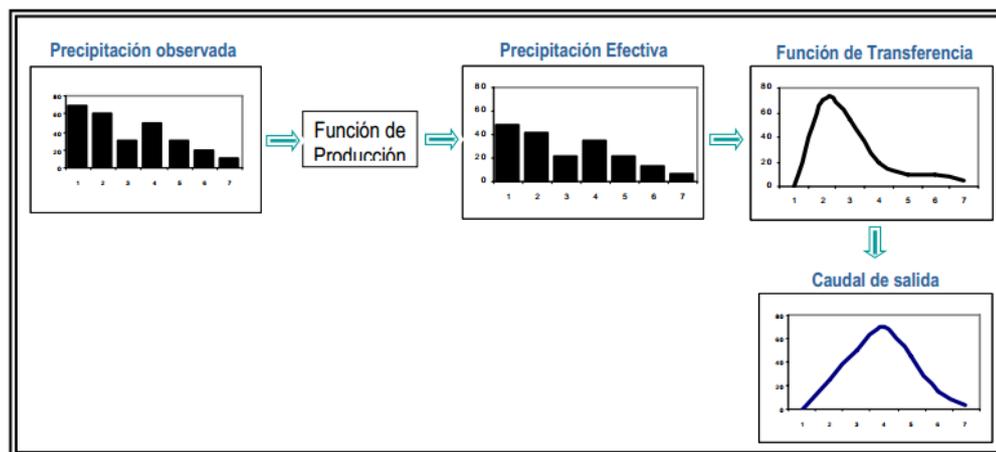
Según Lavado (2010). La unidad de investigación en hidrología del Cemagref d'Antony (Francia), ha desarrollado una serie de modelos precipitación – escorrentía llamados modelos “GR” por Génie Rural. En 1983, Michel propuso un modelo global, lo más simple posible, para reconstruir los caudales diarios a partir de la precipitación y la temperatura (para estimar la evaporación). Posteriormente el modelo GR a continuado evolucionando presentando diferentes versiones como el GR1A, GR2M, GR3J, GR4J.

El número indica el número de parámetros a modelar y la última letra el paso de tiempo: J (diario), M (mensual), A (anual).

El modelo GR2M, es un modelo global (Toma la cuenca como unidad), que funciona a paso de tiempo mensual, y que depende de dos parámetros. Existen diferentes versiones del modelo GR2M, entonces hemos elegido trabajar con la versión más reciente elaborada por Mouelhi (2003).

De manera general este tipo de modelos son basados en la transformación de la precipitación - Escorrentía por la aplicación de dos funciones: Una función de producción y una función de transferencia.

Figura N° 32 esquema de transformación de precipitación a caudal



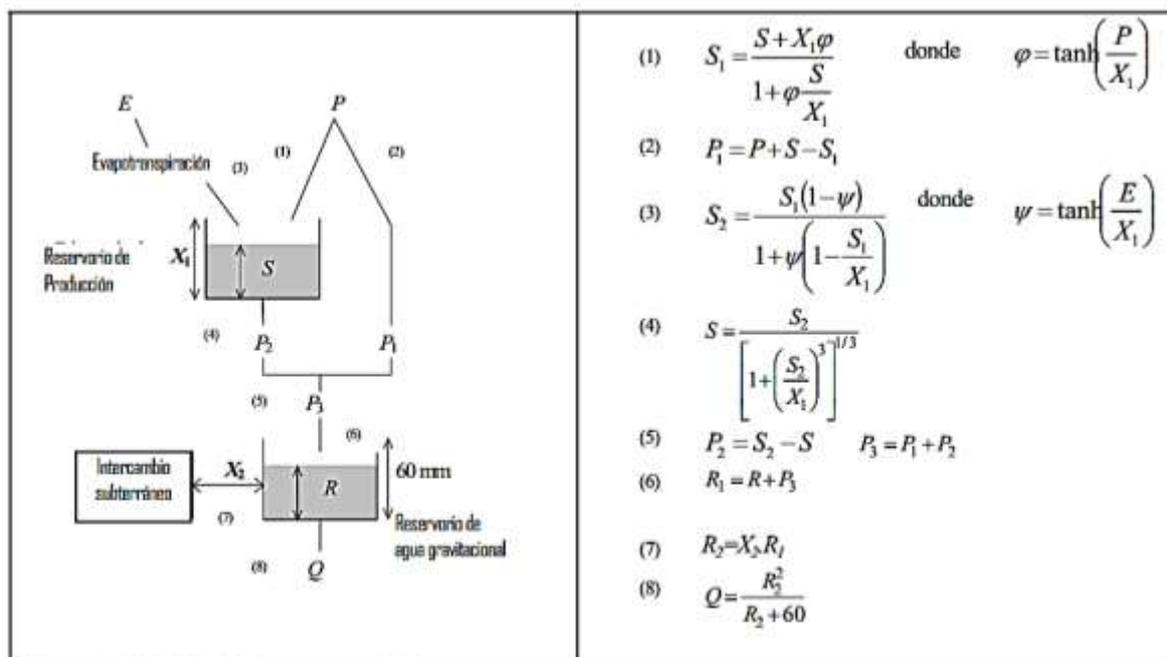
El modelo GR2M, es un modelo a dos reservorios donde:

- **La función de producción:** del modelo se organiza alrededor de un reservorio llamado reservorio-suelo,

- **La función de transferencia:** está gobernada por el segundo reservorio llamado reservorio de agua gravitacional donde el aporte es instantáneo al inicio del paso de tiempo, y luego el reservorio se vacía gradualmente. El nivel de este reservorio determina el caudal que puede liberar.

La arquitectura del modelo y las ecuaciones podemos observarlas en la Figura

Figura Nº 33 Arquitectura del modelo GR2M de Mouelhi 2003



* Fuente: CEMAGREF (www.cenagref.fr)

Los flujos entrantes (P) y salientes (ETP) del reservorio suelo (capacidad máxima X1) son calculados en base a estado de stock S. Una parte de la precipitación P1 corresponde a la diferencia entre P y la precipitación que ingresa en el suelo y otra parte P2 corresponde a la percolación.

La suma de ambas P1 + P2 corresponden a la precipitación efectiva P3 que ingresa en el reservorio de agua gravitacional (capacidad máxima fijada en 60 mm). Un término de intercambio subterráneo es incluido dentro del modelo X2.

Finalmente, el reservorio de agua gravitacional se vacía siguiendo una función cuadrática, dándonos como resultado el caudal de salida.

Entonces los dos parámetros a optimizar son:

- X1: capacidad del reservorio suelo en milímetros
- X2: coeficiente de intercambios subterráneos (adimensional)

Según Lavado (2010). La evaluación de la calidad del modelo puede realizarse de manera cuantitativa o cualitativa: la evaluación cuantitativa consiste en determinar el mayor valor óptimo de una función objetivo o función criterio por técnicas de optimización. La función objetivo o criterio de evaluación resume los resultados de comparación entre los datos calculados y los datos observados en una sola cifra y la evaluación cualitativa se basa en la comparación gráfica entre los valores calculados y los valores observados.

a) Criterio de Nash: Propuesto por Nash (1969), está dado por la fórmula:

$$Nash = \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^n (Q_{obs,t} - Q_{cal,t})^2}{\sum_{t=1}^n (\overline{Q_{obs,t}} - Q_{obs,t})^2}\right) \times 100$$

Donde:

$Q_{obs,t}$: Caudal observado

$Q_{cal,t}$: Caudal calculado;

$\overline{Q_{obs,t}}$: Caudal observado medio.

b) Criterio de balance de caudales observados/calculado

$$Bilan = \frac{\sum_{t=1}^n Q_{obs,t}}{\sum_{t=1}^n Q_{cal,t}}$$

Donde:

$Q_{obs,t}$: Caudal observado

$Q_{cal,t}$: Caudal calculado

d) Calibración del modelo

Para calibrar el modelo hidrológico es necesario la información de precipitación e información de caudales, esta información en la cuenca Ayaviri, está disponible a partir de la estación Limnográfica Puente Yorohoco Callacame, entonces, este punto

es el elegido para calibrar el modelo GR2M con la ayuda de la información generada anteriormente consistente en precipitación areal de la cuenca, además el área de la cuenca a calibrar es la siguiente:

- Cuenca Callacame = 854.8 Km²

Se muestra la calibración del modelo GR2M, llegando a tener un buen ajuste con las siguientes características.

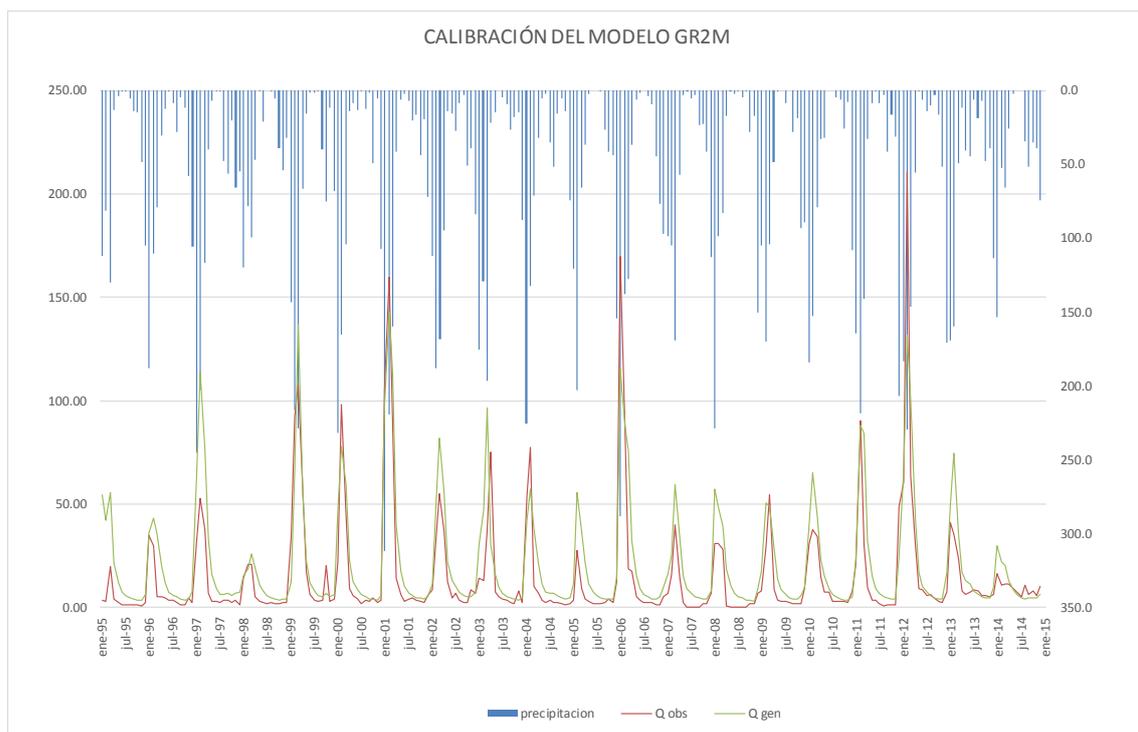
El resumen de los caudales Multianuales es de 51 años en los periodos de 1995 al 2017.

Tabla Nº 30 Información utilizada para la generación de caudales en puntos de interés.

Parámetros óptimos			Criterio de Calidad	
Parametro	Valor			
X1:	Reservorio Suelo (mm)	6.00	Nash:	70.30%
X2:	Intercambio subterráneo	1.20		

Fuente: Elaboración propia.

Figura Nº 34 Calibración del modelo GR2M en el Puente Yorohoco Callacame.



e) Generación de caudales.

Finalmente se ha generado la serie de caudales medios mensuales, para cada punto de interés Captación Huañacachi, utilizando los parámetros calibrados por el modelo GR2M en el Puente Yorohoco Callacame.

Tabla N° 31 Caudales medios mensuales generados - captación Huañacachi (m3/s)

ESTADIS.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
MEDIA	0.192	0.251	0.224	0.108	0.054	0.036	0.024	0.021	0.020	0.020	0.026	0.055	0.09
DESV STD	0.160	0.160	0.130	0.050	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.050	0.04
MAXIMA	0.862	0.783	0.825	0.240	0.109	0.088	0.043	0.068	0.044	0.041	0.123	0.288	0.19
MINIMA	0.019	0.057	0.065	0.042	0.029	0.022	0.017	0.015	0.013	0.011	0.013	0.013	0.03

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 32 Volúmenes medios mensuales generados- captación Huañacachi (MMC)

ESTADIS.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MEDIA	0.515	0.606	0.599	0.279	0.144	0.093	0.066	0.056	0.051	0.052	0.066	0.146	2.67
DESV STD	0.429	0.387	0.348	0.130	0.054	0.026	0.027	0.027	0.026	0.027	0.052	0.134	1.66
MAXIMA	2.309	1.894	2.210	0.623	0.291	0.228	0.115	0.182	0.114	0.111	0.318	0.771	
MINIMA	0.052	0.137	0.174	0.108	0.077	0.058	0.047	0.039	0.034	0.031	0.033	0.034	

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la oferta hídrica en la micro cuenca Huañacachi a distintos niveles de persistencia, se ha utilizado el método de Weibull, que se ha aplicado a los caudales medios mensuales generados.

Tabla N° 33 Oferta hídrica a distintos niveles de persistencia en la Captación Huañacachi. (m3/s).

PROB	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
Media	0.192	0.251	0.224	0.108	0.054	0.036	0.024	0.021	0.020	0.020	0.026	0.055	1.029
P(25%)	0.256	0.313	0.314	0.132	0.062	0.040	0.027	0.022	0.022	0.023	0.029	0.065	1.305
P(50%)	0.169	0.201	0.183	0.097	0.051	0.034	0.024	0.019	0.018	0.017	0.021	0.040	0.874
P(75%)	0.075	0.132	0.129	0.070	0.042	0.028	0.020	0.016	0.015	0.015	0.018	0.025	0.586
P(90%)	0.037	0.096	0.089	0.061	0.035	0.025	0.018	0.015	0.015	0.013	0.014	0.018	0.437

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 34 Oferta hídrica a distintos niveles de persistencia en la Captación Huañacachi. (MMC).

PROB	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Media	0.515	0.606	0.599	0.279	0.144	0.093	0.066	0.056	0.051	0.052	0.066	0.146	2.674
P(25%)	0.686	0.756	0.842	0.341	0.166	0.102	0.072	0.060	0.058	0.062	0.075	0.175	3.396
P(50%)	0.452	0.486	0.490	0.251	0.138	0.088	0.063	0.052	0.047	0.047	0.053	0.106	2.274
P(75%)	0.200	0.319	0.345	0.181	0.113	0.074	0.055	0.044	0.040	0.039	0.047	0.068	1.525
P(90%)	0.100	0.232	0.239	0.157	0.093	0.065	0.049	0.041	0.038	0.035	0.037	0.048	1.135

Fuente: Elaboración Propia.

Figura Nº 35 Variación de caudales de la oferta hídrica en la Captación Huañacachi distintos niveles de persistencia en (m3/s).

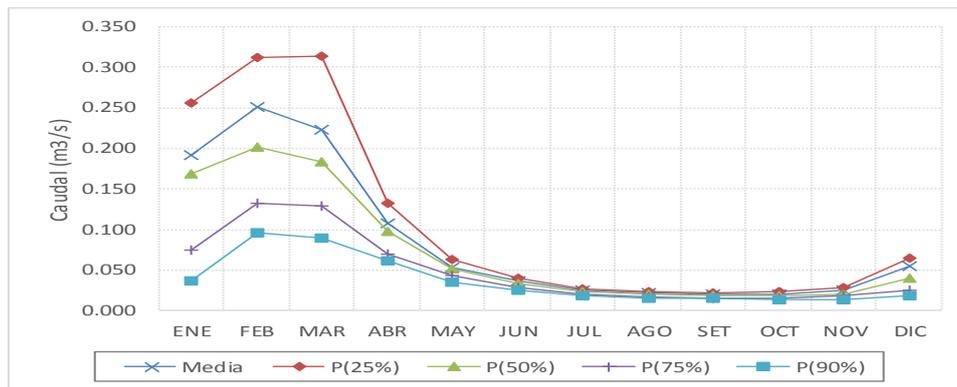


Figura Nº 36 Variación de caudales de la oferta hídrica en la Captación Huañacachi a distintos niveles de persistencia en (MMC).

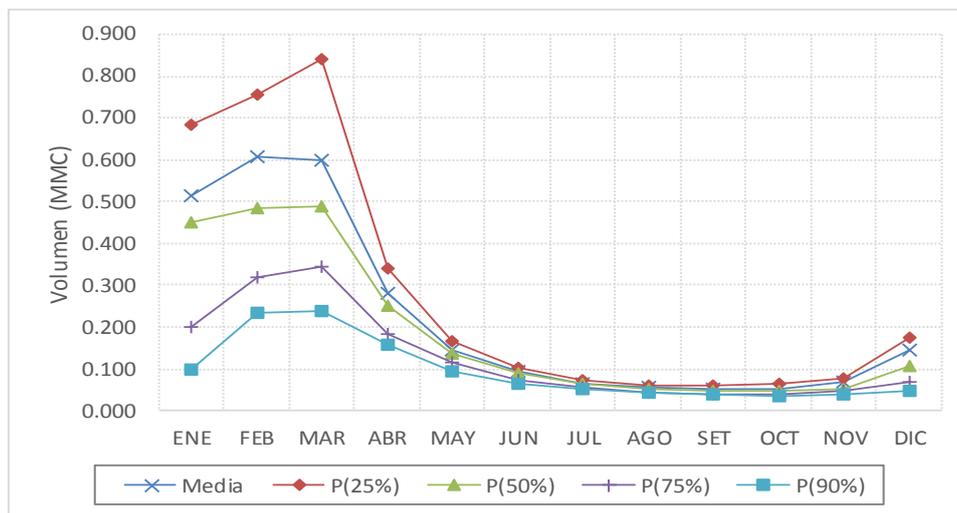


Tabla Nº 35 Primera campaña de aforo en las fuentes de captación.

Punto de Interes	Sector	Caudal (m ³ /s)	Coordenadas UTM		Fecha	Hora	Método
			Este	Norte			
Río Huañacachi	Central	0.061	493117	8189484	04/07/2014	9:20	Correntometro
Manantial Nuñomani	Huecco	0.011	490659	8190405	04/07/2014	10:30	Correntometro
Manantial Papujo	Santa Rosa	0.013	490864	8190215	04/07/2014	11:25	Correntometro

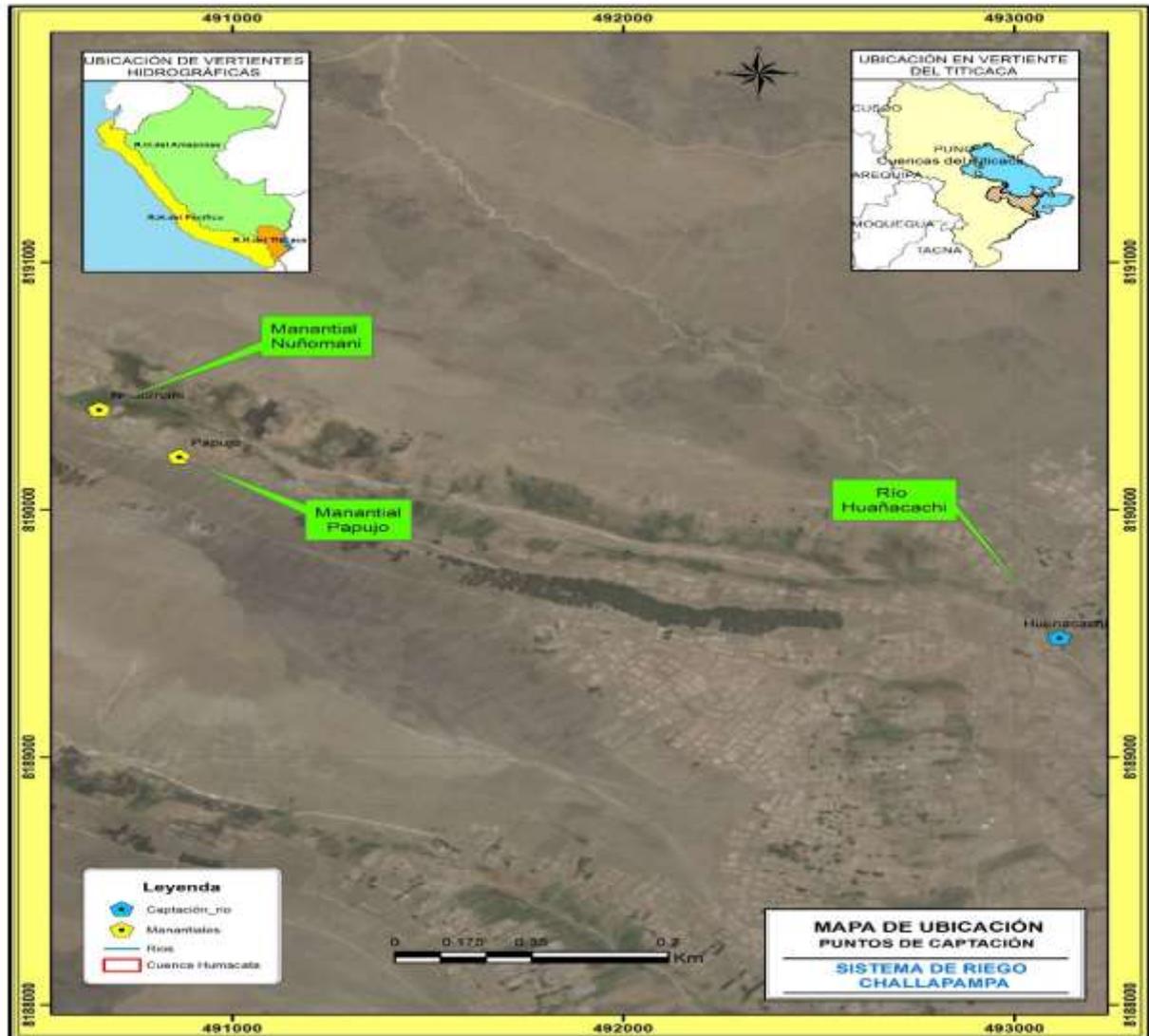
Fuente: Elaboración propia, en base a información del PRORRIDRE 2014.

Tabla Nº 36 Segunda campaña de aforo en las fuentes de captación.

Punto de Interes	Sector	Caudal (m ³ /s)	Coordenadas UTM		Fecha	Hora	Método
			Este	Norte			
Río Huañacachi	Central	0.020	493117	8189484	14/10/2015	11:55	Aforo Sensor
Manantial Nuñomani	Huecco	0.010	490659	8190405	14/10/2015	12:20	Aforo Sensor
Manantial Papujo	Santa Rosa	0.010	490864	8190215	14/10/2015	13:05	Aforo Sensor

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 37 Ubicación de los puntos de captación en el río Huañacachi y manantiales



3.8.3. Análisis de máximas avenidas

En este capítulo se desarrolla el cálculo Análisis de Máximas Avenidas, cuya finalidad es la de determinar los caudales máximos de diseños para diferentes periodos de retorno, estimaciones muy importantes para dimensionar las estructuras hidráulicas.

No disponiéndose de información sobre eventos extremos máximos (ya sea precipitación o caudales) en el ámbito de estudio, para este análisis de máximas avenidas se utilizó información de precipitación máxima en 24 horas, y luego de efectuar el análisis de frecuencias, y mediante el Método SCS o Método del Número

de Curva del U.S. Soil Conservation Service, se determinaron los caudales máximos de diseño para distintos periodos de retorno en cada uno de los puntos de captación identificados.

Para el análisis de máximas avenidas, se utilizó información cartográfica de la cabecera de la micro cuenca del río Huañacachi, así como registros de precipitación máxima en 24 horas de la estación Yunguyo monitoreado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), correspondiente al periodo 1964 – 2013.

- a) Determinación de máximas avenidas en puntos de interés, método SCS, número de curva

Para la aplicación del Método SCS, de acuerdo al marco metodológico se siguen los siguientes pasos:

- a) Análisis de la precipitación máxima en 24 horas (Pm24hr);
- b) Elección del valor del Número de Curva, CN; y
- c) Cálculo de las avenidas e hidrogramas de diseño para diferentes periodos de retorno.

- b) Análisis de la precipitación máxima en 24 horas

En el área de estudio se refleja claramente la estación predominante y se encuentra cerca al proyecto es la estación climatológica Yunguyo, la cual utilizaremos para los cálculos de frecuencias, y sus registros de precipitación máxima en 24 horas, correspondiente al periodo 1964 – 2013, de una extensión de 50 años, considerada lo suficientemente extensa como para cubrir la ocurrencia hidrológica.

Tabla Nº 37 Precipitación Máxima en 24 horas estación Yunguyo.

Orden (m)	Año (años)	Precip (mm)
1	1964	30.5
2	1965	31.0
3	1966	32.5
4	1967	30.0
5	1968	23.5
6	1969	23.5
7	1970	19.0
8	1971	24.0
9	1972	25.0
10	1973	31.0
11	1974	50.4
12	1975	74.2
13	1976	32.2
14	1977	32.4
15	1978	35.2
16	1979	
17	1980	
18	1981	
19	1982	
20	1983	
21	1984	
22	1985	
23	1986	
24	1987	38.2
25	1988	34.7
26	1989	56.5
27	1990	35.9
28	1991	48.4
29	1992	31.5
30	1993	39.7
31	1994	28.2
32	1995	37.2
33	1996	54.4
34	1997	29.4
35	1998	42.2
36	1999	34.2
37	2000	32.8
38	2001	38.6
39	2002	41.0
40	2003	27.3
41	2004	28.6
42	2005	28.1
43	2006	24.8
44	2007	24.6
45	2008	27.6
46	2009	26.6
47	2010	34.6
48	2011	25.0
49	2012	45.6
50	2013	30.2

Fuente: SENAMHI.

Se lleva acabo el análisis de frecuencia de eventos máximos probando el ajuste de la información a las distribuciones estadísticas teóricas: Log Normal, Log Normal III

Parámetro, Log Pearson Tipo III, y Gumbel, los cálculos de cada uno de estas distribuciones.

Tabla Nº 38 Precipitaciones máximas probables – Estación Yunguyo

Periodo de retorno – Tr (años)	Distribuciones teóricas			
	Log Normal	Log Normal (3 Param.)	Log Pearson Type III	Gumbel
500	71.8	84.3	91.5	74.0
200	66.1	74.9	79.3	67.5
100	61.8	68.0	71.0	62.5
50	57.4	61.4	63.2	57.5
25	52.8	55.1	55.9	52.5
10	46.5	46.8	46.9	45.7
2	32.8	31.9	31.7	32.3

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados, se aprecia una diferencia entre los valores de precipitación máxima estimada por las diversas distribuciones teóricas, siendo necesario realizar la prueba de bondad de ajuste. Una selección apresurada de un método de distribución teórica con sus respectivos resultados, podrían traducirse en una subestimación o sobreestimación de las precipitaciones máximas.

c) Verificación estadística de las distribuciones teóricas

Las pruebas de bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una determinada función de probabilidad teórica seleccionada a priori en base a los parámetros estimados.

Las pruebas de ajuste estadístico, es ejecutada por el método Chi cuadrado, a través del Software Hyfran.

Se presentan las pruebas estadísticas del Chi cuadrado y gráfica de ajuste de los valores calculados. se presentan el resumen de las pruebas estadísticas, donde se selecciona valor de P mayor al nivel de significancia 5%, valores mayores de P implica un mejor ajuste.

Según las pruebas estadísticas se observa lo siguiente: La precipitación máxima en 24 hr. presentan un mejor ajuste con las estimadas por la distribución Gumbel;

y gráficamente todas las distribuciones presentan un buen ajuste. Finalmente se selecciona las precipitaciones estimadas con la distribución Gumbel.

Tabla Nº 39 Pruebas estadísticas de ajuste Chi cuadrado – Estación Yunguyo

Tipo de distribución	Método de calculo de parametros	Chi cuadrado		Aceptado a nivel de significancia
		χ^2	p	
Log Normal	Max Verosimilitud	8.7	0.1913	5%
Log Normal 3 Parameter	Max Verosimilitud	2	0.8491	5%
Log Pearson Type III	Método SAM	2.42	0.7887	5%
Gumbel	Max Verosimilitud	2.42	0.8775	5%

d) Cálculo de hietogramas de diseño

El Natural Resources Conservation Service del U.S Department of Agriculture (1986) - NRCS ex SCS, desarrollo hietogramas sintéticos de tormentas con duraciones de 6 y 24 hr. Existen cuatro métodos de análisis de tormentas de 24 Hr de duración, llamadas Tipo I, IA, II y III, respectivamente. Para el presente estudio se aplica tormentas del Tipo II, que se asemeja a las condiciones de la sierra peruana.

Tabla Nº 40 Tormentas de diseño del NRCS en 24 hr. del Tipo II – Est. Yunguyo

t (Hr)	Fracción	Tr=500	Tr=200	Tr=100	Tr=50	Tr=25	Tr=10	Tr=2
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.01	0.81	0.74	0.69	0.40	0.58	0.50	0.36
2	0.02	0.81	0.74	0.69	0.40	0.58	0.50	0.36
3	0.04	0.96	0.88	0.81	0.47	0.68	0.59	0.42
4	0.05	0.96	0.88	0.81	0.47	0.68	0.59	0.42
5	0.06	1.11	1.01	0.94	0.54	0.79	0.69	0.48
6	0.08	1.26	1.15	1.06	0.62	0.89	0.78	0.55
7	0.10	1.33	1.22	1.13	0.65	0.95	0.82	0.58
8	0.12	1.63	1.49	1.38	0.80	1.16	1.01	0.71
9	0.15	2.00	1.82	1.69	0.98	1.42	1.23	0.87
10	0.18	2.52	2.30	2.13	1.23	1.79	1.55	1.10
11	0.24	4.00	3.65	3.38	1.95	2.84	2.47	1.74
12	0.66	31.67	28.89	26.75	15.49	22.47	19.56	13.82
13	0.77	8.07	7.36	6.81	3.95	5.72	4.98	3.52
14	0.82	3.55	3.24	3.00	1.74	2.52	2.19	1.55
15	0.85	2.52	2.30	2.13	1.23	1.79	1.55	1.10
16	0.88	1.92	1.76	1.63	0.94	1.37	1.19	0.84
17	0.90	1.63	1.49	1.38	0.80	1.16	1.01	0.71
18	0.92	1.04	0.95	0.88	0.51	0.73	0.64	0.45
19	0.94	1.55	1.42	1.31	0.76	1.10	0.96	0.68
20	0.95	1.11	1.01	0.94	0.54	0.79	0.69	0.48
21	0.97	0.96	0.88	0.81	0.47	0.68	0.59	0.42
22	0.98	0.81	0.74	0.69	0.40	0.58	0.50	0.36
23	0.99	0.96	0.88	0.81	0.47	0.68	0.59	0.42
24	1.00	0.81	0.74	0.69	0.40	0.58	0.50	0.36

Figura Nº 38 Hietograma de diseño – Est. Yunguyo

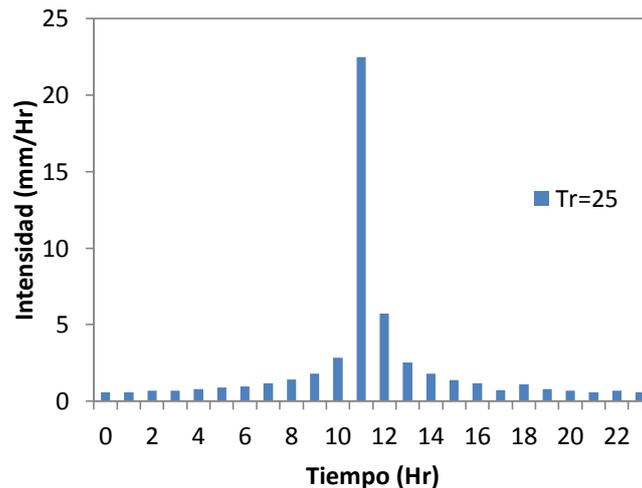
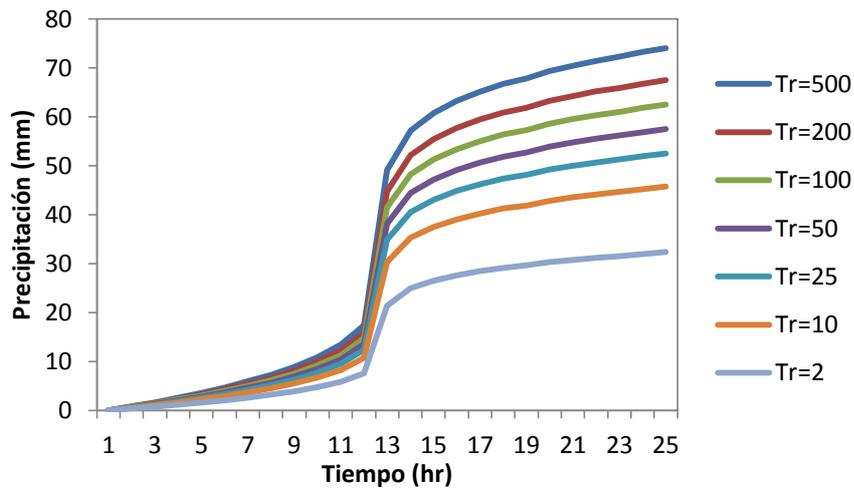


Figura Nº 39 Perfil de tormentas acumuladas - Est. Yunguyo



3.8.4. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

A. Curva Número (CN)

La estimación de la curva número (CN), se realiza en base a las características del suelo, cobertura vegetal y las condiciones de humedad antecedente del suelo en la cuenca.

El NRCS, define cuatro grupos hidrológicos de suelos A, B, C y D; en el área de estudio se presentan dos de estos grupos:

- Grupo B: Suelos con moderada capacidad de infiltración cuando están saturados. Principalmente consisten en suelos de mediana a alta profundidad, con buen drenaje. Sus texturas van de moderadamente finas a moderadamente gruesas (franca, franco-arenosa o arenosa).
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido organico y suelos con alto contenidos de arcilla.

Para el ajuste del CN, se usa tres intervalos de Condiciones de Humedad Antecedente CHA - I, II y III, donde el área en estudio presenta el tipo CHA-II, por tener condiciones climáticas con precipitaciones frecuentes en periodos lluviosos.

Tabla Nº 41 Estimación del CN para la cuenca

Uso de tierra		Grupo hidrológico		% de área de cuenca
Pastisales	Condiciones pobres	B	79	45.0%
	Condiciones óptimas	B	61	30.0%
		C	74	25.0%
CN, para el CHA-II				72.4

Fuente: Elaboración propia

B. Tiempo de concentración y de retraso

Se conoce como tiempo de concentración de una tormenta o lluvia, al tiempo que demanda una gota de agua (situada en punto más alejado de la cuenca), para llegar a la salida o cualquier otro punto de referencia. Este valor es importante porque deduce, que a partir de este momento el caudal es máximo y no podrá incrementarse si se mantiene la misma intensidad de precipitación.

Los cálculos del tiempo de concentración han sido obtenidos mediante los métodos de Kirpich y Ven Te Chow. En la tabla, se presenta los resultados del tiempo de concentración y retraso para cada cuenca:

Tabla Nº 42 Tiempo de concentración y retraso en las cuencas

Metodo de calculo	Parámetros	Und.	Cuenca de estudio Huañacachi
Kirpich	Tc	Hr.	0,61
VenTe Chow	Tc	Hr.	1,000
Tiempo de concentración promedio	Tc	min	48,24
Tiempo retardo	Lag Time	min	28,94

Fuente: Elaboración propia

C. Modelo precipitación esorrentía con HEC – HMS

Para la modelación de la transformación de precipitación - esorrentía se utiliza el paquete hidrológico HEC-HMS, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC), US Army Corps of Engineers.

Para el inicio del modelamiento con el software mencionado se requiere la especificación de tres conjuntos de datos:

- Modelo de Cuenca
- Modelo Meteorológico

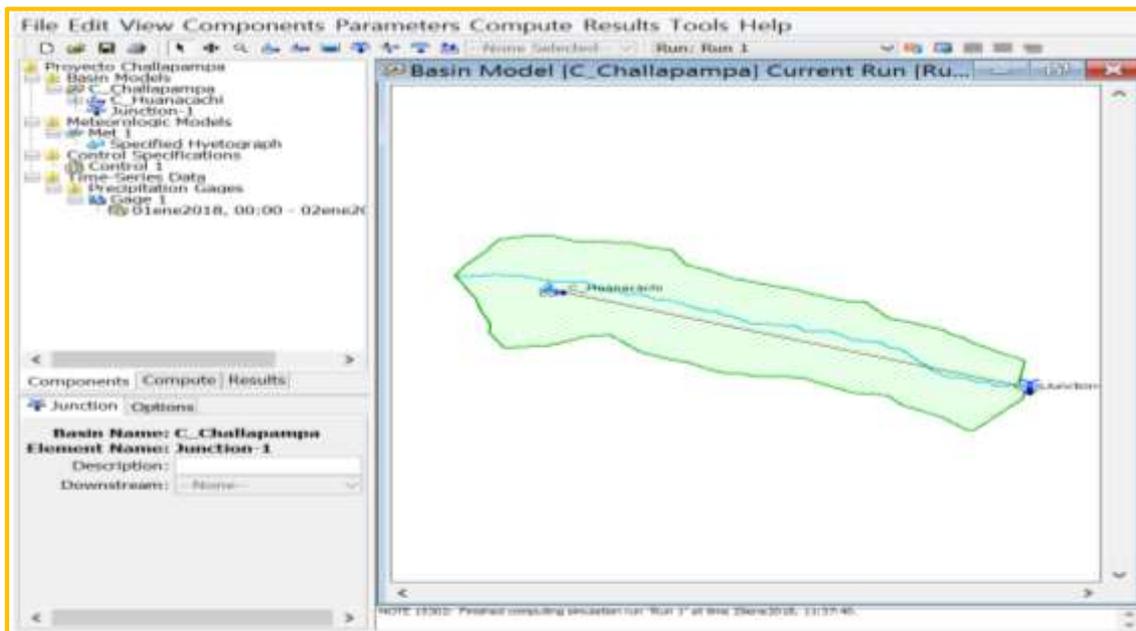
- Especificaciones de Control

a. Modelo de Cuenca

Contiene los parámetros de los elementos hidrológicos como: Microcuencas, tramo de cauce, convergencias, reservorios, fuentes y sumideros

Como datos adicionales se completa las características de las microcuencas y la metodología de análisis para el cálculo de abstracciones, transformación de precipitación - escorrentía y opciones de transito hidrológico en cauces y lagunas.

Figura Nº 40 Esquema de los elementos hidrológicos conectados – cuenca Huañacachi



Determinación de abstracciones

Las abstracciones se refieren a la cantidad de lluvia infiltrada en la tierra. El HEC-HMS emplea los métodos más comunes para calcular las pérdidas o abstracciones, como: initial/constant, CN de SCS, CN gridded SCS y el Green y Ampt, además provee una opción de abatimiento de la humedad para simular en los períodos de tiempos extendidos.

El método elegido para en el presente estudio, es el NRCS (ex SCS), en base a la Curva Número característico, estimado en el ítem anterior.

Transformación de precipitación a escorrentía

Este módulo convierte el exceso de precipitación a escorrentía directa a la salida de las subcuencas. Existen varios métodos entre agregados y distribuidos para la transformación de precipitación a escorrentía. En el método agregado, la escorrentía se determina a través de hidrogramas unitarios como: Clark, Snyder y SCS.

El método elegido para este estudio es el Hidrograma Unitario SCS, hidrograma que toma en cuenta las características de las microcuencas y el tiempo de retraso, estimado anteriormente.

Tránsito en cauces

El tránsito en cauces permite conocer el movimiento del flujo en los tramos de las Subcuencas. Los métodos para el tránsito son: Muskingum, el Pulso Modificado, la Onda Cinemática y el de Muskingum-Cunge. En el presente estudio no tiene tramos a transitar.

Tránsito en embalses y/o lagunas

El tránsito en lagunas consiste en calcular el efecto atenuador o laminador sobre un hidrograma de ingreso. Dicha atenuación se estima mediante la metodología de la curva caudal de salida. Para el presente estudio se desarrolla el tránsito a través del embalse Pucunsihua.

b. Modelo Meteorológico

El modelo meteorológico consiste en definir la tormenta de diseño para las microcuencas, utilizada en la simulación del proceso precipitación-escorrentía.

Una metodología para crear una tormenta de diseño, son las distribuciones de tormentas del SCS de 24 hr. Calculados son introducidos en el HEC – HMS.

c. Especificaciones de control

En las especificaciones de control se ingresa el tiempo de simulación (fecha y hora de inicio y final) para el hidrograma de salida y el intervalo de tiempo (Δt) o nivel de discretización. Por regla general, el nivel de discretización (Δt) debe ser menor a $1/3$ del tiempo de retardo.

d. Resultados de caudales máximos

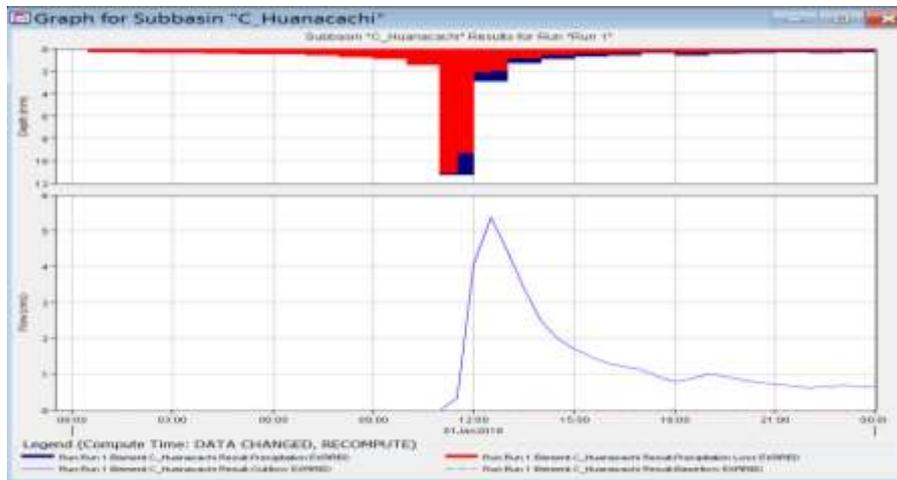
Luego de implementar los elementos hidrológicos y asignar los métodos de cálculo (de abstracciones, transformación de esorrentía y tránsito en cauces) en el HEC – HMS, se procede a la generación de caudales máximos instantáneos en los puntos de interés de las salidas de la cuenca Huañacachi, para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años se presentan el hidrograma de avenida máxima para un periodo de retronó de 25 años.

Tabla N° 43 Resumen de análisis de máximas avenidas, captación Huañacachi.

Periodo de retorno (Años)	Cuenca de estudio Huañacachi
500	14,5
200	11,5
100	9,3
50	7,2
25	5,4
10	3,1
2	0,5

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 41 Hidrograma triangular sintético (SCS) – Captación Huañacachi.



3.8.5. Determinación de la demanda hídrica

Como dato previo al balance hídrico, es necesario conocer la demanda agrícola, entonces, en el ámbito del proyecto actualmente existen el riego, por el cual se analizarán varios tipos de demandas tales son las demandas en situación actual, mejorada e incorporada.

La demanda predominante en la irrigación Challapampa es de tipo agrícola concerniente a pastos cultivados, a la vez también se considerará el caudal ecológico con fines de mantener la flora en el ámbito del proyecto.

3.8.5.1. Demanda agrícola

Para el proyecto de riego se han identificado un área total de 97.50 Hás, para ser aprovechados con fines de riego por gravedad y aspersión, pero a la vez existen 27.80 Hás de áreas actuales sin riego.

En la tabla se muestran las áreas identificadas previamente según los estudios de agrología y agrosocioeconomía realizados en el ámbito del proyecto que se consideraran para el cálculo de la demanda del Sistema de Riego Challapampa.

Tabla N° 44 Áreas actuales, mejoradas, incorporadas y Total del sistema de riego Challapampa.

AREAS DEL PROYECTO SEGÚN SECTOR										
CULTIVO	Area Actual (has) (*)			Areas Mejoradas (has) (*)			Areas Incorporadas (has) (*)			Area Total (has)
	Gravedad (Central)	Gravedad (Huecco)	Gravedad (Santa Rosa)	Aspercion (Central)	Aspercion (Huecco)	(Santa Rosa)	Aspercion (Central)	Aspercion (Huecco)	Aspercion (Santa Rosa)	
Papa	3	2,5	2	3	2,5	2	6,7	8	7	29,2
Haba	4	5,5	6	4	5,5	6	12,2	12,2	12	51,9
Quinua	2,5	0,8	1,5	2,5	0,8	1,5	4,6	2,5	4,5	16,4
Total	9,5	8,8	9,5	9,5	8,8	9,5	23,5	22,7	23,5	97,50

Fuente: (*) Trabajo de campo del Estudio de Agro socioeconomico del Proyecto

Fuente: Area actuales bajo riego, Papuju y por gravedad del Sector Challapampa Central

3.8.5.2. Evapotranspiración potencial de referencia (ETP)

Para la determinación de la evapotranspiración potencial se utilizó los métodos de Penman Monteith, Blaney – Criddle y Hargreaves en base radiación solar equivalente y temperatura, a partir de la información climática monitoreada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en la estación Yunguyo apoyada con la estación Desaguadero, por ser climatológica principal.

Las variables climatológicas usadas para el cálculo de la evapotranspiración.

Tabla N° 45 Variables climatológicas Usadas para el cálculo de la Evapotranspiración.

N°	VARIABLE	ESTACION YUNGUYO												
		UND	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	Temperatura Media	(°C)	9.25	9.24	9.08	8.39	6.75	5.29	5.03	6.15	7.52	8.72	9.65	9.63
2	Temperatura Mínima	(°C)	3.95	3.86	3.60	2.05	-0.69	-2.46	-2.64	-1.15	0.58	2.10	3.15	3.71
3	Temperatura Máxima	(°C)	14.60	14.61	14.64	14.75	14.16	13.07	12.71	13.61	14.44	15.51	16.08	15.51
4	Humedad Relativa	(%)	68.48	71.48	71.61	65.52	57.13	53.27	55.61	56.13	58.10	56.20	58.27	63.83
5	Evaporacion Total	(mm)	133.42	120.32	123.42	122.19	129.59	124.13	127.66	130.27	130.93	131.98	132.69	139.69
6	Horas de Sol (*)	(has)	6.75	7.00	7.22	8.10	8.25	8.37	8.60	8.60	8.82	8.46	8.46	7.80
7	Velocidad de Viento	(m/s)	2.04	1.75	1.75	1.56	1.88	1.77	1.93	1.93	1.94	1.96	1.93	2.12

(*) Información Meteorológica de la estación YUNGUYO

Tabla N° 46 Evapotranspiración potencial de referencia.

N°	METODOS	UND	MESES												TOTAL
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
1	HARGREAVES POR TEMPERATURA	mm/mes	131.8	106.8	106	94.01	80.84	67.09	70.76	83.51	103	128.4	138.3	148.8	1259.3
2	HARGREAVES POR RAD. SOLAR EQUIVALENTE	mm/mes	103.6	93.51	98.39	88.71	76.49	65.26	69.82	81.29	93.98	108	112.9	111.9	1103.8
3	PENMAN MONTEITH	mm/mes	111.6	98.28	103.2	93	85.56	73.8	78.43	90.83	103.5	120	122.7	121.5	1202.4
4	BLANEY - CRIDDLE	mm/mes	112.5	98.12	106.8	96.05	89.5	79.22	83.21	88.33	93.86	105.4	109.4	114.1	1176.4
5	EVAPORIMETRO DE CUBETA	mm/mes	93.4	84.2	86.4	85.5	90.7	86.9	89.4	91.2	91.6	92.4	92.9	97.8	1082.4
	TOTAL	mm/mes	110.6	96.2	100.2	91.5	84.6	74.5	78.3	87.0	97.2	110.8	115.2	118.8	1164.9

Fuente : Elaboracion Propia

3.8.5.3. Precipitación efectiva (PE)

Localizándose el área de riego en una zona de sierra con una precipitación significativa para la agricultura (secano y bajo riego), es necesario calcular la fracción de la lluvia total que es aprovechada por los cultivos, lo que se conoce como la Precipitación Efectiva, PE.

A partir de la serie de precipitación total mensual de la estación Yunguyo, se ha estimado la precipitación efectiva (PE) mediante las metodologías de USDA S.C y FORMULA FAO/AGLW como un promedio de ambos métodos.

Tabla Nº 47 Precipitación efectiva (PE) total mensual.

CULTIVO	UND	Meses												TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Precipitacion Efectiva (P. Efec.)	mm/mes	123,7	101,9	84,1	26,3	20,9	3,0	2,9	20,4	18,8	27,0	40,2	75,9	544,65

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla Nº 48 Demanda hídrica total del sub sistema Central (Ltr/s).

CULTIVO	AREA (has)	MESES												PROM/TOTAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
MEJORADA	Lit/seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,63	1,99	2,68	1,61	0,609
INCORPORADA	Lit/seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	1,93	5,41	7,04	3,80	1,616
TOTAL	Lit/seg.	0,00	1,62	2,56	7,40	9,72	5,40	2,225						
TOTAL	MMC	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,070							

Fuente : Elaboracion Propia

Tabla Nº 49 Demanda hídrica total del sub sistema Santa Rosa (Ltr/s).

CULTIVO	AREA (has)	MESES												PROM
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
MEJORADA	Lit/seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,87	2,23	2,82	1,38	0,654
INCORPORADA	Lit/seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	1,93	5,37	6,98	3,80	1,608
TOTAL	Lit/seg.	0,00	1,77	2,80	7,60	9,80	5,18	2,262						
TOTAL	MMC	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,072							

Fuente : Elaboracion Propia

Tabla Nº 50 Demanda hídrica total del sub sistema Huecco (Ltr/s).

CULTIVO	AREA (has)	MESES												PROM
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
MEJORADA	Lit/seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,95	2,39	3,02	1,42	0,698
INCORPORADA	Lit/seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,90	5,38	7,02	3,84	1,611
TOTAL	Lit/seg.	0,00	1,80	2,84	7,77	10,04	5,25	2,308						
TOTAL	MMC	0,00	0,01	0,02	0,03	0,01	0,073							

Fuente : Elaboracion Propia

3.8.6. Caudal Ecológico.

Se denomina Caudal ecológico, al volumen mínimo de agua por unidad de tiempo que puede escurrir en forma superficial por un curso fluvial, capaz de garantizar la conservación de la vida acuática fluvial actual y los usos ya establecidos.

En los ríos donde se construyen estructuras hidráulicas de captación (bocatomas), o regulación (embalses), se considera como caudal ecológico, el flujo aguas debajo

de dichas estructuras, cuya cantidad debe permitir la vida acuática en el río, en condiciones adecuadas, así como también satisfacer las necesidades de las poblaciones, animales y vegetales si fuera el caso.

Este caudal también debe permitir la dilución de afluentes, la conducción de sólidos y el mantenimiento de las características estéticas y paisajísticas del medio. Si bien no se indica, que los valores del caudal ecológico serán mantenidos en los periodos de estiaje, queda sobre entendido que el término de caudal ecológico es aplicable para las condiciones más críticas de disponibilidad de agua, es decir para los meses de estiaje (mayo a noviembre). En los meses de diciembre a abril la disponibilidad de agua es mayor, por lo tanto, los caudales ecológicos se verán superados ampliamente.

En el presente caso existen bofedales algunos naturales en pequeñas extensiones los cuales por estar el proyecto casi en la cabecera de la micro cuenca del río Huañacachi a un promedio de altitud de 4300 m.s.n.m. La metodología usada en el presente estudio para el cálculo del caudal ecológico es el propuesto por la Autoridad Nacional del Agua como se describe a continuación:

a. Método de la Autoridad Nacional del Agua

En el Memorando Múltiple 018-2012-ANA-DCPRH-ERH-SUP se define el caudal ecológico y sus metodologías para evaluarlo. Los principales cálculos a realizar son (según numeración del documento):

- Para cursos de agua con caudales medios anuales menores a 20 m³/s, el caudal ecológico será como mínimo el 10 % del caudal medio mensual para la época de avenida, y para la época de estiaje será de un 15 % del caudal medio mensual.
- Para cursos de agua con caudales medios anuales iguales o mayores a 20 m³/s y menores o iguales a 50 m³/s, el caudal ecológico se determinará como un porcentaje del caudal medio mensual siendo este el 10 % para la época de avenidas, y para la época de estiaje será de un 12 % del caudal medio mensual.

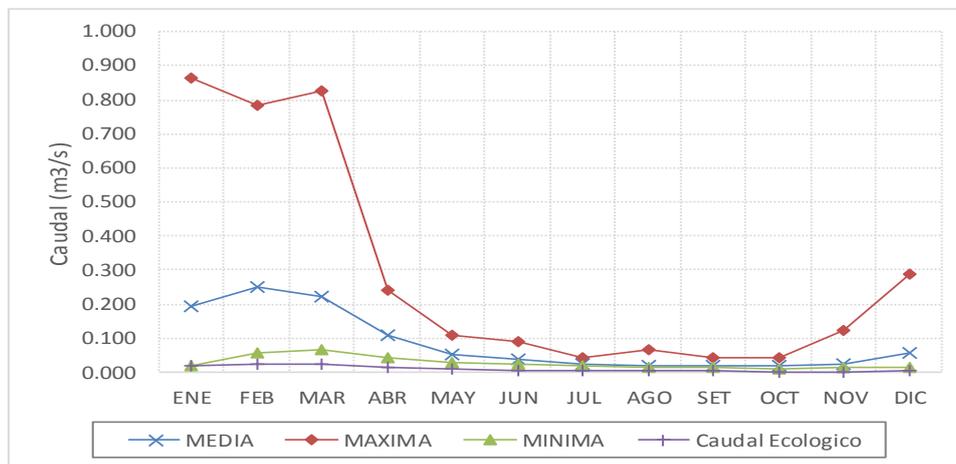
- Para cursos de agua con caudales medios anuales mayores a 50 m³/s, el caudal ecológico corresponderá al 10 % del caudal medio mensual para todos los meses del año.

Tabla N° 51 Caudal ecológico mediante metodología propuesta por el ANA.

Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	TOTAL
(m ³ /s)	0.019	0.025	0.022	0.016	0.008	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.005	0.01	
MMC	0.052	0.061	0.060	0.042	0.022	0.014	0.010	0.008	0.008	0.005	0.005	0.015		0.30

Fuente: elaboración propia en base a metodología del ANA.

Figura N° 42 Comparación del caudal mensual y el caudal ecológico.



3.8.7. Balance hídrico mensualizado

3.8.7.1. Oferta hídrica.

La microcuenca en estudio hasta el punto de captación denominado con el mismo nombre del río Huañacachi, posee un área de drenaje de 8.55 km² y tiene un régimen hidrológico regular durante todo el año.

En este cauce de escurrimiento natural no existe punto de aforo, por consiguiente, no se tiene disponible los registros de caudal. Entonces, Utilizando el modelo hidrológico GR2M se ha generado caudales medios ubicado en el punto de captación correspondientes al periodo 1964 – 2017.

Tabla N° 52 Oferta hídrica a distintos niveles de persistencia en la Captación Huañacachi. (Ltr/s).

PROB	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
Media	192.4	250.7	223.7	107.6	53.8	35.9	24.5	20.9	19.7	19.6	25.6	54.6	85.7
P(25%)	256.1	312.6	314.2	131.6	62.1	39.5	27.0	22.4	22.3	23.2	28.8	65.3	108.8
P(50%)	168.8	201.1	183.1	96.8	51.4	33.8	23.6	19.5	18.2	17.5	20.5	39.7	72.8
P(75%)	74.8	131.7	128.7	69.9	42.3	28.4	20.4	16.4	15.5	14.7	18.0	25.4	48.9
P(90%)	37.2	95.9	89.4	60.7	34.6	25.2	18.5	15.5	14.5	13.0	14.1	18.0	36.4

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla Nº 53 Oferta hídrica de los manantiales Papujo y Nuñomani.

Manantial	Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	TOTAL
Pajujo	(m ³ /s)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	
	MMC	0.027	0.024	0.027	0.026	0.027	0.026	0.027	0.027	0.026	0.027	0.026	0.027		0.32
Nuñomani	(m ³ /s)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	
	MMC	0.027	0.024	0.027	0.026	0.027	0.026	0.027	0.027	0.026	0.027	0.026	0.027		0.32

Fuente: elaboración propia en base a aforos en épocas de estiaje.

3.8. Estudio de Geología y Geotecnia

3.8.1. Metodología de trabajo

La metodología definida para el estudio geológico – geotécnico, comprende básicamente en una investigación de campo a lo largo de la zona en estudio, mediante pozos exploratorios a cielo abierto como calicatas con la finalidad de obtener muestras representativas en cantidades suficientes, las que serán objeto de ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizaron las labores de gabinete, para consignar luego en forma gráfica y escrita los resultados del estudio en el presente informe

Recopilación de datos

- Recopilación bibliográfica, selección y evaluación de la información general desde el punto de vista geológico-geotécnico.
- Análisis y evaluación de la documentación referente al proyecto.
- Obtención de información geológica-geotécnica, cartográfica y topográfica existente

Trabajos de campo

Se realizó la identificación y evaluación de las características geológicas y geomorfológicas en el área de intervención del proyecto, emplazándolo en un sistema de mapeo geológico, mediante la caracterización geomecánica – estructural de los macizos rocosos, realizando ensayos de campo, control

estructural de diaclasas, fallas, identificando posibles zonas de riesgo que podrían influenciar en la estabilidad de taludes; así mismo, paralelamente se efectúa una campaña de exploración geotécnica mediante la apertura de pozos exploratorios o calicatas ubicadas sistemáticamente de acuerdo a la magnitud del proyecto, para luego realizar el muestreo respectivo determinando la estratigrafía de los suelos considerados como sub-rasante o terrenos de fundación. Posteriormente se identifican y evalúan las áreas potenciales para materiales de préstamo como canteras de relleno, agregados y rocas, una vez cuantificadas de acuerdo a la magnitud del proyecto se muestrea el material para su análisis correspondiente, así mismo, se ubica los puntos de botaderos y fuentes de agua para el proceso constructivo del proyecto.

Trabajos de gabinete

Con los datos obtenidos en las campañas de exploración de campo se efectúan:

- Interpretación de la geología, geomorfología y geotecnia del subsuelo de la zona del emplazamiento del proyecto.
- Interpretación, análisis y evaluación de los parámetros físicos de las muestras de suelos y rocas sometidos a diferentes ensayos en laboratorio de mecánica de suelos.
- Elaboración de modelos estáticos y dinámicos del análisis de estabilidad de taludes para las estructuras importantes del proyecto.
- Elaboración de los planos, perfiles y secciones geológicas respectivas.
- Elaboración del informe final del estudio.

3.8.2. Geomorfología

3.8.2.1. Geomorfología regional

La complejidad geomorfológica regional que presenta la zona de estudio, está íntimamente ligada a la evolución paleogeográfica del altiplano y especialmente a la tectónica de la Cordillera Occidental, los cuales muestran una zonación geomorfológica y estructural NO-SE muy nítida, dando lugar a grandes unidades como la Cordillera Occidental y la meseta altiplánica.

El proyecto regionalmente se ubica dentro de la Meseta Altiplánica (Altiplano Occidental), en la zona de transición del altiplano a la cordillera Occidental, que en gran parte corresponde a la cuenca del Lago Titicaca, la cual se desarrolla desde llanuras altiplánicas, colinas y mesetas altas con alturas variables desde los 3850 y 4300 m.s.n.m.

Así como la evolución geomorfológica estuvo ligada a los procesos tectónicos y la acción climática, los procesos geomórficos tuvieron lugar a su intervención en la modelación fisiográfica de las actuales formas topográficas dando lugar a los factores de erosión glacial, procesos de erosión eólica, meteorización física y química; por lo tanto, La morfología de la zona de estudio muestra llanuras altiplánicas poco frecuentes, sin embargo, encontramos valles, microcuencas con bofedales poco frecuentes, desarrollo de laderas con pendientes pronunciadas, los cuales son muy importantes para determinar la relación Morfología – Litología, dado que en gran parte de la zona de estudio se encuentran conformado por rocas sedimentarias y volcánico-sedimentarias.

3.8.2.2. Agentes y factores de modelamiento geomorfológico:

Los agentes y factores del modelamiento geomorfológico que se manifestaron en la zona del proyecto en las diversas épocas geológicas son:

Tectónicos

La tectónica de la zona, con presencia de fallamientos y movimientos epirogenéticos, han modelado la superficie en el cretáceo superior Chíncha-Lluta y Tapacocha-Conchao-Cocachacra que predominó hacia el este y durante el Eoceno las deformaciones que trajo los sistemas de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo hacia el sur.

Actualmente en la zona de proyecto se puede apreciar un sistema regional que obedecen a lineamientos con dirección NO-SE, los que demarcan las estructuras como controladores pasivos en los procesos morfo dinámicos actuales.

Volcánicos

La configuración morfológica del área se debe también a la efusión volcánica de la antigua cuenca occidental del sur del Perú que comenzó a individualizarse en el jurásico inferior con el inicio del arco volcánico Chocolate, y el relleno sedimentario

con carbonatos, turbiditas y sílico-clásticos hasta el cretáceo inferior formando conos y planicies lávicas con direcciones de flujo notorias, pasando a invertirse en el cretácico superior levantándose los dominios costeros y predominando cada vez más de la sedimentación continental, estas morfologías se pueden apreciar en afloramientos rocosos del Gpo. Barroso y la Fm. Capillune.

Hidroclimáticos

Durante la última glaciación y la actual desglaciación se produjeron períodos climáticos de altas precipitaciones que son los principales agentes del desgaste y modelado. Actualmente estos agentes son los más relevantes en los procesos morfodinámicos, las precipitaciones desarrollan los procesos erosivos actuales más importantes en la zona donde se ubica nuestro proyecto, así mismo, el clima de la zona está influenciado principalmente por la orografía y la altitud, donde las precipitaciones son estacionales, presentándose durante los meses de verano (Diciembre – Marzo), período en el cual ocurre alrededor del 80 al 85% de la precipitación total anual.

Las temperaturas presentan una fuerte variación entre el día y la noche, siendo más notorio durante los meses de invierno, cuando el cielo está despejado de nubosidad la temperatura haciendo en unos 23 °C y durante las noches la temperatura desciende por debajo de -10 °C.

Por lo tanto, el modelado de la zona actualmente está íntimamente ligado al factor climático, y los procesos geodinámicos se dan con mayor énfasis en periodos de avenidas, y los procesos de crioclastia en periodos invernales.

Eólicos

Estos son de importancia en la zona debido a la escasa cobertura vegetal, en la parte alta afloramientos líticos y la orientación topográfica que protege del desarrollo de las corrientes y trombas que ocurren en las planicies.

Sin embargo, los vientos generados por las diferencias de presión, durante el día y la noche, son persistentes e influyen en la erosión laminar de laderas descubiertas.

3.8.3. Geomorfología local

El área en estudio se emplaza directamente en el dominio geomorfológico de la meseta altiplánica – occidental, en donde destacan unidades geomorficas bien definidas que conforman una topografía muy variada de diferentes pendientes.

El terreno en estudio muestra un claro desarrollo de superficies onduladas, planas y agrestes los cuales indican la intervención modelante de los procesos erosivos de degradación y los procesos acumulativos de agradación, cuya secuencia de conformación está dada a partir de la presencia del material sedimentario – volcánico de la Formación Capillune y el Grupo Barroso de donde se produce una intensa erosión lineal, dando lugar a valles en forma de “V” posteriormente debido a procesos tectónicos y a fenómenos climáticos, se constituyen los depósitos Fluvio– aluviales y coluviales del cuaternario reciente. En efecto, este accidente geomorfológico a controlado las condiciones climáticas de la zona, formando microcuencas alimentados por riachuelos locales que conforman transversalmente morfologías agrestes, onduladas, planas y tipo meandros creando zonas hidromorficas con dirección NO-SE, presentando como característica una variedad de relieves, los cuales se clasificaran en unidades geomorfológicas de acuerdo a su composición, comportamiento, pendientes y otros.

3.8.3.1. Unidades geomorfológicas locales:

Durante los trabajos de campo se ha podido identificar tres sistemas geomorfológicos (Antrópico, Fluvial, y Volcánico - Montañoso), los mismos que contienen 8 unidades geomorfológicas, las que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla N° 54 Unidades Geomorfológicas.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
SISTEMAS	UNIDADES
ANTRÓPICO	Vías de Acceso Viviendas

FLUVIAL	Lecho Fluvial Terrazas Aluviales Bofedales
VOLCÁNICO - MONTAÑOSO	Laderas Pie de Monte Planicies

3.8.3.2. Sistema antrópico:

Está constituido por las construcciones y/o modificaciones efectuadas en la superficie tales como:

- a) Vías de acceso local.
- b) Viviendas comunales.

3.8.3.3. Sistema fluvial:

Este sistema contiene unidades que tienen relación directa con el escurrimiento superficial de las aguas, dichas unidades son:

- a) **LECHO FLUVIAL:** Están situados en el fondo de los valles y quebradas, son denominados los afluentes principales y secundarios del área donde se emplaza el proyecto, en este caso los ríos Huañacahi, Huaripujo y otros afluentes que discurren distancias cortas ya que desembocan en la vertiente endorreica del Titicaca. Estos discurren en direcciones de Noroeste (NW) a Sureste (SE), siendo de gran importancia para la biodiversidad de la zona. Esta unidad Geomorfológica muestra materiales de arrastre fluvial, compuestos por cantos rodados subredondeados y redondeados, así como, gravas, arenas y limos.
 - Esta unidad geomorfológica aflora en el trazo de la línea de conducción Sector Huecco, desde el km 0+315 al 0+330, así mismo, del km 2+310 hasta el km 2+330.
 - También se aprecia en el trazo de la línea de conducción sector central, los primeros km 0+100, y desde el km 1+200 hasta el km 1+220.
- b) **TERRAZAS ALUVIALES:** Esta unidad geomorfológica se muestra como plataformas onduladas o mesetas constituidas por suelo residual alóctono

transportado y acumulaciones de sedimentos, estas terrazas están formadas por materiales granulares heterogéneos y finos superpuestos tales como cantos rodados (bolones), gravas, arenas y suelos cohesivos. Dentro de esta unidad, se desarrolla la producción agrícola, aprovechando su relieve y las propiedades químicas y físicas de los suelos.

- Estas terrazas afloran en el trazo de línea de conducción sector Huecco desde el km 0+000 al 1+250, así como en los primeros 0+375 km de la línea de conducción del Sector central y en gran parte del área de riego del proyecto.

c) BOFEDALES Esta unidad está constituida generalmente por áreas hidromórficas de origen lacustre, se caracteriza por la presencia del agua durante gran parte del año y presenta una topografía plana-ondulada con escasa pendiente de drenaje. Los bofedales en lo que abarca el proyecto son de poca extensión y están compuestos por arenas, limos, arcillas y parcialmente gravas y clastos de rocas.

- Esta unidad se puede apreciar en los primeros 0+800 km y desde el 1+100 hasta el km 1+270 de la línea de conducción del sector Huecco, así mismo, los primeros 0+ 370 km de la línea de conducción del sector Central.

3.8.4. Sistema volcánico-montañoso:

Está constituido por geformas originadas por edificación tectónica y volcánica; así como, originadas por denudación muy relacionada con la composición litológica.

Se pueden distinguir las siguientes unidades:

a) LADERAS: Podemos distinguir dos clasificaciones dentro de esta unidad como son las laderas Altas, que contempla esencialmente las áreas elevadas que poseen una pendiente mayor a 25° y las áreas que poseen un pendiente menor a 25° con respecto a su relieve se consideran laderas bajas.

Las laderas que se aprecian en la zona del proyecto corresponden principalmente a macizos rocosos pertenecientes a la Fm. Capillune y Gpo. Barroso.

Esta unidad geomorfológica es muy influyente en lo que abarca el proyecto, ya que las estructuras de reservorios y líneas de conducción se ubican sobre ella.

b) PIE DE MONTE: Son las acumulaciones de materiales inconsolidados generalmente material coluvial, en las zonas de unión entre las montañas y planicies, este depositario se produce cuando estas partículas sueltas pierden su energía potencial debido a la disminución del ángulo de la pendiente.

c) PLANICIES: Estas unidades corresponden a los terrenos conformadas por bajas pendientes de 0° a 5°, los cuales se originaron principalmente por la acción acumulativa de agentes erosivos externos, así como la transgresión y regresión del lago.

Estas planicies están compuestas generalmente por acumulación de sedimentos clásticos, gravas, arenas, cantos rodados, con matriz limosa.

3.9. Geología

La geología regional está constituida por rocas del Cenozoico, que comprenden desde el Neógeno hasta el cuaternario reciente, formados en una actividad volcánica intensa en gran parte de la zona sur de la región que comprenden secuencias volcánicas con ocurrencias de flujos lávicos que ahora conocemos como el grupo Barroso, posteriormente ocurre una peneplanización con fuerte erosión que es representado con secuencias sedimentarias y volcano-sedimentarias representados por la formación Capillune y las formaciones holocénicas .

3.9.1. Marco geológico local

La geología de la zona del proyecto, está ubicada dentro del cuadrángulo de Juli (33-y), por lo que la litología está comprendida básicamente por rocas piroclásticas volcánico-sedimentarias y sedimentarias. Se han identificado afloramientos rocosos que pertenecen a la era Cenozoica sobre las cuales se emplazaran y cimentaran las estructuras que se plantean para la ejecución del proyecto.

En el área del Proyecto se han reconocido rocas con una secuencia litológica que está comprendida por las siguientes unidades estratigráficas: Formación Capillune, Grupo Barroso y depósitos Cuaternarios, como aluviales, bofedales y coluviales.

En el siguiente Ítem se describe, los principales afloramientos rocosos circundantes, en un área de influencia del proyecto. La descripción se efectúa en base a la información obtenida a partir de mapas regionales a escala 1:50000 del INGEMMET.

Figura N°43 Unidades Litoestratigráficas.

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS						
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOLÓGICAS			
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Qh-bo		Dep. Bofedales	Áreas hidromorficas compuesto por limos-arcillosos, arenas y parcialmente gravas.
			Qh-al		Dep. Aluviales.	Sedimentos cuaternarios recientes compuesto por gravas, limos y arenas englobados en una matriz arcillo-limosa.
	Neógeno	Plioceno	N-ba/an,dp		Gpo. Barroso	Aglomerados de tobas andesíticas craqueladas y muy alteradas, y dacitas porfíricas alteradas.
			N-ca		Fm. Capillune	Piroclastos retrabajados en niveles de tobas, areniscas-conglomerados en matriz tobacea, lodolitas y fragmentos líticos volcánicos.

3.9.2. Estratigrafía

CENOZOICO - NEÓGENO

FORMACIÓN CAPILLUNE (N-ca).

Esta unidad litoestratigráfica suspryace en discordancia erosional al Volcánico Tacaza y en débil discordancia o concordantemente al Volcánico Sencca (Plioceno inferior a medio), e infrayace en discordancia erosional manifiesta al Volcánico Barroso del Pleistoceno, por tanto, se le asigna una edad Plioceno superior.

Esta formación está constituida por una serie alternante de tobas retrabajadas a areniscas conglomerádicas dentro de una matriz tufácea, cuyos elementos son subangulosos a subredondeados, también constituyen niveles de areniscas arcósicas de grano fino pobremente diagenizadas con colores grises a amarillentos que mayormente se presentan en capas de 30 a 40 cm, arcillas blanco-amarillentas en capas delgadas; también es frecuente la ocurrencia de rocas piroclásticas

consistentes en tufos líticos y lapilli, se presentan en bancos de carácter lenticular dentro de la secuencia.

En el área de estudio, se puede apreciar con claridad el afloramiento de estos macizos rocosos en los reservorios de los sectores Huecco y Central del Proyectos.

Figura N°44 Afloramiento de tobas retrabajadas a areniscas arcósicas con matriz tufácea de la Formación Capillune.



Grupo barroso (N-ba/an,dp)

Esta unidad litológica estratigráficamente se encuentra bien marcada por discordancias con las unidades tanto infrayacentes como suprayacentes. Suprayacen a los clásticos de la formación Capillune del Terciario tardío e infrayacen al Cuaternario reciente; además, esta unidad se encuentra afectada por las glaciaciones del Pleistoceno, que han destruído parte de las formas cónicas y cumbres de las cadenas de cerros con la consecuente formación de morrenas y otros depósitos glaciáricos.

Estas rocas presentan un buzamiento de alto ángulo (50°-60°) alrededor de los conos o en las crestas de las cadenas de cerros. Dichos buzamientos van

disminuyendo hacia la periferie hasta ponerse horizontales en los lugares más alejados donde, finalmente, se acomodan rellenando la superficie Capillune o superficies más antiguas.

Esta unidad presenta variaciones litológicas aún en área próximas, cambiando de una fase andesítica-traquítica a una traquiandesítica, lo cual está constituida por una alternancia de andesitas, dacitas porfiríticas y traquiandesitas de color gris, afaníticos y faneríticos de estructura masiva, y conglomerados dentro de una matriz tufácea de coloración ligeramente rojiza, estos macizos rocosos se exponen en bancos de 8 a 10 m.

Estructuralmente, estas masas extrusivas se presentan intensamente fracturadas y afectadas por fallas del tipo tensional, las mismas que ponen de manifiesto un pequeño desplazamiento vertical. El manifiesto del gran desclasamiento que presentan estos macizos rocosos, a través de dichas fracturas permiten una circulación fácil de las aguas meteóricas originando acuíferos muy importantes en las rocas subyacentes, constituidas por materiales clásticos con capas impermeables.

Figura N°45 Afloramiento de rocas andesitas y traquiandesitas intensamente fracturadas y alteradas del Grupo Barroso.



CENOZOICO – CUATERNARIO

Son materiales datados en el sistema Cuaternario en la serie Holocénica, estas abarcan extensiones relativamente medianas debido a que su formación es reciente constituido por arenas, gravas, limos, que abarcan un espesor considerable llegando hasta los 20 m de profundidad, formados por el flujo del agua, corrientes laminares y deslizamientos de materiales. Se caracterizan esencialmente por ser suelos no consolidados.

depósitos aluviales (Qh-al).

Estos depósitos se emplazan básicamente en la llanura de la cuenca del Lago Titicaca, en particular de sus afluentes (los ríos Huañacachi y Huaripujo) los que intervienen en forma masiva en el área inundable; están constituidos por acumulación de sedimentos clásticos-alóctonos derivados y transportados de rocas volcánico-sedimentarias, generados por la esorrentía pluvial que ha desgastado las laderas y la acción de transgresión y regresión del Lago formando lechos fluviales y terrazas aluviales respectivamente, generando suelos no compactos y semi-compactos sin estructura estratificada definida, que predominantemente van desde suelos permeables a semi impermeables. Suelos compuestos por materiales friables de textura granular cantos rodados y gravas englobados en una matriz limo arenosa, la geometría de los elementos presentan formas que varían entre sub angulosas a sub redondeadas.

Figura N°46 Afloramiento de Depósitos Cuaternarios formando terrazas fluviales.



Depósitos bofedales (qh-bo)

Conformados por áreas hidromórficas compuesto por arenas, gravas y limos orgánicos en áreas depresionadas aisladas, presentan niveles de material granular como son las gravas subredondeadas a subangulosas con materia orgánica en proceso de descomposición que están presentes a lo largo de la gran mayoría de los meses del año, donde se acumulan aguajales, predominantemente en las zonas de planicie comúnmente denominadas pampas.

Los afloramientos de estos depósitos son trascendentes en nuestro proyecto, ya que condicionan los trazos de líneas de conducción y captación de los sectores Huecco y Central respectivamente.

Figura N°47 Afloramiento de Depósitos de Bofedal.



3.9.3. Geología estructural

Durante el Mioceno, en el Altiplano se ha manifestado una actividad tectónica-volcánica de la fase Quechua, en donde la actividad volcánica explosiva fue intensa en la Cordillera Occidental, desarrollándose una gruesa y variada secuencia de piroclásticos mezclados en muchos lugares con sedimentos lacustrinos. Las series volcánico-sedimentarias del Oligoceno llegan hasta el Mioceno inferior (cubriendo a las estructuras fini-eocénicas) casi sin discordancias mayores; de allí entonces que se puede ubicar las deformaciones importantes después de la fase incaica en los tiempos del Mioceno medio.

La actividad tectónica intra-miocénica, parece no manifestarse por estructuras de pliegues, sino por una epirogénesis responsable de una fuerte erosión los que han modificado sustancialmente su estructura y forma original, generando la superficie Puna.

Posterior a esta erosión, durante el Mioceno superior, es cuando la actividad explosiva se hace intensa; lo cual en el Plioceno temprano se dio un renovado levantamiento de los Andes, llegando a alturas que sobrepasan los 3,000 m., acompañado por una actividad volcánica principalmente andesíticas y tobáceas, series volcánicas con faces explosivas y efusivas que sepultan a la superficie Puna, al que se les observa rellenando valles y/o superficies preestablecidas formando estrato-volcanos. En donde rocas volcánicas del Mioceno superior son cubiertas en discordancia por ignimbritas, lo que indica que una nueva fase tectónica Quechua se habría dado en el Mioceno terminal entre los 10 y 9 M.A.

El levantamiento y las deformaciones varían en el tiempo y en las diferentes latitudes, intercalándose períodos de quietud que tienen una mayor duración donde se formaban las superficies de erosión, y al tiempo que se levantaba la Cordillera de los Andes se profundizaban los valles, siguiendo un control estructural débilmente delineado por estructuras de diaclasas, lineamientos y estriamientos que tienen una orientación preferencial con respecto a su buzamiento, producto del vulcanismo fisural del tipo explosivo ácido.

Finalmente, los fenómenos de Geodinámica Externa modelaron la superficie actual mediante las corrientes fluviales y deslizamientos que profundizaron los valles formando depresiones, arrastrando y transportando al mismo tiempo materiales en grandes volúmenes, los que se han ido acumulando en las estribaciones bajas, formando los pies de monte, abanicos aluviales, terrazas aluviales, etc. Este fenómeno tiene presencia en la actualidad por acción erosiva de la corriente de los ríos Huañacachi y Huaripujo, debido al incremento de su caudal y su tendencia meándrica; por cuanto mayor es su volumen y velocidad mayor es su poder erosivo esto depende del pendiente del río, afectando el talud inferior y originando la destrucción parcial de las terrazas de ambos márgenes del río.

El área de estudio no presenta estructuras mayores de fallamientos y/o lineamientos regionales activos, lo cual nos muestra condiciones estructurales

superficiales-estables, sin embargo, se deberá de tomar en cuenta las condiciones de erosión intersticial y fisicoquímico de los macizos rocosos, los que pueden alterar las condiciones de estabilidad de taludes en ámbito local.

3.9.4. Geotécnia

Generalidades

Con el fin de dar una visión geotécnica de los factores a tener en cuenta en el diseño y construcción de las cimentaciones del proyecto, se detallarán los datos más relevantes para la correcta construcción del proyecto, mediante una campaña de actividades que permitan descifrar la naturaleza del terreno, sus características y parámetros geotécnicos, posteriormente definir el tipo de solución a aplicar y evitar posibles problemas en faces constructivos del proyecto.

Metodología

Para realizar el estudio geotécnico se parte de una campaña de prospección y reconocimiento de terreno, realizando ensayos de campo y tomando muestras para su ensayo en laboratorio, que posteriormente nos permitirán definir los parámetros geotécnicos característicos. Para lo cual se planteó dos etapas de trabajo:

- a) PRIMERA ETAPA:** Una vez elaborado un programa de sondeos geotécnicos para cada una de las estructuras de los tres sectores de riego del proyecto, se realiza una campaña de muestreo sistemático en lugares estratégicos y representativos, para esto se procede a efectuar exploraciones mediante calicatas a cielo abierto, explorándose una cierta cantidad de calicatas de acuerdo a la longitud de tramo de cada estructura y de acuerdo a la litología presente en el sistema de riego; la profundidad alcanzada de las calicatas obedece a la intensidad y tipos de carga que serán transmitidos en el sub-suelo, llegando hasta 1.50 m. de profundidad, la ubicación de las calicatas nos permiten obtener una información confiable y representativa de los suelos potencialmente consideradas como sub-rasante.

Posteriormente se toma muestras de cada nivel y/o estrato encontrado en cada calicata para remitirlas al laboratorio de suelos y concretos, depositándolas en bolsas de polietileno con su respectiva tarjeta de identificación.

- b) SEGUNDA ETAPA:** Consiste en la ejecución de ensayos de muestras en laboratorio de mecánica de suelos y concreto, para luego determinar los parámetros y características geotécnicas de los suelos de fundación mediante una determinación cualitativa y cuantitativa a partir de los resultados obtenidos en laboratorio.

Finalmente, se interpretan los resultados y se procede a la preparación del informe correspondiente.

3.9.4.1. Ensayos de mecánica de suelos

Los trabajos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concretos , consisten en realizar y aplicar diferentes ensayos (de acuerdo a los parámetros de diseño que se requieren) a cada de muestras obtenidas de las diferentes calicatas exploradas en el campo.

Las estructuras de riego para las que se aplicaron y analizaron los ensayos correspondientes son:

- Captaciones.
- Bocatoma.
- Líneas de Conducción
- Reservorios.

Los ensayos de laboratorio que se emplearon se detallan a continuación:

Tabla Nº 55 Ensayos de Laboratorio para las estructuras

ESTRUCTURA	NOMBRE DEL ENSAYO
BOCATOMA, CAPTACIONES, LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y RESERVORIOS	Humedad natural ASTM D-2216.
	Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
	Determinación del límite líquido ASTM D-4318.
	Determinación del límite plástico ASTM D-4318
	Densidad Natural ASTM D-1556.

	Peso Específico Relativo de Sólidos (ASTM D854)
	Análisis granulométrico por tamizado MTC E-204 (para agregados)

En base a los ensayos de laboratorio se realizaron la clasificación de suelos de acuerdo a las normativas SUCS y AASHTO, según lo siguiente:

Tabla Nº 56 Clasificación de Suelos - SUCS.

CLASIFICACIÓN SUELOS - SUCS	
CLASIFICACIÓN	NOMBRE CLÁSICO
GW	GRABA BIEN GRADUADA
GP	GRAVA POBREMENTE GRADUADA
GM	GRAVA LIMOSA
GC	GRAVA ARCILLOSA
SW	ARENA BIEN GRADUADA
SP	ARENA POBREMENTE GRADUADA
SM	ARENA LIMOSA
SC	ARENA ARCILLOSA
ML	LIMOS DE BAJA PLASTICIDAD
CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
OL	ARCILLAS LIMOSAS DE BAJA COMPRESIBILIDAD
MH	LIMOS DE ALTA PLASTICIDAD
CH	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD
OH	LIMOS Y ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD
PT	TURBAS

Tabla Nº 57 Clasificación de Suelos - AASHTO.

CLASIFICACIÓN SUELOS - AASHTO		
CLASIFICACIÓN EN GRUPOS		MATERIALES QUE CONSTITUYEN FUNDAMENTALMENTE ESTOS GRUPOS
A-1	A-1-a	FRAGMENTOS DE PIEDRA, GRAVA Y ARENAS
	A-2-b	
A-3		ARENA FINA
A-2	A-2-4	GRAVA ARENA LIMOSA O ARENASAS
	A-2-5	
	A-2-6	
	A-2-7	
A-4		SUELOS LIMOSOS
A-5		
A-6		SUELOS ARCILLOSOS
A-7	A-7-5	
	A-7-6	

3.9.4.2. Análisis de cimentación

a) CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO:

Para la determinación de la Capacidad de carga en suelo q_{adm} debajo de la cimentación de las estructuras, se deberá calcular a partir de criterios de asentamiento admisible del terreno, las cuales serán determinadas, teniendo en cuenta la profundidad de desplante a la cual serán colocadas la cimentación, de acuerdo a las exploraciones efectuadas se cimentarán sobre diferentes tipos de suelos.

Para la determinación de carga de hundimiento del suelo, debajo de la cimentación, se calcula en base a las características del suelo, los cuales serán determinados mediante trabajos de campo y laboratorio. Las variaciones de los factores de capacidad de carga están en función del ángulo de fricción interna del suelo (ϕ) y su cohesión (c).

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_γ : Factores de capacidad de carga
- γ : Densidad natural.
- D_f : Profundidad de desplante
- B : Ancho de la cimentación.

La capacidad admisible de carga es calculada 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.

b) CAPACIDAD PORTANTE EN ROCA:

De la misma manera que en cimentaciones en suelos se calcula la carga de hundimiento utilizando el criterio de Mohr-Coulomb, se puede obtener la carga que produce deformaciones plásticas en un macizo rocoso según el método analítico desarrollado por Serrano y Olalla (2001), en aquellos casos en los que el medio rocoso es homogéneo e isótropo; es decir, los grupos I, IV y V de Hoek y Brown mostrados en la Figura siguiente, cuyo comportamiento sigue el criterio de rotura de estos autores.

Figura N° 48 Representación simplificada de la influencia de la Escala en el comportamiento del macizo rocoso para el diseño de cimentaciones superficiales.

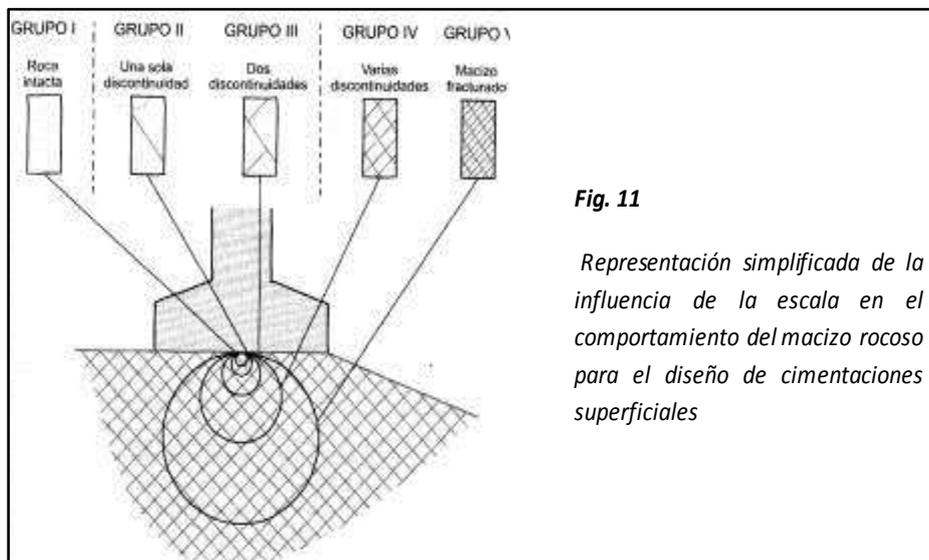


Fig. 11

Representación simplificada de la influencia de la escala en el comportamiento del macizo rocoso para el diseño de cimentaciones superficiales

Para casos simplificados, el método analítico citado se encuentra resuelto mediante ábacos de entrada directa. La definición geométrica empleada se representa en la Figura siguiente donde:

Figura N° 49 Definición geométrica empleada en la determinación de las presiones admisibles en roca.

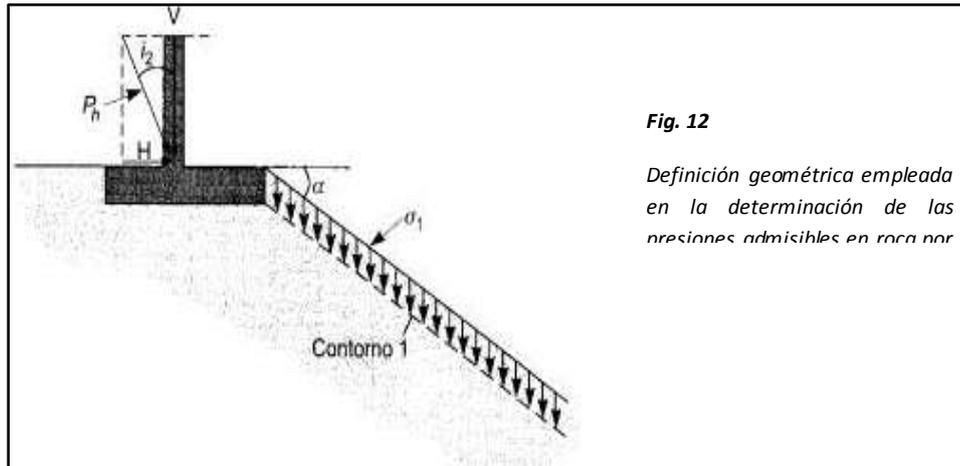


Fig. 12

Definición geométrica empleada en la determinación de las presiones admisibles en roca por

- carga de hundimiento buscada.
- i_2 = inclinación de la carga con respecto a la vertical.
- σ_1 = presión vertical actuante en el "contorno 1", situado junto a la cimentación; corresponde en el caso simplificado a la sobrecarga de tierras por encima de la base de la zapata.
- α = inclinación de la superficie del terreno junto a la zapata (contorno 1)

La expresión que proporciona la carga de hundimiento, P_h , es:

$$P_h = \beta(N_\beta - \zeta)$$

En donde:

$$\beta = \frac{m\sigma_{ci}}{8} = \frac{m_i\sigma_{ci}}{8} \exp \frac{RMR-100}{28}$$

$$\zeta = \frac{8s}{m^2} = \frac{8}{m_i^2} \exp \frac{RMR-100}{25,2}$$

Siendo m , s y m_i , los parámetros del criterio de Hoek y Brown y σ_{ci} el valor de la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa. El coeficiente de carga N_β es una generalización de los parámetros N_c y N_i de Pradal; en función de la inclinación del terreno, de la inclinación de las cargas y de la sobrecarga externa normalizada actuando alrededor de la cimentación.

Sin entrar en consideraciones respecto al análisis de asientos, que podrían determinar en algún caso singular el diseño de las cimentaciones en roca, es necesario establecer la carga admisible, dividiendo la carga de hundimiento, **Ph**, por un coeficiente de seguridad global. **F**, que puede expresarse como producto de dos factores:

$$F = F_p F_m$$

El factor **F_p** considera las variaciones estadísticas de los parámetros de la roca y su magnitud está también vinculada a la probabilidad de rotura del cimiento. El factor **F_m** cubre la posibilidad de que la rotura por fragilidad, de una parte, o de la totalidad del cimiento, no se ajuste al modelo de Hoek y Brown.

Valores del coeficiente de carga de hundimiento N_β en superficie del terreno horizontal:

Figura Nº 50 Valores de coeficiente de carga de hundimiento N_β en función de la carga exterior normalizada y del ángulo de inclinación de sus cargas.

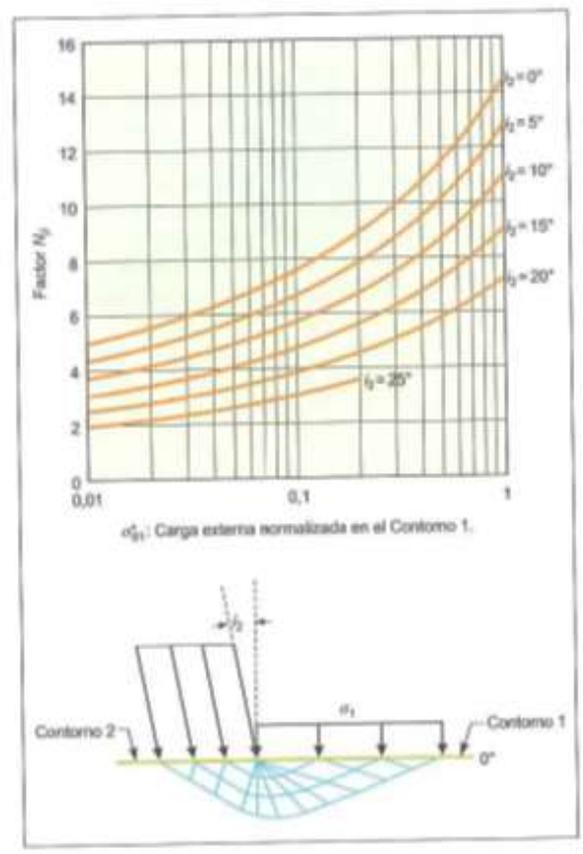
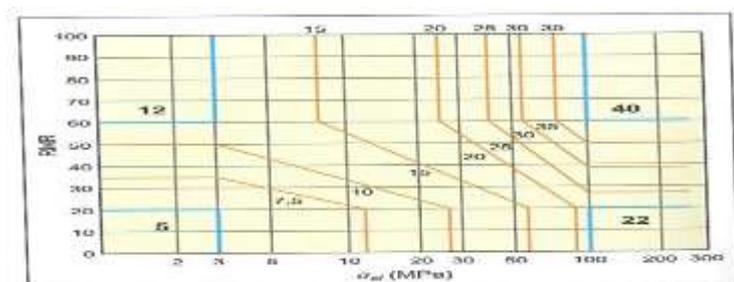


Figura Nº 51 Coeficiente de seguridad parcial F_p para una probabilidad de rotura $< 10^{-4}$.



3.9.4.3. Análisis de estabilidad de taludes:

Un talud o ladera natural es una masa de suelo y/o macizo rocoso que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación de pendiente actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se manifiesta como una porción de vertiente natural cuyo perfil original ha sido modificado con intervenciones artificiales relevantes con respecto a la estabilidad. La estabilidad de un talud es la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento.

Por lo tanto, el principal objetivo de la estabilización de taludes será asegurar la permanencia de un terreno con una suficiente resistencia a la acción destructora y deformante de las cargas.

Para resolver un problema de inestabilidad de talud, como primera medida es necesario tomar en cuenta las caracterizaciones de campo, el comportamiento del terreno y consecuentemente definir criterios de estabilidad de taludes, cuantificando la inclinación apropiada de un corte o terraplén para que se sostenga el tiempo necesario sin fallar o colapsar.

3.9.4.4. Variables que rigen la estabilidad de talud

La estabilidad o inestabilidad de un talud básicamente representa la relación que existe entre las acciones estabilizadoras que ofrece el terreno sobre las acciones desestabilizadoras que ejercen los fenómenos naturales como antrópicos.

- Las acciones estabilizadoras, están directamente relacionadas con las propiedades y parámetros de resistencia que ofrece un terreno, ángulo de rozamiento interno, cohesión, resistencia al corte, resistencia a la sujeción, y fuerzas estabilizadoras externas que generen fuerzas de empuje frente a una carga cizallante.
- Por otro lado, las acciones desestabilizadoras comprenden en un principio de todas las fuerzas que se generan por efecto de la gravedad sobre el terreno, las presiones positivas del agua intersticial, las acciones de fuerzas erosivas climáticas, y las fuerzas de cargas externas deformantes.

Figura N° 52 Acciones estabilizadoras y desestabilizadoras en la estabilidad de taludes.

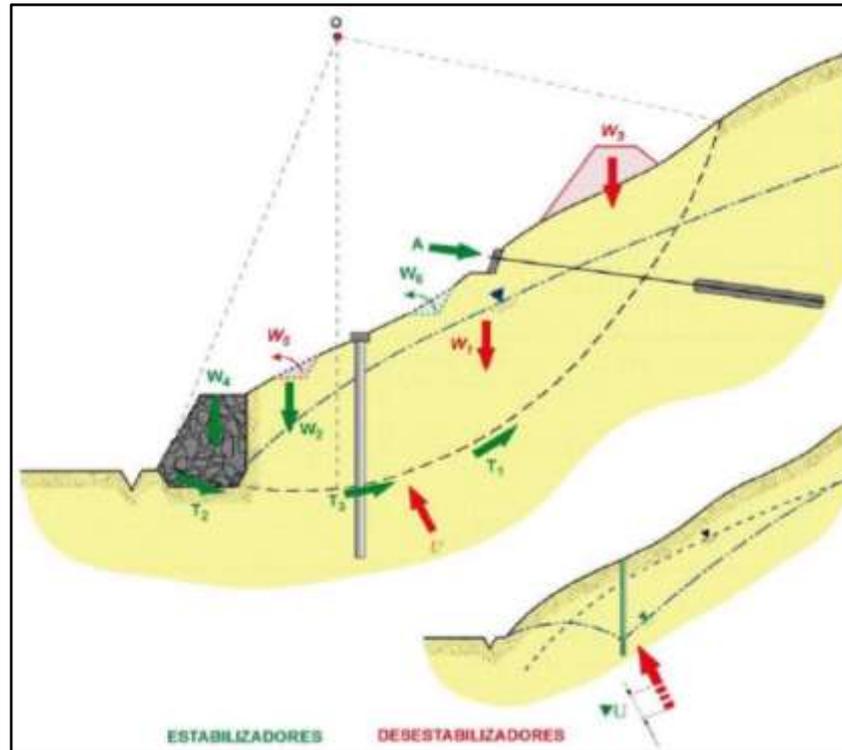


Tabla N° 58 Cuadro comparativo de fuerzas estabilizantes y desestabilizantes en la estabilidad de taludes.

FUERZAS ESTABILIZADORAS	FUERZAS DESESTABILIZADORAS
<p>T_1 : Resistencia al corte del terreno.</p> <p>W_2 : Pesos que originan "momento estabilizador".</p> <p>W_4 : Pesos que aumentan el "momento estabilizador".</p> <p>W_6 : Excavaciones que reducen el "momento volcador".</p> <p>T_2 : Aumento local de resistencia al corte (mejor material).</p> <p>T_3, A : Fuerzas estabilizadoras externas.</p> <p>U : Reducción de la presión del agua.</p>	<p>W_1, W_3 : Pesos que originan "momento volcador".</p> <p>U : Presión de agua.</p> <p>W_s : Excavación que reduce el momento estabilizador.</p>

3.9.4.5. Métodos de análisis

a) Método de BISHOP SIMPLIFICADO (Bishop 1955)

Este método admite los problemas relacionados con métodos convencionales de equilibrio limite, aplica en superficie de fallas circulares mediante equilibrio

de momentos, en donde se asume que todas las fuerzas de cortante son igual a cero y no se descuida la contribución de las fuerzas operantes en los bloques. El Factor de Seguridad es determinado primeramente tomándose la sumatoria de momentos, en torno del centro geométrico del círculo estudiado, y garantizar el equilibrio de las fuerzas en sentido vertical.

La ecuación usada para determinar el factor de seguridad es:

$$FS = \frac{1}{\sum W \cdot \sin(\alpha)} \cdot \sum \left[\frac{c \cdot b + (W - u \cdot b + X_i - X_{i+1}) \cdot \tan(\phi)}{M_\alpha} \right]$$

$$M_\alpha = \cos(\alpha) + \frac{\sin(\alpha) \cdot \tan(\phi)}{FS}$$

Los valores de ΔX para cada elemento que satisface esta ecuación dan una solución rigurosa al problema. Como primera aproximación conviene escribir $\sum X = 0$ e iterar para el cálculo del factor de seguridad, tal procedimiento es conocido como método de Bishop ordinario, los errores cometidos con respecto al método completo son de alrededor de un 1 %. Un proceso variante del método descrito se denomina de Método de Bishop Simplificado, el cual consiste en considerar:

$$(X_i - X_{i+1}) = 0.$$

De esta forma, la expresión general para cálculo del Factor de Seguridad puede ser reescrito de la siguiente forma:

$$FS = \frac{1}{\sum W \cdot \sin(\alpha)} \cdot \sum \left[\frac{c \cdot b + (W - u \cdot b) \cdot \tan(\phi)}{M_\alpha} \right]$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C', ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma W, hW, x$.

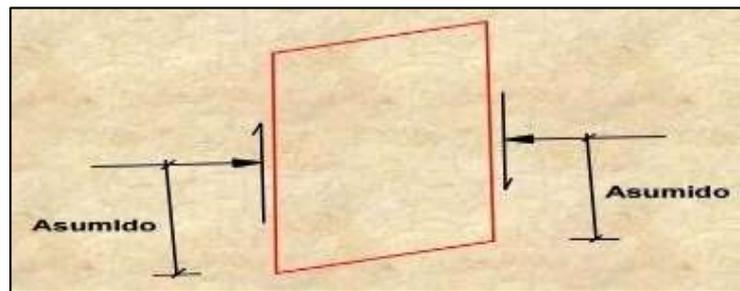
α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

b) Método de JANBU SIMPLIFICADO (Janbu 1967)

Este método aplica en superficies de falla de cualquier forma, mediante equilibrio de fuerzas, en donde se desprecia las fuerzas de cortante entre dovelas, la solución es sobredeterminada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos, sin embargo, Janbu utiliza un factor de corrección f_0 para tener en cuenta este posible error.

Janbu asume la posición de la fuerza horizontal y satisface todas las condiciones de equilibrio:

Figura N° 53 Condición de equilibrio en la estabilidad de taludes según Janbu.



Cuando se trata de superficies en movimiento de cualquier forma, el gradiente de fuerza cambia (para superficies redondas, permanece constante e igual al radio). Por lo tanto, es bueno evaluar la ecuación del momento en función del ángulo de cada bloque.

$$FS = \frac{f_0 \cdot \sum \left\{ [c + b + W \cdot \tan(\phi)] + \frac{1}{\cos(\alpha) + m \cdot a} \right\}}{\sum W \cdot \tan(\alpha)}$$

Asumiendo $\Delta X = 0$ se obtiene el método ordinario.

Janbu propuso además un método para la corrección del factor de seguridad obtenido con el método ordinario según lo siguiente:

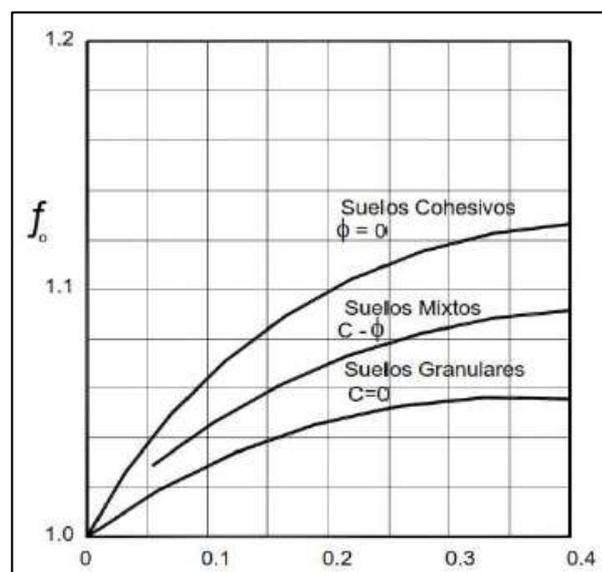
$$F_{\text{corregido}} = f_0 F$$

Donde:

- f_0 = depende de la curvatura de la superficie de falla (se obtiene con funciones graficas en función de la geometría y los parámetros geotécnicos del terreno).
- b = Ancho de la Dovela
- W = Peso de cada dovela
- C', ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.
- u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma W, hW, x$.
- α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

Tal corrección es muy confiable para taludes poco inclinados, para lo cual se usa el Abaco siguiente para obtener el factor de corrección:

Tabla N° 59 Abaco para obtener el f_0 del Factor de Seguridad.



c) Método de SPENCER (Spencer 1967)

Este método aplica a cualquier forma de la superficie de falla, analizando el factor de seguridad de un talud mediante el equilibrio de momentos y fuerzas; el procedimiento de Spencer se basa en que la suposición de que las fuerzas

entre dovelas son paralelas las unas con las otras, es decir, tienen el mismo ángulo de inclinación.

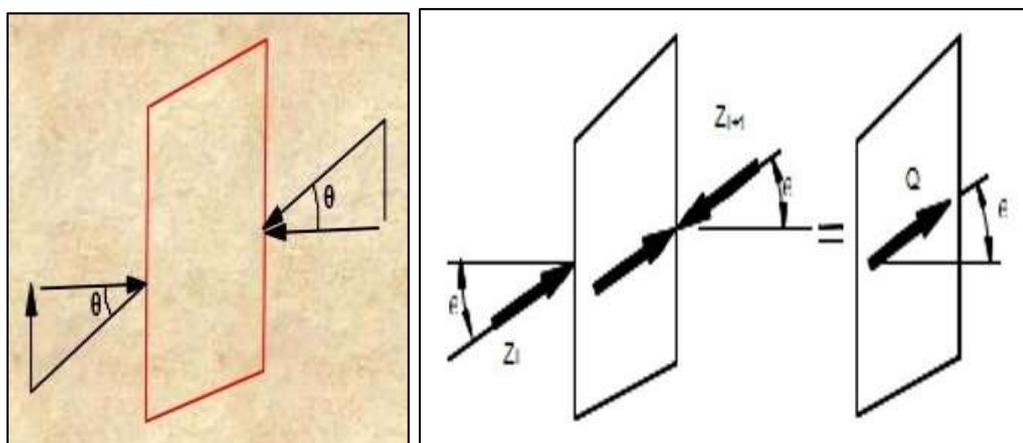
La inclinación específica de estas fuerzas entre partículas, es desconocida y se calcula como una de las incógnitas en la solución de las ecuaciones de equilibrio. Spencer inicialmente propuso su método para superficies circulares pero este procedimiento se puede extender fácilmente a superficies no circulares. Spencer plantea dos ecuaciones una de equilibrio de fuerzas y otra de equilibrio de momentos, las cuales se resuelven para calcular los factores de seguridad F y los ángulos de inclinación de las fuerzas entre dovelas θ .

Para resolver las ecuaciones F y θ , se utiliza un sistema de ensayo y error donde se asumen los valores de estos factores (en forma repetitiva) hasta que se alcanza un nivel aceptable de error.

Una vez se obtienen los valores de F y θ se calculan las demás fuerzas sobre las dovelas individuales. El método de Spencer se considera muy preciso y aplicable para casi todo tipo de geometría de talud y perfiles de suelo y es tal vez, el procedimiento de equilibrio más completo y más sencillo para el cálculo del factor de seguridad.

Spencer asume que la inclinación de la fuerza lateral resultante es la misma para cada dovela y satisface todas las condiciones de equilibrio.

Figura N° 54 Condiciones de equilibrio por Dovelas en la estabilidad de taludes, según Spencer.



3.9.4.6. Análisis de riesgo sísmico

Toda obra civil y particularmente las importantes, tienen que relacionarse necesariamente, con la actividad sísmica imperante en nuestro país, habida cuenta El hecho de que se conozcan las ubicaciones exactas de los terremotos tectónicos en el contexto del universo terrestre, especialmente de la historia reciente, revela la frecuencia y magnitud de los eventos sísmicos que han resultado en desastres, vidas y muertes humanas, en muchas partes de nuestro territorio. Fuertes efectos adversos El terremoto que azotó la economía nacional el 31 de mayo de 1970 fue el último ejemplo de un gran desastre que sacudió una superficie de 150.000 km².

En el contexto de los sismos geotectónicos, el Perú se encuentra ubicado en el llamado Anillo de Fuego alrededor del Océano Pacífico, región geográfica donde ocurren aproximadamente el 80% de los sismos del mundo. El ambiente tectónico del Perú está descrito por la "teoría de las placas tectónicas", en la que la "placa de Nazca" o "placa Marina" se encuentra frente a la "placa continental" o "placa sudamericana", colisionando y subduciendo la primera sobre la última.

El movimiento convergente de estas placas explica la formación de los Andes y la deformación continental, así como la Gran Depresión del fondo oceánico. Las amenazas sísmicas en nuestro territorio están expuestas a factores externos denominados "amenazas sísmicas", por lo que el daño resultante depende directamente de la magnitud del evento y de la capacidad (fragilidad) de las estructuras o edificaciones para responder a las diferentes aceleraciones. Valor a exponer en caso de sismo

Saber más sobre los fenómenos sísmicos (ya sea epicentro y atenuación de distribución) le permite planificar actividades que aborden con éxito las consecuencias sísmicas.

Cabe señalar que las condiciones geológicas locales juegan un papel importante en el debilitamiento o aumento de la aceleración sísmica y, en consecuencia, afectan las operaciones.

3.9.4.7. Intensidades

Según análisis sismo tectónicos, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocidas como: el Círculo Alpino Himalaya y el Círculo

Pacífico. En esta última zona han ocurrido el 80 % de los eventos sísmicos, quedando el 15 % para el Circulo Alpino Himalaya, y el 5 % restante se reparten en todo el mundo.

La fuente básica de datos de intensidades sísmicas es el trabajo del Silgado (1978), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú. De lo anterior se concluye que de acuerdo al área sísmica donde se ubica la zona en estudio existe la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades del orden VIII en la escala de Mercalli Modificada

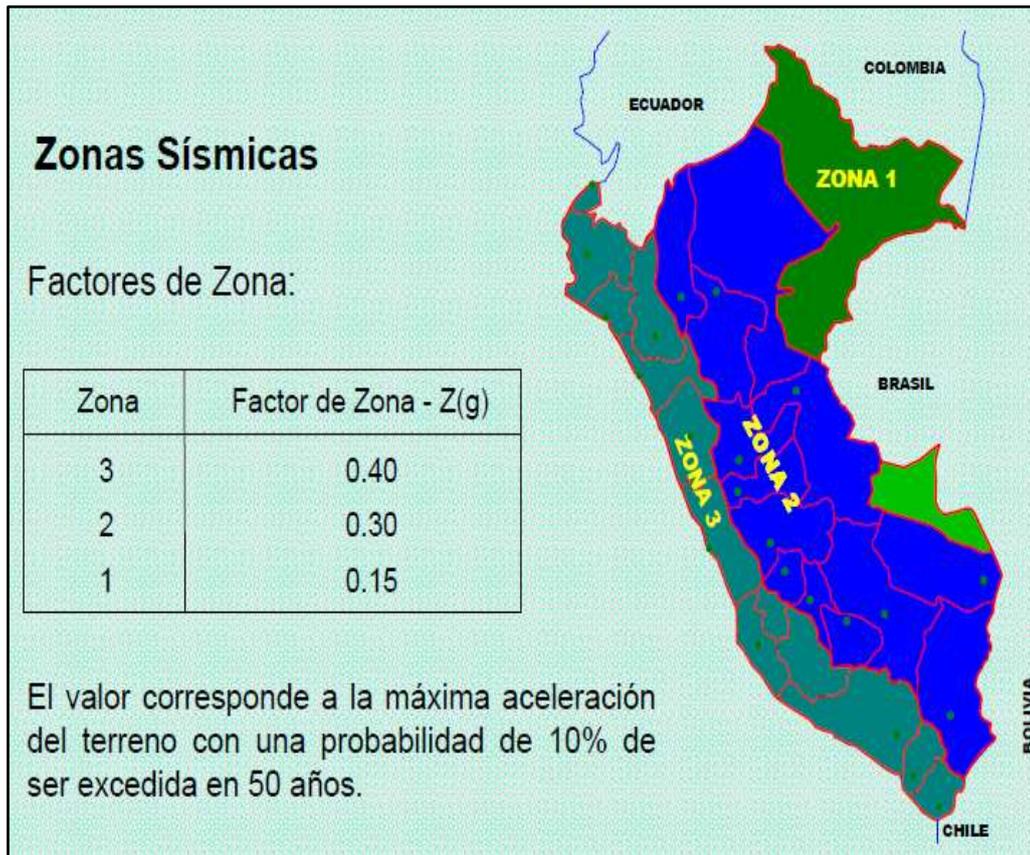
3.9.4.8. Zonificación sísmica

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E- 030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por el Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado (1984), el cual se basa en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Alta Sismicidad (**Zona 2**), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades tan considerables como VIII a IX en la escala Mercali Modificada.

De acuerdo con la nueva Norma Técnica NTE E - 30 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, los siguientes parámetros:

- Factor de Zona : $Z = 0.3$
- Factor del suelo : $S_2 = 1.2$
- Período que define la plataforma del espectro : $T_p = 0.6$
- Factor de uso : 1.5 .

Figura Nº 55 Zonas sísmicas



3.9.4.9. Fuerza horizontal equivalente

La fuerza horizontal o cortante en la base debido a la acción sísmica se determinará mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \times U \times S \times C}{R_d} \times P$$

Dónde:

Z = Factor de Zona

U = Factor de Uso

S = Factor de Suelo

C = Coeficiente Sísmico

R_d = Factor de Ductilidad

P = Peso de la Estructura

3.9.4.10. Peligro sísmico

Según el mapa de zonificación sísmica presentada por el IGP, el área de estudio se encuentra en la **zona 2**, en el cual la aceleración máxima varía entre el rango de 0.15 – 0.30, lo que indica sismos según la escala de Mercalli hasta de grado VI estando dentro de la categoría de sismos leves. Los parámetros necesarios para el análisis de aceleración máxima:

- Distancia Epicentral (R)
- Magnitud del sismo (M)

PARÁMETROS SÍSMICOS

INTENSIDAD

Por antecedente histórico se puede decir que, si hay indicios de la presencia movimientos sísmicos en los últimos años y por la presencia de rocas volcánicas, geomorfología y topografía dan indicios de presencia de sismo por tal razón se debe tener en cuenta este aspecto en la zona de proyecto.

DETERMINACIÓN DE MÁXIMA MAGNITUD

Para el cálculo de las magnitudes esperadas en el área del proyecto utilizaremos la fórmula de IPG (1972), que es la siguiente:

$$I = 4.89Mb - 6.89\log D - 13.81$$

Donde se tiene:

$$Mb = \frac{6.89\log D + 13.81 + I}{4.89}$$

Dónde:

I = Intensidad para la zona 6 y 7

D = distancia epicentral = 45 km.

Para I = 6

$$Mb = \frac{6.89\log 45 + 13.81 + 6}{4.89}$$

$$Mb = 6.69$$

Para $I = 7$

$$Mb = \frac{6.89 \log 75 + 13.81 + 7}{4.89}$$

$$Mb = 6.89$$

Entonces la magnitud promedio es de $Mb = 6.80$

$$I = 4.89(6.48) - 6.89 \log 45 - 13.81 = 6.51$$

De esta manera concluimos que en la zona del proyecto pueden esperarse magnitudes comprendidas entre 6.487, de esta manera nuestra intensidad máxima que se presentará en nuestra zona de proyecto será de intensidades de VI a VII.

ACELERACIÓN: (COEFICIENTE SÍSMICO)

a) SEGÚN FACCIOLI

$$a = 190x10^{0.069M}(R + 25)^{-0.314}$$

Dónde:

$$M = 7 \text{ y } R = 75 \text{ Km.}$$

$$a = 190x10^{0.069(7)}(75 + 25)^{-0.314}$$

$$a = 136.07 \text{ cm/seg}^2$$

$$a = 0.14 \text{ g}$$

b) SEGÚN CASA VERDE – VARGAS

$$a = 68e^{0.80M}(R + 25)^{-1.0}$$

Dónde:

$$M = 7 \text{ y } R = 75 \text{ Km.}$$

$$a = 68e^{0.80(7)}(75 + 25)^{-1.0}$$

$$a = 183.89 \text{ cm/seg}^2$$

$$a = 0.19 \text{ g.}$$

Tabla N°60 parámetros sísmicos de diseño.

PARÁMETROS SÍSMICOS DE DISEÑO	Fundación	Zonificación Sísmica	Coefficiente de Aceleración que se espera en la zona de proyecto	Perfil de Suelo	Coefficiente de Sitio
	Suelo Residual, Coluvial y Aluvial		Zona 2	0,19 g	Tipo S ₂

3.9.5. Geotecnia de bocatoma y captaciones

Trabajos de campo

Para poder identificar los estratos que condicionan el terreno de fundación para las estructuras de Bocatoma y Captaciones del proyecto, es necesario definir el perfil estratigráfico del terreno, para lo cual se realizaron exploraciones del suelo mediante calicatas a cielo abierto y el muestreo del suelo; además, de los horizontes representativos de suelos se extrajeron muestras inalteradas que fueron debidamente identificadas y se remitieron al laboratorio del Programa Regional de Riego y Drenaje PRORRIDRE para aplicar los ensayos correspondientes y su posterior clasificación de suelos.

Tabla N°61 calicatas y tomas de muestra

CALICATAS Y TOMA DE MUESTRAS EFECTUADAS BOCATOMA Y CAPTACIONES				
SECTOR DE RIEGO	ESTRUCTURA	CALICATA	ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)
S. CENTRAL	Bocatoma	C-01 (MD)	E = 02	0.30 - 1.00
		C-02 (MI)	E = 02	0.30 - 1.20
S. SANTA ROSA	Captación	C-01	E = 02	0.20 - 0.80

			E = 03	0.80 - 1.50
S. HUECCO	Captación	C-01	E = 02	0.25 - 1.00

clasificación de suelos y análisis de resultados

Para clasificar las diferentes muestras de las estructuras de Bocatoma y Captaciones se procede a la evaluación del comportamiento de los suelos de fundación o sub-rasante, de acuerdo a las características físicas resistivas de las muestras, en efecto, este comportamiento se podrá estimar con suficiente aproximación determinando su clasificación granulométrica, límites de consistencia, índice de plasticidad, peso específico, humedad natural.

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo a la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ASTM D 32826 y AASHTO M – 145 y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D – 2487, Este sistema de clasificación considera símbolos (letras mayúsculas) para denominar los distintos grupos de suelos.

Las muestras restantes que no figuran en el cuadro fueron clasificados por pruebas sencillas de campo, observación y comparación con las muestras representativas ensayadas.

Tabla N°62 Cuadro de Clasificación de los suelos de fundación para cimentaciones del Eje de Bocatoma Central y Ejes de Captación

CUADRO DE EVALUACION GEOTECNICA DE LA CIMIENTACION DEL EJE DE BOCATOMA DE LOS SECTORES CENTRAL, SANTA ROSA Y HUECCO																
CALICATA	PROGRESIVA EN KM.	UBICACIÓN		GRANULOMETRIA	L. CONS.	HUMEDAD NATURAL (%)	CLASIFICACION		N.F. (m)	% GRAVAS	% ARENAS	% FINOS	P.E (g/cm ³)	COHESION (kg/cm ²)	ANGULO DE FRICCION	Qadm (kg/cm ²)
		EST.	Prof. (m)				% QUE PASA	IP								
				# 200	(%)											
BOCATOMA SECTOR CENTRAL																
C-01	EJE-BOCATOMA M-D	E-02	0.30 - 1.00	9.53	11.09	13.39	GP-GM	A-2-6 (0)	0.50	72.47	18.00	9.53	1.50	0.015	26.00	1.18
C-02	EJE-BOCATOMA M-I	E-02	0.30 - 1.20	0.91	0.00	23.85	GP	A-1-a (0)	1.20	51.85	47.24	0.91	1.90	0.017	28.00	1.87
CAPTACIÓN SECTOR SANTA ROSA																
C-01	EJE - CAPTACIÓN	E-02	0.20 - 0.80	32.19	0.28	19.76	SM	A-2-4 (0)	N.P.	26.64	41.17	32.19	1.95	0.003	30.00	2.00
		E-03	0.80 - 1.50	26.34	1.99	21.81	SM	A-2-4 (0)	N.P.	36.38	37.28	26.34	2.20			
CAPTACIÓN SECTOR HUECCO																
C-01	EJE - CAPTACIÓN	E-02	0.25 - 1.00	1.06	0.00	26.83	GW	A-1-a (0)	0.60	52.82	46.13	1.06	1.80	0.008	26.00	1.30

Caracterización geológica - geotécnica

El propósito de la caracterización geológica – geotécnica de la bocatoma (Central) y las captaciones (Huecco y Santa Rosa), es parametrizar una serie de propiedades intrínsecas de los macizos rocosos y de las masas de suelos que afloran en la zona

de intervención, de modo que, posteriormente se pueda aplicar criterios de análisis empíricos, que permitan determinar el comportamiento de estas masas rocosas y de suelos ante el diseño del proyecto.

La caracterización propuesta, apunta específicamente en base a sus particularidades geológicas, de acuerdo a las exploraciones de campo (mapeo geológico, mapeo estructural y ensayos de campo), análisis de los aspectos topográficos, geomorfológicos, hidrogeológicos, estructurales y los resultados de los ensayos de laboratorio, para analizar globalmente las diferentes propiedades y parámetros de las masas rocosas y suelos, los cuales inciden directa o indirectamente en un determinado tramo de cada una de estas estructuras de riego.

Tabla N°63 Caracterización geológica - geotécnica, bocatoma sector Central.

CARACTERIZACION GEOLOGICA - BOCATOMA - SECTOR CENTRAL									
PROGRESIVA	TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASIFICACION DE MATERIAL			TALUD DE CORTE (H:V)		LITOLOGIA	DESCRIPCION LITOSTRATIGRAFICA DEL TRAMO
			M.S. (%)	R.S. (%)	R.F. (%)	ROCA	SUELO		
Eje de Bocatoma	Ondulado	Lecho Fluvial	50 %	35 %	15 %	-	1.25 : 1	Depósito Cuaternario Aluvial	Material Compuesto generalmente por gravas subredondeadas a redondeadas pobremente graduadas, clastos de rocas, arenas y limos, con presencia moderada de cantos rodados de 5 - 20 cm de diametro, con presencia de humedad alta. Hacia el margen derecho del eje de Bocatoma se muestra un suelo hidromorfo con mas porcentajes de suelos cohesivos (Limos y arcillas).

Tabla N°64 Caracterización geológica - geotécnica, captación sector Santa Rosa.

CARACTERIZACION GEOLOGICA - CAPTACIÓN - SECTOR SANTA ROSA									
PROGRESIVA	TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASIFICACION DE MATERIAL			TALUD DE CORTE (H:V)		LITOLOGIA	DESCRIPCION LITOSTRATIGRAFICA DEL TRAMO
			M.S. (%)	R.S. (%)	R.F. (%)	ROCA	SUELO		
Eje de Captación	Montañosa	Laderas	45 %	30 %	25 %	-	1:01	Grupo Barroso	Material compuesto por clastos de rocas brechas andesiticas > 2" de diametro englobados en una matriz de gravas, arenas, limos y arcillas.

Tabla N°65 Caracterización geológica - geotécnica, captación sector Huecco.

CARACTERIZACION GEOLOGICA - CAPTACION - SECTOR HUECCO									
PROGRESIVA	TOPOGRAFIA	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	CLASIFICACION DE MATERIAL			TALUD DE CORTE (H:V)		LITOLOGIA	DESCRIPCION LITOSTRATIGRAFICA DEL TRAMO
			M.S. (%)	R.S. (%)	R.F. (%)	ROCA	SUELO		
Eje de Captación	Ondulado / Plano	Terrazas Aluviales / Planicies	60 %	35 %	5 %	-	1.75 : 1	Depósito Cuaternario Bofedal	Material hidromorfo compuesto generalmente por gravas subredondeadas a subangulosas pobremente graduadas, arenas, limos y arcillas, con presencia de humedad alta debido a la influencia de ojo de agua que aflora para su captacion.

Resumen de perfil estratigráfico

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio, se han establecido los perfiles estratigráficos de las calicatas exploradas. Dichos perfiles estratigráficos están hasta 1.00–1.50m. de acuerdo a su profundidad de cada calicata los cuales se muestran con escala gráfica.

Tabla N°66 Perfil estratigráfico eje de Bocatoma MD - Sector Central.

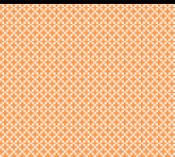
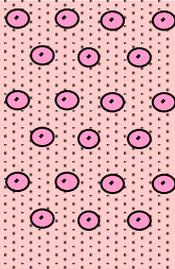
ESCALA GRAFICA	PROFUNDIDA D m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA OBTENIDA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION EN SUCS AASHTO	DESCRIPCION
	0.00	0.30 m	N.F. = 0.50 m	E-01		PT	ESTRATO SUPERFICIAL COMPUESTO POR LIMOS Y ARCILLAS DE COLOR GRIS - NEGRUZCO, CON MATERIAL ORGANICO HIDROMORFICO DE HUMEDAD ALTA.
	0.10						
	0.20						
	0.30						
	0.40	0.70 m		E-02		GP - GM A-2-6 (0)	ESTRATO COMPUESTO POR MATERIAL GRAVOSO, LIMOS Y CANTOS RODADOS >2" DE DIAMETRO, DE COLORACION GRIS, SUELO SEMICOMPACTO A COMPACTO, CORFORMADO POR 72.47 %DE GRAVAS, 18.0 %DE ARENAS Y 9.53 %DE FINOS, CON I.P.=11.9 % ESTRATO CON HUMEDAD MUY ALTA. EL SUELO PRESENTA CANTOS RODADOS CON MAS FRECUENCIA HACIA LA BASE, NIVEL FREATICO A 0.50 m.
	0.50						
	0.60						
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						

Tabla N°67 Perfil estratigráfico eje de Bocatoma MI - Sector Central

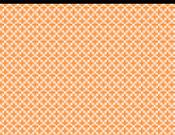
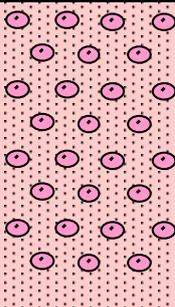
ESCALA GRAFICA	PROFUNDIDAD D m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA OBTENIDA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION EN SUCS AASHTO	DESCRIPCION
	0.00	0.30 m	N.F.= 1.20 m	E-01		PT	SUELO RESIDUAL SUPERFICIAL COM PUESTO POR MATERIAL ORGANICO, CANTOS RODADOS, GRAVAS, ARENAS Y LIMOS, DE COLORACION GRIS PARDUZCA, SUELO NO COMPACTO DE HUMEDAD MEDIA.
	0.10						
	0.20						
	0.30						
	0.40	0.90 m		E-02		GP A-1-a (0)	ESTRATO COM PUESTO POR CANTOS RODADOS DE 5 - 20 cm DE DIÁMETRO ENGLOBALADOS EN UNA MATRIZ DE GRAVAS, ARENAS Y LIMOS DE COLORACION PARDO GRISACEO, MATRIZ CONFORMADO POR 51.85% DE GRAVAS, 47.24% DE ARENAS Y 0.91% DE FINOS; ESTRATO CON HUMEDAD ALTA, EL NIVEL FREÁTICO SE ENCUENTRA A 1.20 m DE PROFUNDIDAD.
	0.50						
	0.60						
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						
	1.10						
	1.20						

Tabla N°68 Perfil estratigráfico eje de Captación - Sector Santa Rosa.

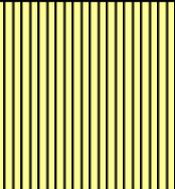
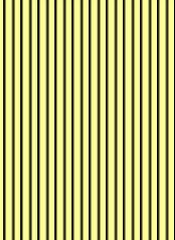
ESCALA GRAFICA	PROFUNDIDAD D m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA OBTENIDA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION EN SUCS AASHTO	DESCRIPCION
	0.00	0.20 m	NO PRESENTA N. F.	E-01		PT	SUELO RESIDUAL SUPERFICIAL COMPUESTO POR CANTOS FRAGMENTOS DE ROCAS, CANTOS RODADOS Y MATERIAL ORGANICO, ARENAS Y LIMOS, DECOLORACION PARDO GRIS, SUELO SEMICOMPACTO DE HUMEDAD BAJA.
	0.10						
	0.20						
	0.30	0.60 m		E-02		SM A-2-4 (0)	ESTRATO COMPUESTO POR 60% DE CLASTOS Y FRAGMENTOS DE ROCAS DE 5 - 10 cm DE DIÁMETRO ENGLOBALADOS EN UN 40% DE MATRIZ DE SUELO RESIDUAL COMPUESTO POR ARENAS LIMOSAS DECOLORACION GRIS MARRON, MATRIZ CONFORMADO POR 41.17% DE GRAVAS, 32.19% DE ARENAS Y 1.95% DE FINOS; CON I.P.=0.28% ESTRATO CON HUMEDAD MEDIA A BAJA.
	0.40						
	0.50						
	0.60						
	0.70	0.80 m		E-03		SM A-2-4 (0)	ESTRATO COMPUESTO POR 80% DE CLASTOS Y FRAGMENTOS DE ROCAS DE 5 - 20 cm DE DIÁMETRO ENGLOBALADOS EN UN 20% DE MATRIZ DE SUELO RESIDUAL COMPUESTO POR ARENAS LIMOSAS DECOLORACION GRIS MARRON, MATRIZ CONFORMADO POR 36.38% DE GRAVAS, 37.28% DE ARENAS Y 26.34% DE FINOS; CON I.P.=1.99% ESTRATO CON HUMEDAD MEDIA A BAJA. NO PRESENTA EL NIVEL FREATICO.
	0.80						
	0.90						
	1.00						
	1.10						
	1.20						
	1.30						
	1.40						
	1.50						
	1.60						

Tabla N°69 Perfil estratigráfico eje de Captación - Sector Huecco.

ESCALA GRAFICA	PROFUNDIDAD D m.	LONGITUD DE TRAMO m.	N.F. m.	MUESTRA OBTENIDA	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION EN SUCS AASHTO	DESCRIPCION
	0.00	0.20 m	N.F. = 0.60 m	E-01		PT	SUELO RESIDUAL HIDROMORFICO COMPUESTO POR MATERIAL ORGANICO LIMO-ARENOSO DE COLOR GRIS NEGRUZCO, SUELO NO COMPACTO, HUMEDAD MEDIA A ALTA.
	0.10						
	0.20						
	0.30	0.80 m	N.F. = 0.60 m	E-02		GW A-1-a (0)	ESTRATO COMPUESTO POR GRAVAS BIEN GRADUADAS Y CANTOS RODADOS DE 5 - 10 cm DE DIAMETRO, ESTRATO SEMICOMPACTO A NO COMPACTO CONFORMADO POR 52.82 %DE GRAVAS, 46.13 %DE ARENAS Y 1.06 %DE FINOS. ESTRATO CON HUMEDAD ALTA. EL NIVEL FREÁTICO SE ENCUENTRA A 0.60 m DE PROFUNDIDAD.
	0.40						
	0.50						
	0.60						
	0.70						
	0.80						
	0.90						
	1.00						

Análisis de cimentación

Para realizar el análisis de cimentación se procedió a calcular y estimar la carga admisible de acuerdo a la profundidad de desplante en cada eje, efectuando los siguientes resultados:

- a) **Eje de Bocatoma – Sector Central:** Los análisis de cimentación para una carga admisible en los ejes de bocatomas se efectuaron a una profundidad de 1.00 m con respecto al nivel de superficie en una zapata cuadrada, los cuales en el eje de bocatoma margen derecho (MD) es de 1.18 kg/cm² y en el eje de bocatoma margen izquierdo (MI) es de 1.87 kg/cm².

MARGEN DERECHO, C-01:

Terzaghi:	
N _q =	14.21
N _c =	27.085
N _g =	14.837

Los factores de forma	
sc =	1.3
sg =	0.8

Capacidad portante según Terzaghi:					
[kN/m ²]		[kN]		[kN/m ²]	
q _{ult} =	348.09	q =	348.09	Q _{amm} =	116.03
[t/m ²]		[t]		[t/m ²]	
q _{ult} =	35.49	q =	35.49	Q _{amm} =	1.18
[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]	
q _{ult} =	3.55	q =	35494.68	Q _{amm} =	1.18

MARGEN IZQUIERDO, C-02:

Terzaghi:	
N _q =	17.808
N _c =	31.612
N _g =	20.001

Los factores de forma	
sc =	1.3
sg =	0.8

Capacidad portante según Terzaghi:					
[kN/m ²]		[kN]		[kN/m ²]	
q _{ult} =	549.03	q =	549.03	Q _{amm} =	183.01
[t/m ²]		[t]		[t/m ²]	
q _{ult} =	55.98	q =	55.98	Q _{amm} =	1.87
[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]	
q _{ult} =	5.60	q =	55984.51	Q _{amm} =	1.87

- b) **Eje de Captación – Sector Santa Rosa:** El análisis de cimentación para una carga admisible en el eje de captación se efectuó a una profundidad de 1.50 m con respecto al nivel de superficie en una zapata cuadrada, lo cual nos muestra un resultado de 2.00 kg/cm².

Terzaghi:	
N _q =	19.981
N _c =	34.242
N _g =	23.26

Los factores de forma	
sc =	1.3
sg =	0.8

Capacidad portante según Terzaghi:					
[kN/m ²]		[kN]		[kN/m ²]	
q_{ult} =	587.19	q =	587.19	Q_{amm} =	195.73
[t/m ²]		[t]		[t/m ²]	
q_{ult} =	59.88	q =	59.88	Q_{amm} =	2.00
[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]	
q_{ult} =	5.99	q =	59875.57	Q_{amm} =	2.00

c) **Eje de Captación – Sector Huecco:** El análisis de cimentación para una carga admisible en el eje de captación se efectuó a una profundidad de 1.00 m con respecto al nivel de superficie en una zapata cuadrada, lo cual nos muestra un resultado de 1.30 kg/cm².

Terzaghi:	
N _q =	14.21
N _c =	27.085
N _g =	14.837

Los factores de forma

sc =	1.3
sg =	0.8

Capacidad portante según Terzaghi:					
[kN/m ²]		[kN]		[kN/m ²]	
q_{ult} =	383.02	q =	383.02	Q_{amm} =	127.67
[t/m ²]		[t]		[t/m ²]	
q_{ult} =	39.06	q =	39.06	Q_{amm} =	1.30
[Kg/cm ²]		[Kg]		[Kg/cm ²]	
q_{ult} =	3.91	q =	39056.54	Q_{amm} =	1.30

Características geotécnicas de los suelos de fundación

Para llevar a cabo la evaluación geotécnica del tramo de terreno de fundación o sub-rasante, es primordial e importante determinar su clasificación y sus características geomecánicas de los suelos según los acápites anteriores.

A continuación, se muestra las características geotécnicas de las estructuras de Captaciones y Bocatoma:

SECTOR CENTRAL:

1.- EJE-BOCATOMA M-D, CALICATA – 01.

EN SUELO - ESTRATO 02 (0.30 - 1.00)

- . Geología : Se emplaza sobre afloramiento de Depósitos cuaternarios Aluviales.
- . Su clasificación SUCS : GP-GM (Grava pobremente graduada con limos)
- . Su clasificación AASHTO : A-2-6 (0) (Gravas, arenas y limos).
- . % de fragmentos y bloques de roca : 15 %
- . % de grava : 72.47 %
- . % de arena : 18 %
- . % pasante la malla N° 200 : 9.53 %
- . Límites de consistencia : L.L = 35.38 %; I.P = 11.09 %
- . Compresibilidad y expansión : Casi ninguna a muy ligera
- . Densidad Natural Húmeda : 1,94 gr/cm³.
- . Densidad Natural Seca : 1,81 gr/cm³.
- . Medidas Constructivas : Talud para excavación será de H:V = 1.25:1
- . Valor como terreno de apoyo : Bueno a excelente
- . Características de drenaje : Mediano a excelente

2.- EJE-BOCATOMA M-I, CALICATA – 02.

EN SUELO - ESTRATO 02 (0.30 - 1.20)

- . Geología : Se emplaza sobre afloramiento de Depósitos cuaternarios Aluviales.
- . Su clasificación SUCS : GP (Grava pobremente graduada)
- . Su clasificación AASHTO : A-1-a (0) (A-1)
- . % de fragmentos y bloques de roca : 20 %
- . % de grava : 51.85 %
- . % de arena : 47.24 %
- . % pasante la malla N° 200 : 0.91 %
- . Límites de consistencia : L.L = 0 %; I.P = 0 % / N.P.
- . Compresibilidad y expansión : Casi ninguna
- . Densidad Natural Húmeda : 1,92 gr/cm³.
- . Densidad Natural Seca : 1,83 gr/cm³.
- . Medidas Constructivas : Talud para excavación será de H:V = 1.25:1
- . Valor como terreno de apoyo : Bueno a excelente
- . Características de drenaje : Excelente

SECTOR SANTA ROSA:

1.- EJE - CAPTACIÓN, CALICATA – 01. EN SUELO - ESTRATO 02 (0.20 - 0.80)

- . Geología : Se emplaza sobre afloramiento del Grupo Barroso.

- . Su clasificación SUCS : SM (Arena limosa)
- . Su clasificación AASHTO : A-2-4 (0) (Gravas, arenas y limos).
- . % de fragmentos y bloques de roca : 25 %
- . % de grava : 26.64 %
- . % de arena : 41.17 %
- . % pasante la malla N° 200 : 32.19 %
- . Límites de consistencia : L.L = 29.45 %; I.P = 0.28 %
- . Compresibilidad y expansión : Muy ligera a ligera
- . Densidad Natural Húmeda : 1,58 gr/cm³.
- . Densidad Natural Seca : 1,49 gr/cm³.
- . Medidas Constructivas : Talud para excavación será de H:V = 1:1
- . Valor como terreno de apoyo : Mediano
- . Características de drenaje : Pobre a mediano

EN SUELO - ESTRATO 03 (0.80 - 1.50)

- . Geología : Se emplaza sobre afloramiento del Grupo Barroso.

- . Su clasificación SUCS : SM (Arena limosa)
- . Su clasificación AASHTO : A-2-4 (0) (A-2)
- . % de fragmentos y bloques de roca : 30 %
- . % de grava : 36.38 %
- . % de arena : 37.28 %
- . % pasante la malla N° 200 : 26.34 %
- . Límites de consistencia : L.L = 29.13 %; I.P = 1.99 %
- . Compresibilidad y expansión : Muy ligera a ligera
- . Densidad Natural Húmeda : 1,58 gr/cm³.
- . Densidad Natural Seca : 1,49 gr/cm³.
- . Medidas Constructivas : Talud para excavación será de H:V = 1:1
- . Valor como terreno de apoyo : Mediano
- . Características de drenaje : Pobre a mediano

SECTOR HUECCO:

1.- EJE - CAPTACIÓN, CALICATA – 01. EN SUELO - ESTRATO 02 (0.25 - 1.00)

- . Geología : Se emplaza sobre afloramiento de Depósitos cuaternarios de Bofedal.
- . Su clasificación SUCS : GW (Grava bien graduada)
- . Su clasificación AASHTO : A-1-a (0) (Gravas y arenas).
- . % de fragmentos y bloques de roca : 5 %
- . % de grava : 52.82 %
- . % de arena : 46.13 %
- . % pasante la malla N° 200 : 1.06 %
- . Límites de consistencia : L.L = 0 %; I.P = 0 % / N.P.
- . Compresibilidad y expansión : Casi ninguna
- . Densidad Natural Húmeda : 2,08 gr/cm3.
- . Densidad Natural Seca : 1,97 gr/cm3.
- . Medidas Constructivas : Talud para excavación será de H:V = 1.75:1
- . Valor como terreno de apoyo : Excelente
- . Características de drenaje : Excelente

IV. DISCUSIÓN

El diagnóstico que se realizó con la finalidad de determinar las características de la población ubicada dentro del ámbito del estudio.

La incorporación del agua a través de los sistemas de riego dentro del ámbito de estudio y la propiedad familiar (Parcelas) permite utilizar los escasos caudales antes no usados, para ser incorporados a la producción de pastos y forrajes así ampliar el piso forrajero con pastos cultivados durante todo el año, incrementando así la oferta de alimentos para el desarrollo pecuario, así mejorar la producción y productividad del desarrollo pecuario de la zona.

Respecto a la oferta Actualmente cada uno de los sectores utiliza un caudal de 10 lit/s, haciendo un total de 30 lit/s otorgado mediante Resolución Administrativa N° 016-2000-DRA-P/AAPATDR.PI. En el sector Central la captación es en el río Huañacachi, el sector Santa Rosa y Huecco captan de los manantiales Papujo y Nuñomani respectivamente.

Balance es el cotejo o la comparación entre la oferta y la demanda.

Sin embargo, es bueno que la oferta sea mayor que la demanda, si sucede lo contrario se tendrá problemas en la frecuencia de riego (se prolonga más Tiempo).

V. CONCLUSIONES

OE1: Es necesario realizar estudios de campo y reconocimiento fuera del espacio correspondiente al punto de origen y destino. Asimismo, en un rango mayor que el que contiene la línea que une los dos puntos extremos, o con estos puntos y con los puntos llamados medianas. Por lo tanto, también es necesario confiar en la información existente, como la planificación actual, mapas y mapas de países y realizar levantamientos topográficos detallados tanto en tierra como en el aire después de la exploración en un área lo suficientemente grande para nuestras necesidades.

- Los puntos de control de referencia, los puntos de inflexión y los puntos de inicio y finalización de las curvas se especifican en el caso del canal principal.
- Para comprobar la altitud, se establecen puntos de referencia para controlar el nivel de las praderas y las laderas.

OE2: El Río Huañacachi, cuyas nacientes se encuentran sobre los 4750 m.s.n.m., en el cerro Khapia, en su recorrido hasta el punto de Interés (Captación Huañacachi) tiene una longitud de 6.3 Km. y drena un área de 8.55 Km².

Se realizó el análisis de consistencia de la información hidrometeorológica, llegando a la conclusión que la información de precipitación e hidrometría son consistentes.

La precipitación areal de la cuenca y microcuenca en estudio, se determinó con el método de kriging para la cuenca Callacame.

Se determina la clasificación de calidad de agua para los tres puntos de captación 02 manantiales (Papujo y Nuñomani) y el río Huañacachi obteniendo una clasificación C1S1, agua que cumple con los requisitos y se puede usar para riego.

Se generan caudales medios mensuales con el modelo de GR2M en el punto de interés Captación Huañacachi, con un caudal promedio de 0.09 m³/s y un volumen anual de 2.67 MMC.

Con fines del dimensionamiento de la infraestructura, se determina los caudales de diseño para la Captación con un periodo de retorno de 25 años, el método aplicado es del Hidrograma SCS se obtuvo un caudal máximo de diseño de 5.4 m³/seg.

Se determina la demanda de agua para riego para los tres subsectores con los siguientes volúmenes Central riego por aspersión 0.072 MMC, Santa Rosa riego por aspersión 0.071 MMC y Huecco riego por aspersión 0.071 MMC.

OE3: Para el estudio geotécnico de la Bocatoma Central y las Captaciones Santa Rosa y Huecco, se tomó en cuenta las caracterizaciones geológico-geotécnicas y las exploraciones mediante cuatro (4) calicatas o pozos a cielo abierto, las cuales se les asignaron como C-01 (Margen Derecho – eje A) y C-02 (Margen Izquierdo – eje B) respectivamente; el análisis de cimentación en los ejes de estas estructuras para una carga admisible a una profundidad de 1.50m con respecto al nivel de superficie en una zapata cuadrada es: Bocatoma Central MD = 1.18 kg/cm² y MI = 1.87 kg/cm², Captación Santa Rosa C01 = 2.0 kg/cm² y Captación Huecco C01 = 1.30 kg/cm².

Las características geomorfológicas establecidas que comprenden dentro del área de intervención del proyecto están conformadas por las siguientes unidades geomorfológicas:

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
SISTEMAS	UNIDADES
ANTRÓPICO	Vías de Acceso Viviendas
FLUVIAL	Lecho Fluvial Terrazas Aluviales Bofedales
VOLCÁNICO - MONTAÑOSO	Laderas Pie de Monte Planicies

VI. RECOMENDACIONES

- Desde el enfoque del desarrollo sostenible, se recomienda, de manera general, y en especial para los proyectos de irrigación, el mejor uso del recurso hídrico como un bien escaso, es decir, con equidad social, eficiencia económica y sustentabilidad de los ecosistemas, en el marco de la Ley de Recursos Hídricos 29338.
- En la región Puno, se debe continuar con la política de optimización de recurso hídricos, mediante el cambio de tecnologías de riego de gravedad por aspersión, siendo una de las pocas alternativas para incrementar áreas de riego; esto por el déficit hídrico actual en el sistema TDPS.
- Se deberá de considerar como parámetro de diseño para las estructuras hidráulicas los valores y características estipuladas en el presente informe.
- Con la finalidad de poder establecer un buen terreno de fundación para las estructuras hidráulicas a considerar en el presente proyecto se deberá de tomar en consideración las profundidades exploradas del subsuelo mediante las calicatas efectuadas.
- Deberá realizarse pruebas fisicoquímicas, de las fuentes de agua a emplearse en la preparación del concreto, porque la composición de la misma puede variar por el discurso de las aguas subterráneas que provienen de lugares distantes, atravesando diversas formaciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

DE LAS CRUZ, J. (2015). Evaluación del coeficiente de uniformidad y eficiencia de aplicación en el sistema de riego por aspersión pacurisocos. ayacucho.

LAZO PEREZ, Jesús. (2006). "Tecnología para el riego". Editorial CONCYTEC. LimaPerú.

TAKAEZU, R. (2017). Diseño para la implementación de un sistema de riego tecnificado en el campamento villa cuajone, southern Perú copper corporation, moquehua, peru.

TURPO, H. (2017). Evaluación y diseño de un sistema de riego por aspersión en la comunidad campesina Juan Velasco Alvarado del distrito de Nuñoa-Melgar Puno

VÁSQUEZ VILLANUEVA, Absalón. (1997). "Manejo de Cuencas

Tarjuelo (1999), Riego por aspersión y su tecnología-Madrid España.

VIII. ANEXOS