



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS:

**“DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE
CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN
EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA,
DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”**

PRESENTADO POR:

MARTINEZ SALAZAR LISSETH
Bachiller en Ingeniería Civil

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

ASESOR TECNICO:

RAUL APAZA MENESES
Ingeniero Civil – Magister en Gestión Pública

ASESOR METODOLÓGICO:

EDWARDS JESÚS AGUIRRE ESPINOZA
Licenciado en Gestión Pública – Doctor en Educación

CUSCO-PERU

2018

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, a mis hermanos por su invaluable apoyo en cada momento de mi vida, y a mis dos hijos quien con su amor incondicional me ha llevado a ser una mejor persona. Asimismo, dedico este trabajo a quien me brinda su amor incondicional, fuerza, las ganas de mejorar cada día y alcanzar mis metas, mi amigo de siempre JESÚS.

El Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a las personas que voy a mencionar; ya que sin su ayuda no hubiera sido posible la recopilación de la información necesaria e importante para la elaboración de la presente tesis.

Sinceros agradecimientos a los ingenieros.

Mg. Ing. Raúl Apaza Meneses

Dr. Edwards Jesús Aguirre Espinoza

Mg. Ing. Gorki Federico Ascue

Ing. German Coaquira Calla

A ellos todo mi cariño y consideración, por el tiempo dedicado, la paciencia y sabios consejos que dieron cuerpo a esta tesis.

El Autor

RESUMEN

La presente tesis tiene por finalidad diseñar una bocatoma, un desarenador y el canal de conducción en el sector de Ccaraccoto, de la Comunidad de Sullca, Distrito de Marangani – Canchis – Cusco, para un Sistema de Riego por gravedad, cuya disponibilidad hídrica proviene de la quebrada Ccaraccoto ($Q=167.5$ l/s), que nos permite satisfacer el requerimiento de la demanda hídrica ($Q= 32$ l/s) que beneficiara a 223 familias del sector Ccaraccoto.

Para el diseño de la bocatoma se debe calcular la oferta hídrica y se diseña para soportar un caudal en máxima avenida de 1.675 m³/seg este caudal nos permite determina el tipo y características de la bocatoma, para determinar el caudal captar y derivar se debe calcular la demanda hídrica que resulta con un módulo de riego de 0.97 l/seg/Ha, multiplicando este factor por el área a irrigar que es de 31.65 Hás se tiene un caudal a derivar de 0.032 m³/seg. El diseño del desordenador se realiza para un diámetro de partículas a sedimentar de 0.5 mm. este nos permite obtener las características del desarenador. Para el diseño de la línea de conducción se considera un revestimiento de concreto $f'c = 210$ kg/cm² de manera que el agua que escurre no se pierda por infiltración y está diseñado para conducir un caudal de 0.032 m³/seg y así determinar las características del canal de conducción.

La bocatoma es de tipo Creager y está compuesta por un barraje fijo de 3.15 m. y un barraje móvil compuesta por una compuerta deslizante de 0.35 m. por 1.05 m., y una compuerta ubicada en la ventana de captación de 0.30 m. por 0.20 m. plancha de espesor de $\frac{1}{2}$ ". El desarenador es de 0.40 de ancho y La longitud de la poza de desarenador será de 2.60 metros, con una pendiente en el fondo del desarenador de 2% , un perfil de cresta agua que permite derivar hacia el canal de conducción, es de sección rectangular de 0.30 de ancho y 0.25 de alto con un espesor de concreto de 0.10 m. y revestido con concreto de $f'c = 210$ kg/cm².

SUMMARY

The purpose of this thesis is to design an intake, a sand trap and the driving channel in the sector of Cracacoto, of the Community of Sullca, District of Marangani - Canchis - Cusco, for a System of Irrigation by gravity, whose water availability comes from the Ccaraccoto stream ($Q = 167.5 \text{ l / s}$), which allows us to meet the water demand requirement ($Q = 32 \text{ l / s}$) that will benefit 223 families in the Ccaraccoto sector.

For the design of the intake, the water supply must be calculated and designed to withstand a flow at maximum avenue of $1,675 \text{ m}^3 / \text{sec}$. This flow allows us to determine the type and characteristics of the intake, to determine the flow capture and derivation, it must be calculated the resulting water demand with an irrigation module of $0.97 \text{ l / sec / Ha}$, multiplying this factor by the area to be irrigated, which is 31.65 Hás has a flow to be derived from $0.032 \text{ m}^3 / \text{sec}$. The design of the messenger is made for a diameter of particles to sediment of 0.5 mm. This allows us to obtain the characteristics of the sand trap. For the design of the line of conduction a concrete coating is considered $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ so that the water that drains is not lost by infiltration and is designed to drive a flow of $0.032 \text{ m}^3 / \text{sec}$ and thus determine the characteristics of the driving channel.

The intake is of the Creager type and is composed of a fixed bus of 3.15 m. and a mobile bar consisting of a sliding gate of 0.35 m. by 1.05 m., and a gate located in the window of catchment of 0.30 m. by 0.20 m. thickness plate $\frac{1}{2}$ ". The desander is 0.40 wide and the length of the sandbox will be 2.60 meters, with a gradient at the bottom of the desander of 2%, a profile of water crest that allows to drift towards the channel of conduction, is of rectangular section 0.30 wide and 0.25 high with a concrete thickness of 0.10 m. and coated with concrete of $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$.

INTRODUCCION

Dada la necesidad de una infraestructura adecuada para que los productos agrícolas no se afecten o lo que es peor se pierda totalmente, se origina la necesidad de realizar el estudio, **“DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”**.

En la presente Tesis se realizó una serie de estudios que interrelacionados hicieron posible el diseño de la Bocatoma, el Desarenador y Canal de conducción y son los siguientes:

El Estudio Topográfico tiene por finalidad obtener información de la morfología del terreno, de las obras existentes y accidentes físicos mediante mediciones lineales, angulares y de altimetría, realizando los cálculos respectivos y procesando mediante programas para obtener así los planos topográficos respectivos. Se han efectuado levantamientos correspondientes en el sitio de la bocatoma, de la línea de conducción y de las obras planteadas.

El Estudio Geológico y Geotécnico consistió en investigaciones geológicas, estudio de sismicidad, prospección directa en base a excavación de calicata, ensayos in-situ y de ensayos estándar y especiales de laboratorio, el estudio geotécnico se ha centrado en las características y condiciones del terreno, que va a servir de base para la fundación de las obras hidráulicas. Se define los perfiles estratigráficos encontrados dentro de la calicata realizada, así como de los parámetros de resistencia para determinar la capacidad admisible del terreno.

El Estudio Hidrológico comprende diferentes fases en su desarrollo, que va desde la recopilación, revisión y análisis de la información hidrometeorológica disponible, hasta el análisis de la fuente de agua, determinación de la oferta hídrica, demanda hídrica requerida por los cultivos, caudal máximo para diferentes periodos de retorno, balance hídrico, tomando en cuenta también el caudal ecológico que debe conservarse en la fuente de captación.

El Estudio Agrologico se realiza para conocer las características de los suelos existentes en el área de estudio, también permitirá determinar las unidades cartográficas y taxonómicas existentes; con la finalidad de conocer la aptitud y la calidad agrologica de las tierras que cubren el área a irrigar, también se tomara muestras de suelo para su respectivo análisis en laboratorio.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
SUMARY.....	IV
INTRODUCCION.....	V
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	16
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	17
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	17
1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACION.....	18
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
1.4 JUSTIFICACION.....	18
1.5 DELIMITACION	19
1.5.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA	19
CAPITULO II: MARCO TEORICO	21
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	21
2.2 BASES TEORICAS	25
2.2.1 SISTEMA DE RIEGO.....	25
2.2.2 SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD	25
2.2.3 BOCATOMA	26
2.2.4 CLASIFICACIÓN DE BOCATOMAS	27
2.2.5 PARTES DE UNA BOCATOMA.....	28

2.2.6 MUROS DE ENCAUZAMIENTO.....	30
2.2.7 DESARENADOR	31
2.2.8 CANAL DE CONDUCCIÓN DE CONCRETO	35
2.2.9 PERDIDAS DE AGUA EN CANALES	37
2.2.10 REVESTIMIENTO EN CANALES	39
2.2.11 ELECCION DEL TIPO DE REVESTIMIENTO.....	40
2.10.5 TIPO DE REVESTIMIENTO DE CANALES	41
2.3 VARIABLES	41
2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	41
2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	41
CAPITULO III: METODOLOGIA.....	42
3.1 TIPO DE INVESTIGACION.....	42
3.2 METODO	42
3.3 POBLACION	42
3.3.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO	42
3.3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.4 UNIDAD DE ESTUDIO	43
3.5 TECNICA E INSTRUMENTOS	43
3.5.1 TÉCNICA.....	43
3.5.2 INSTRUMENTOS	43
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	44
4.1 ESTUDIO TOPOGRAFICO.....	44
4.1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA	44
4.1.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO TOPOGRAFICO	50

4.2 ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO	52
4.2.1 GENERALIDADES	52
4.2.2 GEOMORFOLOGIA – GEOLOGIA	54
4.2.3 ASPECTOS SISMICOS	59
4.2.4 GEOTECNIA.....	63
4.2.5 VIABILIDAD GEOLOGICA - GEOTECNICA	72
4.3 ESTUDIO HIDROLOGICO.....	74
4.3.1 ASPECTOS GENERALES.....	74
4.3.2 EVALUACION HIDROLOGICA	78
4.3.3 OFERTA HIDRICA.....	85
4.3.4 DEMANDA HIDRICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	103
4.3.5 BALANCE HIDRICO MENSULIZADO.....	111
4.4 ESTUDIO AGROLOGICO	112
4.4.1 GENERALIDADES	112
4.4.2 DESCRIPCION GENERAL DE LAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES	119
4.4.3 FISIOGRAFIA	134
4.4.4 SUELOS	136
4.4.5 CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO MAYOR	140
4.4.6 CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA EL RIEGO.....	146
4.4.7 USO ACTUAL DE LA TIERRA.....	155
4.5 DISEÑO HIDRAULICO	157
4.5.1 DIMENSIONES DE LA QUEBRADA.....	157
4.5.2 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E HIDRAULICAS DEL CAUCE DEL RIO	158

4.5.3 DETERMINACION DEL CAUDAL DE DERIVACION	158
4.5.4 DIMENSIONAMIENTO DEL BARRAJE	159
4.5.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE DISIPACION DE ENERGIA	164
4.5.6 ENROCADO DE PROTECCION O ESCOLLERA	174
4.5.7. CALCULO DE LONGITUD DE SOLADO DELANTERO.....	175
4.5.8 CANAL DE LIMPIA	175
4.5.9 MURO DE ENCAUZAMIENTO	178
4.5.10 VENTANA DE CAPTACION	179
4.5.11 DISEÑO DE DESARENADOR.....	180
4.5.12 DISEÑO DEL CANAL DE CONDUCCION	184
4.5.13 OBRA DE ARTE	185
4.6 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	186
4.6.1 ANALISIS ESTRUCTURAL DE BARRAJE	186
A. PESO PROPIO DEL BARRAJE Y C.G.....	186
B. EMPUJE HIDROSTATICO	190
C. EMPUJE DEBIDO AL SEDIMENTO.....	191
D. CALCULO DE SUBPRESION.....	192
4.6.2 MUROS DE ENCAUZAMIENTO.....	194
CAPITULO V	198
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	198
CONCLUSIONES	200
RECOMENDACIONES.....	201
BIBLIOGRAFIA	202

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Infraestructura Hidráulica Existente	46
Tabla 2: Cuadro de vías de acceso al Distrito de acceso y Sector Ccaraccoto	47
Tabla 3: Ubicación de BMS	50
Tabla 4: Ubicación de calicata	53
Tabla 5: Clasificación utilizada para la calificación de pendientes del terreno .	58
Tabla 6: Calificación de susceptibilidad del terreno	59
Tabla 7: Parámetros de Sitio	60
Tabla 8: Parámetros de determinación de fuerza y cortante	60
Tabla 9: Trabajo de exploración en campo	63
Tabla 10: Volumetro Eley	64
Tabla 11: Densidad de campo.	64
Tabla 12: Valores de factores de Correlación	65
Tabla 13: Factores de corrección	65
Tabla 14: Relaciones entre N, Dr., CV, ϕ	66
Tabla 15: Auscultación dinámica PDL.	66
Tabla 16: Valores de ángulo de fricción obtenida en campo	66
Tabla 17: Clasificación de Suelos	69
Tabla 18: Resultado de ensayos de Laboratorio	70
Tabla 19: Cálculo de Capacidad Portante BOCATOMA.....	71
Tabla 20: Análisis comparativo de riesgo Geohidrológico y de Inversiones.....	73
Tabla 21: Las captaciones se encuentran ubicados las siguientes coordenadas	78
Tabla 22: Parámetros Geomorfológicos e Hidrológicos de las Microcuencas .	80
Tabla 23: Ubicación del punto captación.....	81
Tabla 24: Vía de acceso desde la capital provincial de la ciudad de Ccaraccoto.	82
Tabla 25: Estaciones Meteorológicas utilizadas	84
Tabla 26: ESTACIONES METEOROLOGICAS.....	85
Tabla 27: Disponibilidad de Caudales Medios Mensuales Generados en (m ³ /seg)	86
.....	86
Tabla 28: Evaluación de Precipitaciones.....	87
Tabla 29: Estaciones de mejor correlación.....	88
Tabla 30: Factores de Corrección para la Microcuenca	88
Tabla 31: Precipitación Max. 24 horas	88

Tabla 32: Precipitación para diferentes Periodos de Retorno	92
Tabla 33: Precipitaciones máximas para distintas duraciones y tiempos de retorno	93
Tabla 34: Formulas del tiempo de concentracion	96
Tabla 35: Calculos del tiempo de concentracion	97
Tabla 36: Calculo de Curva Numero CN Quebrada Ccaraccoto.....	98
Tabla 37: Resumen DE datos para Modelamiento Hidrológico	99
Tabla 38: Cedula de Cultivo	105
Tabla 39: Calculo de Evapotranspiración Potencial	110
Tabla 40: Calculo de Demanda Hídrica.....	111
Tabla 41: Determinación del Caudal Ecológico (lt/s)	111
Tabla 42: Balance Hídrico Mensualizado	112
Tabla 43: Características de las vías	116
Tabla 44: Estaciones meteorologicas utilizadas	120
Tabla 45: Plagas y enfermedades del cultivo que se siembra en la zona de estudio	131
Tabla 46: Rendimiento de cultivos	132
Tabla 47: Rendimiento de los cultivos en el distrito.	133
Tabla 48: Calificación de rangos de pendiente.....	137
Tabla 49: Clasificacion Taxonomica de los Suelos.....	139
Tabla 50: Valores de Perfil de la Cresta	163
Tabla 51: Cálculos de estructura de disipación	151
Tabla 52: Calculo de longitud de colchón disipador	167
Tabla 53: Coeficientes de lane.....	168
Tabla 54: Coeficientes según el tipo de material	177
Tabla 55: Coeficiente según diámetro de partículas.....	181
Tabla 56: Velocidad de Sedimentación(w)	182
Tabla 57: Coeficiente de seguridad.....	183
Tabla 58: Calculo Hidráulico del Canal de Conducción	185
Tabla 59: Calculo de fuerzas y momentos con respecto a "O"	191
Tabla 60: Calculo de Fuerzas y Momentos respecto a "A"	192
Tabla 61: Análisis de fuerzas y momentos	195

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Distrito de Marangani	20
Figura 2: Desarenador	35
Figura 3: Esquema de acceso a la zona donde se ubica el proyecto	47
Figura 4: Ubicación de proyecto	48
Figura 5: Ubicación del area de estudio	55
Figura 6: Litología del área de estudio	56
Figura 7: Mapa Geológico Regional	56
Figura 8: Leyenda estratigráfica y Símbolos	57
Figura 9: Deslizamientos recientes	58
Figura 10: Clasificación de Zonas Norma E.030	60
Figura 11: Mapa de Ordenadas Espectrales	60
Figura 12: Volumetro Eley	64
Figura 13: De los ensayos in situ en la mecánica de suelos Maurice cassan edit.Téc. asociados Pág. 162.	66
Figura 14: Ubicación de la Bocatoma y área agrícolas– Comunidad Sullca	79
Figura 15: Ubicación del área tributaria Microcuenca Sullca.	79
Figura 16: Microcuenca Rio Ccaraccoto.....	80
Figura 17: Software HidroEsta	90
Figura 18: Esquema del modelamiento en HEC – HMS.....	100
Figura 19: Hidrograma para un periodo de retorno de 10.....	100
Figura 20: Resultados de Hidrograma.....	101
Figura 21: Hidrograma para 25 años de Retorno	101
Figura 22: Resultados de Hidrograma.....	101
Figura 23: Resultados del caudal de precipitación - bocatoma.....	102
Figura 24: Resultados del caudal de precipitación - bocatoma.....	102
Figura 25: Variación del coeficiente de cultivo en el tiempo.	104
Figura 26: Formación de la evapotranspiración.....	108
Figura 27: Balance Hídrico.....	112
Figura 28: Organigrama De Los Procesos De La Metodología para la clasificación taxonómica de suelos	118
Figura 29: RESULTADOS CLIMATOGRAFIA	121

Figura 30: Resultados Precipitación Pluvial	122
Figura 31: Resultados Evapotranspiración	124
Figura 32: Resultados Hora sol	126
Figura 33: RESULTADOS REQUERIMIENTO ACTUAL DE AGUA	129
Figura 34: PROPUESTAS.....	130
Figura 35: Paisaje del Sector Ccaraccoto	135
Figura 36: Provincia de Canchis.....	136
Figura 37: Representación cartográfica utilizada.....	151
Figura 38: Perfil Tipo Creager	160
Figura 39: Carga total y carga neta sobre la cresta	162
Figura 40: Tirantes conjugados	165
Figura 41: Longitud de resalto hidráulico, Método grafico U.S.B.R.....	167
Figura 42: Grafico del solado - secciones	169
Figura 43: Efectos de subpresión.....	169
Figura 44: Sección del Canal de derivación	180
Figura 45: Planta - Desarenador	184
Figura 46: Cámara Distribuidora de Caudales.....	185
Figura 47: Perfil de barrage - Secciones	186
Figura 48: Fuerzas y punto de aplicación.....	190
Figura 49: Perfil de muro de encauzamiento	194

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Este proyecto se da cuando surge la necesidad de superar el requerimiento de agua para los cultivos que se dan en la agricultura y sobre todo cuando de una manera u otra no existe un buen control de riego en áreas de difícil acceso, donde se encuentra y requiere la implementación de sistema de riego **(VÁSCONEZ CUZCO, 2013)**.

NO El sistema de riego al igual que en los demás sistemas de riego en su mayoría de tierra, produciéndose severas pérdidas en la captación, conducción, control y distribución; esta situación conduce a una deficiente atención al usuario y disminuye la captación de recursos agua de riego, al no contarse con las condiciones adecuadas para la buena administración del recurso hídrico. **(PONCE SAHUINCO, 2015)**

En las zonas altoandinas uno de los factores preponderantes y vitales para su desarrollo lo constituye el agua, recurso que presenta varias características como son: de mala calidad, la poca cantidad y falta de embalses reguladores para aprovecharlos en distintas épocas de avenida y así se pueda aprovechar en época de estiaje. Presentando así la problemática de la infraestructura hidráulica que se encuentra en la mayoría de los casos en un estado precario

y en otros en conducciones simplemente de tierra, la cuales afectan directamente a la capacidad de conducción que va desde la captación hasta la zona de beneficio. **(CORNEJO CASTRO, 2014)**

La Comunidad campesina de Sullca, del Distrito de Marangani, se destaca por ser zona dedicada a la agricultura, siendo esta actividad el principal medio de subsistencia de sus pobladores, donde el uso actual del agua para riego es deficiente, situación que se torna aún más crítica puesto que actualmente vienen haciendo uso del sistema tradicional de riego.

En la actualidad la comunidad campesina de sullcca no cuenta con una infraestructura adecuada para el sistema de riego, debido a que posee estructuras en estado de deterioro, falta de mantenimiento y que no proporcionan la demanda de agua que se requiere por lo que los cultivos vienen siendo afectados. Teniendo una buena topografía del terreno, la aptitud de riego será mejor, debido a que el riego por gravedad se mueve por gravedad, por lo que el agua se mueve siguiendo la pendiente y no necesita de energía extra para darle movimiento y un correcto diseño.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles serán los tipos y características geométricas de la Bocatoma, del Desarenador y del Canal de Conducción para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto de la Comunidad de Sullcca, Distrito de Marangani – Canchis – Cusco”?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿Qué diseño de Bocatoma se requiere para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto?

- ¿Qué diseño de Desarenador se requiere para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto?
- ¿Qué diseño de Canal de conducción se requiere para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto?

1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACION

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES

Determinar el tipo y las características geométricas de la Bocatoma, del Desarenador y del Canal de Conducción para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto de la Comunidad de Sullca, Distrito de Marangani – Canchis – Cusco.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Diseñar la Bocatoma que se requiere para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto.

Diseñar el Desarenador que se requiere para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto.

Diseñar el Canal de Conducción que se requiere para mejorar la infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por gravedad en el Sector Ccaraccoto.

1.4 JUSTIFICACION

La eficiencia de los sistemas de riego y de la distribución del recurso hídrico permite que los países con potencial agrícola se desarrollen y que de esta manera aumente la economía. Por ejemplo, una publicación de 2007 en "The Economist" (*Kneese, 1964*) afirma ***“que la economía de Perú tiene un crecimiento muy rápido en América del Sur, y este crecimiento se debe principalmente a la exportación de productos. En Perú se***

incrementaron políticas para impulsar la agricultura, lo que ha mejorado la eficiencia en cultivos infraestructura”.

El presente estudio: **“DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”** tiene como finalidad el adecuado diseño y la ejecución como obra civil, que brinde la disponibilidad de agua necesaria para satisfacer las áreas de cultivo de dicho proyecto sin ningún inconveniente. Por medio de la construcción de componentes hidráulicos.

1.5 DELIMITACION

1.5.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA

El área donde se realizará el presente estudio técnico será exactamente en la comunidad campesina de Sullca en el distrito de Marangani, provincia de Canchis y departamento de Cusco.

La comunidad campesina de Sullca es una zona agrícola que cuenta con un buen clima y con una superficie de riego de 250 Hectáreas de su territorio.

La ubicación política de la zona en la cual se localiza el presente proyecto es:

DEPARTAMENTO	: CUSCO
PROVINCIA	: CANCHIS
DISTRITO	: MARANGANI
COMUNIDAD CAMPESINA	: SULLCA
LATITUD SUR	: 14°21'24.76”
LONGITUD OESTE	: 71°10'09.69”
ALTITUD	: Entre 2,150 m.s.n.m. a 4,486 m.s.n.m.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

a) EN EL MUNDO

Se halla la tesis: **“MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GRAVEDAD”**, presentado por **MIGUEL ANDRES GUERRA MOSCOSO** en la Universidad **San Francisco De Quito** (Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura – México). Para optar el título de INGENIERÍA CIVIL en el año México D.F. 2004.

CONCLUSIONES:

- El riego por gravedad es un sistema que requiere de baja inversión inicial y se requiere habilidad para lograr una operación eficiente.
- La economía y el desarrollo de muchos países con potencial o tradición agrícola dependen en gran medida de la eficiencia de los sistemas de riego y de las políticas de distribución y soberanía del agua.

- El sistema de riego de gravedad por surcos es un sistema que se puede utilizar en muchos cultivos en los que las pendientes no son muy elevadas.
- Los diferentes bioclimas en las zonas del mundo afectan de manera directa al cultivo y depende de estas condiciones la cantidad de riego va a depender también de estas condiciones.
- Potenciar la actividad agropecuaria y forestal en el nuevo enfoque de cadenas productivas – corredores económicos, aplicando tecnologías adecuadas que permitan obtener productos de calidad y cantidad para el consumo interno, agroindustrial y de exportación.

Se halla la tesis: “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN CANAL HIDRAULICO DE PENDIENTE VARIABLE PARA USO DIDACTICO E INVESTIGACION”, presentado por Carlos A. Marín Cordova, Máximo J. Menjívar Leonardo y José M. Zavaleta Linares en la Universidad del Salvador. Para optar el título de Ingeniería Mecánica.

CONCLUSIONES

- La conductividad de la sección se incrementa con el aumento del radio hidráulico y con la disminución en el perímetro mojado. La sección de canal que tenga el menor perímetro mojado para un área determinada tiene la máxima conductividad. La sección hidráulica óptima es la sección que da el área mínima para un caudal determinado, pero no necesariamente la mínima excavación. La velocidad mínima permisible para aguas que ni tengan limos o para flujos previamente decantados, este factor es prácticamente despreciable, se recomienda adoptar una velocidad media de 2 a 3 pies/seg. Los elementos geométricos para secciones hidráulicas óptimas son seis y la sección rectangular facilita

la experimentación de fluidos permitiendo en gran medida la estabilización de flujo más rápidamente.

b) A NIVEL NACIONAL

Se halla la tesis: “NECESIDADES DE AGUA Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD”, presentado por Ricardo Apacla Nalvarte, en la Universidad Nacional Agraria de La Molina. Para optar el título de Ingeniería Civil.

CONCLUSIONES:

- El riego por gravedad es el más apropiado, técnicamente para suelos llanos y pesados y económicamente para cultivos y sistemas de producción.
- La costa peruana es una región muy árida y los recursos hídricos son escasos, la tecnología de riego que utilizan la mayoría de los agricultores es la tradicional (riego continuo por gravedad), la cual es de muy baja eficiencia de aplicación, siendo el método de riego por surcos con flujo continuo el más utilizado.
- El sistema de riego por gravedad puede ser una alternativa de bajo costo que puede ser adoptado por agricultores de bajos recursos económicos.

Se halla la tesis: “DISEÑO GEOTECNICO PARA EL DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE LA BOCATOMA DEL RIO CHACCO-AYACUCHO”, presentado por Walter Prado Martínez en la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Para optar el título de INGENIERÍA CIVIL, Chimbote – Perú 2009.

CONCLUSIONES

- Como obras complementarias en la progresiva 0+045 km., se ha proyectado un desarenador de tipo lacado intermitente para decantar partículas de $\varnothing = 0.25$ mm; la velocidad del agua en el tanque sedimentador será de 0.20 m/seg; la profundidad media de 1.00 m., ancho igual a 1.7m y un largo del arenero de 9.0 mts.
- El diseño de la bocatoma Chacco realizado con interés local regulara el agua del rio Chacco irrigando a 210 Hás de terreno agrícolas, partes de la obra y sus características comprende: El barraje que es una presa de aliviadero, en época de avenidas regulará un caudal de 211.33 m³/seg, tiene una altura de 1.80 mts y una longitud de 36 mts, será de concreto ciclópeo. Al pie tiene un apoza disipadora de 15.00 mts de longitud y una loza de entrada armada de 10.00 de longitud.

Se halla la tesis: **“DISEÑO HIDRAULICO DE BOCATOMA EN EL RIO CHICAMA, EN LA ZONA DE FACALÁ”**, presentado por **Rita Teresa Ponce Sahuinco** en la Universidad **San Martin de Porres**. Para optar el título de INGENIERÍA CIVIL, **Lima – Perú 2015**.

CONCLUSIONES

- El diseño Hidráulico va a beneficiar el riego de 8025.25 Has, ubicadas en el sector de riego Facalá. Los componentes diseñados de la bocatoma tiene que ver con el caudal de demanda o captación y el caudal de diseño, para obtener un ancho de barraje de 95m, la socavación de acuerdo con el diseño es de 23cm, la rugosidad del cauce es de 0.391, se harán dos ventanas de captación de 3m., de largo por 1.625 de alto, la altura del barraje es de 2.42m., se generará un perfil tipo Creager. El ancho del canal de limpia es de 9.50m, longitud de colchón disipador es de 12.19m, teniendo una longitud total de 12.19m, teniendo una longitud total de la estructura de disipación es

de 19m, con espesor de solado de 1.60m, longitud de escollera de 17.00m.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 SISTEMA DE RIEGO

La necesidad de riego en el Perú tiene particular importancia, especialmente en la sierra donde las inversiones ejecutadas en proyectos de aprovechamiento hidráulico se encuentran en una proporción de 5 a 95% con respecto a la Costa. Por tanto, aumentar la necesidad de incrementar el área cultivada bajo riego es vital para satisfacer la demanda alimentaria de una población que crece a un ritmo anual del 3%; lo cual exige una mayor productividad por unidad de área cultivada. Ello es posible aumentando los rendimientos de los cultivos. **(OLARTE, 1987)**

2.2.2 SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD

Según **(OLARTE, 1987)**; indica lo siguiente:

En el Perú el Sistema de riego por gravedad, se aplica aproximadamente en el 97% del área cultivada, es conocido como el método tradicional de riego, y se viene aplicando desde los inicios de la agricultura. A los sistemas de riego por gravedad también se les conoce con el nombre de riego sistemas de riego superficiales o de superficie.

Todos los sistemas de riego por gravedad obedecen ciertos principios básicos, entre los cuales tenemos los siguientes:

- El agua debe ingresar por el punto más alto del terreno para poder regar todo el campo.
- El caudal de agua que ingresa a cada unidad de riego, una parte se infiltra en el terreno y el resto fluye en dirección de la pendiente dominante.

- El caudal que fluye sobre el terreno va disminuyendo constantemente conforme avanza el agua.
- La disminución del caudal depende directamente de la rapidez con que el agua penetra el terreno, o sea de la velocidad de infiltración.

2.2.3 BOCATOMA

Según (**ROCHA FELICES, 2003**) indicó lo siguiente:

Las obras de toma o bocatoma son las estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir, extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal. Las bocatoma suelen caracterizarse principalmente por el caudal de captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir. El tema de las bocatoma es siempre actual. En el Perú hay en operación un gran número de obras de toma para aprovechamiento hidráulico. El diseño de estas estructuras es casi siempre difícil y debe recurrirse tanto a métodos analíticos como a la investigación en modelos hidráulicos. La observación y análisis del comportamiento de las obras de toma en funcionamiento es muy importante.

El diseño de una obra de toma puede ser un problema muy difícil, en el que debe preverse la interacción estructura-naturaleza. La obra de toma, cualquiera que sea su tipo, es un elemento extraño en contacto con el agua. Es decir, que la estructura va a producir inevitablemente alteraciones en el medio natural circundante y, a la vez, la naturaleza va a reaccionar contra la obra. La estabilidad y la vida de una bocatoma están asociados al concepto de avenida de diseño. Tradicionalmente se ha usado el concepto de avenida de diseño para designar el máximo caudal del río que una bocatoma puede dejar pasar sin sufrir daños que la afecten estructuralmente. Más adelante se ampliará esta definición de acuerdo a la experiencia de las últimas décadas.

2.2.4 CLASIFICACIÓN DE BOCATOMAS

A. BOCATOMAS SIN BARRAJE

Son estructuras que carecen de dicho elemento, debido a no ser necesario sobre elevar el nivel de agua, ya que la captación estaría asegurada con el nivel mínimo que registra el río. Son posibles de diseñar en cursos de agua de fuerte pendiente, y cuando no se quiere tener una estructura costosa, tienen el inconveniente de que el lecho del río puede variar y dejar la toma sin agua, igualmente en las épocas de estiaje al disminuir el tirante de agua en el río puede disminuir considerablemente el ingreso de agua en la toma (**PONCE SAHUINCO, 2015**).

B. BOCATOMAS CON BARRAJES:

Según (**RUBIO ROJAS**) señala lo siguiente:

Es el tipo más común de tomas y a la vez el más costoso, sin embargo, garantiza la captación permanente de las aguas su característica fundamental es la presencia del barraje en cualquiera de sus formas y de acuerdo con el tipo de este se subdividen en:

- a. **Bocatomas con barraje fijo.** – Es una estructura sólida a todo lo ancho del cauce por tal motivo la curva de remanso que se produce aguas arriba del barraje no puede ser alterada originando una colmatación de sólidos, que puede traer la inutilización de la toma, o en su defecto un abundante ingreso de abundante de material sólido a través de la ventana de captación.
- b. **Bocatomas con barraje móvil.** – Consiste en un sistema de compuertas situadas a todo lo ancho del cauce del río y que a su vez regulan el flujo de las aguas. Desde el punto de vista hidráulico se recomienda cuando el río presenta un periodo de crecidas con caudales muy altos.

- c. **Bocatomas con barraje mixto.** – Constituye una combinación de los dos casos anteriormente citados en parte por una estructura fija y el resto por un sistema de compuertas que se aprovechan para usarlo como un canal de limpia del material sólido acumulado.

2.2.5 PARTES DE UNA BOCATOMA

(**ALFARO GONZALES, 1981**) señala que, las obras o estructuras básicas que forman un sistema de captación o toma dependen fundamentalmente de las condiciones hidrológicas, hidráulicas y topográficas de la zona de captación, además de la importancia de esta y del uso que se dará a las aguas derivadas, y está compuesto por los elementos siguientes:

A. BARRAJE

(**RUBIO ROJAS**) expresa que, el barraje es una estructura levantada en el cauce del río con la finalidad de retener el agua, produciendo la elevación de su nivel hasta una altura que nos asegure una captación permanente. El uso de este elemento se efectúa cuando el nivel mínimo de aguas del río es insuficiente para garantizar la captación del caudal al cual se diseñará la toma, siendo éste el caso genérico de los ríos de la sierra, donde debido al ciclo hidrológico sumamente variable que presentan, además de las condiciones topográficas del cauce; determinan que en época de estiaje sea imprescindible elevar dicho nivel de agua. La forma varía según su tipo: geometría, disposición dentro del cauce, material de construcción.

B. BOCAL DE CAPTACION O TOMA PROPIAMENTE DICHO

Según (**ROCHA FELICES, 2003**) indica lo siguiente:

Es un conjunto de obras hidráulicas que tienen por objeto efectuar la captación, tranquilizarían y entrega del agua, al canal de derivación. Este sistema está conformado básicamente por los siguientes elementos y los define de la siguiente manera:

a) Ventana de captación

Constituye la toma propiamente dicha. Se trata de uno o más vanos que permiten el ingreso del agua y que trabajan hidráulicamente, sea como vertederos o como orificios. La carga hidráulica que permite el ingreso del agua se origina como consecuencia de la altura de la presa derivadora. Pueden tener compuertas o no y suelen llevar rejillas de protección contra el ingreso de cuerpos extraños.

b) Compuertas de captación

Son las que regulan el ingreso de agua al canal de derivación. Pueden estar ubicadas como parte de las ventanas de captación, o, si hubiese un elemento decantador inmediatamente aguas debajo de las ventanas de captación, podrían estar ubicadas más hacia aguas abajo en el ingreso al canal. En las bocatomas pequeñas puede tratarse de una sola compuerta.

C. SISTEMA DE LIMPIA

(KROCHIN, 1982) señala que, este sistema está constituido por los dispositivos de los que se dota a la toma de acuerdo con las características del río en cuanto al arrastre de sólidos y al grado de limpia que se requiere efectuar. El modelo peruano de toma debido al arrastre de un volumen apreciable de sólidos presenta un sistema conformado por:

a) Compuerta de limpia

Ubicada en el extremo del azud al lado de la reja de entrada. Generalmente el río trae en creciente una gran cantidad de piedras que se acumulan aguas arriba del azud pudiendo llegar a tapar la reja de entrada con lo cual el caudal de captación se reduce considerablemente o puede ser totalmente interrumpido. La función de la compuerta es eliminar este material grueso **(KROCHIN, 1982)**.

D. POZA DE DISIPACION DE ENERGIA

(ROCHA FELICES, 2003) señala que, aguas debajo de los barrajes fijo y móvil es necesario disponer algún elemento que ayude a disipar la energía. Generalmente se disipa la energía mediante la formación de un salto hidráulico para lo que es necesario disponer una poza. Inmediatamente aguas abajo, y como transición con el lecho fluvial, se coloca una protección de fondo a base de piedras a la que se denomina rip-rap.

2.2.6 MUROS DE ENCAUZAMIENTO

(MANSEN VALDERRAMA, 2010) expresa lo siguiente:

Son estructuras que permiten encauzar el flujo del río entre determinados límites con el fin de formar las condiciones de diseño preestablecidas (ancho, tirante, remanso, etc.); Estas estructuras pueden ser de concreto simple o de concreto armado. Su dimensionamiento está basado en controlar el posible desborde del máximo nivel del agua y evitar también que la socavación afecte las estructuras de captación y derivación.

En lo referente a la altura de coronación que estas estructuras deben tener se recomienda que su cota superior este por lo menos a 0.50 m. por encima del nivel máximo de agua. Con la altura definida se puede dimensionar los espesores necesarios para soportar los esfuerzos que transmiten el relleno y altura de agua; se debe diseñar al volteo deslizamiento y asentamiento.

A. MURO GUIA

(ROCHA FELICES, 2003) Es un muro separador que suele ubicarse entre los barrajes fijo y móvil y aguas arriba de ellos. Se extiende también hacia también hacia aguas abajo separando ambas disipadoras de energía.

2.2.7 DESARENADOR

Según la ***Autoridad Nacional del Agua (ANA,2010)*** expresa lo siguiente:

El desarenador es una obra hidráulica que sirve para separar (decantar) y remover (evacuar) después, el material sólido que lleva el agua de un canal. El material sólido que se transporta ocasiona perjuicios de las obras:

- Una gran parte del material sólido va depositándose en el fondo de los canales disminuyendo su sección. Esto aumenta el costo anual de mantenimiento y produce molestas interrupciones en el servicio del canal.
- Si los canales sirven a plantas hidroeléctricas, la arena arrastrada por el agua pasa a las turbinas desgastándolas tanto más rápidamente cuanto mayor es la velocidad. Esto significa una disminución del rendimiento y a veces exige reposiciones frecuentes y costosas.

A. CLASES DE DESARENADORES

Según (***VILLÓN BÉJAR, 2005***) las clases de desarenadores son las siguiente:

a) En función de su operación:

- **Desarenadores de lavado continuo**, es aquel en el que la sedimentación y evacuación son dos operaciones simultáneas.
- **Desarenadores de lavado discontinuo (intermitente)**, que almacena y luego expulsa los sedimentos en movimientos separados. Son el tipo más común y la operación de lavado se procura realizar en el menor tiempo posible con el objeto de reducir al mínimo las pérdidas de agua.

b) En función de la velocidad de escurrimiento:

- De baja velocidad $v < 1$ m/s (0.20 – 0.60 m/s)
- De alta velocidad $v > 1$ m/s (1 – 1.5 m/s)

c) Por la disposición de los desarenadores:

- En serie, formado por dos o más depósitos contruidos uno a continuación del otro.
- paralelo, formado por dos o más depósitos distribuidos paralelamente y diseñados para una fracción del caudal derivado.

B. FASE DE DESARENAMIENTO

(*VILLÓN BÉJAR, 2005*) expresa que las fases son:

- Fase de sedimentación
- Fase de purga (evacuación)

C. ELEMENTOS DE UN DESARENADOR

Según (*VILLÓN BÉJAR, 2005*) , el desarenador para cumplir su función se compone de los siguientes elementos:

- a) Transición de entrada:** une el canal con el desarenador.
- b) Cámara de sedimentación:** lugar en la cual las partículas sólidas caen al fondo, debido a la disminución de la velocidad producida por el aumento de la sección transversal.

Según Dubuat, las velocidades límites por debajo de las cuales el agua cesa de arrastrar diversas materias son:

- Para la arcilla 0.081 m/s
- Para la arena fina 0.16 m/s
- Para la arena gruesa 0.216 m/s

c) Vertedero

Al final de la cámara se construye un vertedero sobre el cual pasa el agua limpia hacia el canal. Las capas superiores son las que primero se limpian, es por esto que la salida del agua desde el desarenador se hace por medio de un vertedero, que hasta donde sea posible debe trabajar con descarga libre. También mientras más pequeña es la velocidad de paso por el vertedero, menos turbulencia causa en el desarenador y menos materiales en suspensión arrastran. Como máximo se admite que esta velocidad puede llegar a $v = 1$ m/s.

De la ecuación de Francis para un vertedero rectangular sin contracciones, se tiene:

$$Q = CLh^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

Q = caudal (m^3/s)

C = 1.84 (para vertederos de cresta aguda)

C = 2.0 (para vertederos de perfil Creager)

L = longitud de la cresta (m)

h = carga sobre el vertedero (m)

Siendo el área hidráulica sobre vertedero:

$$A = L \times h$$

La velocidad, por la ecuación de continuidad, será:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{CLh^{\frac{2}{3}}}{Lh} = Ch^{\frac{1}{2}}$$

y la carga sobre el vertedero:

$$h = \left(\frac{v}{C}\right)^2$$

De donde para los valores indicados de v y C , se puede concluir que el máximo valor de h no debería pasar de 25 cm.

Casi siempre el ancho de la cámara del desarenador no es suficiente para construir el vertedero recto y perpendicularmente a la dirección del agua. Por esto se le ubica en curva que comienza en uno de los muros laterales y continúan hasta cerca de la compuerta de desfogue. Esta forma facilita el lavado permitiendo que las arenas sigan trayectorias curvas y al mismo tiempo el flujo espiral que se origina las alejas del vertedero.

d) Compuerta de lavado o fondo

Sirve para desalojar los materiales depositados en el fondo. Para facilitar el movimiento de las arenas hacia la compuerta, al fondo del desarenador se le da una gradiente fuerte del 2 al 6%. El incremento de la profundidad obtenido por efecto de esta gradiente no se incluye en el tirante de cálculo, sino que el volumen adicional obtenido se lo toma como depósito para las arenas sedimentadas entre dos lavados sucesivos.

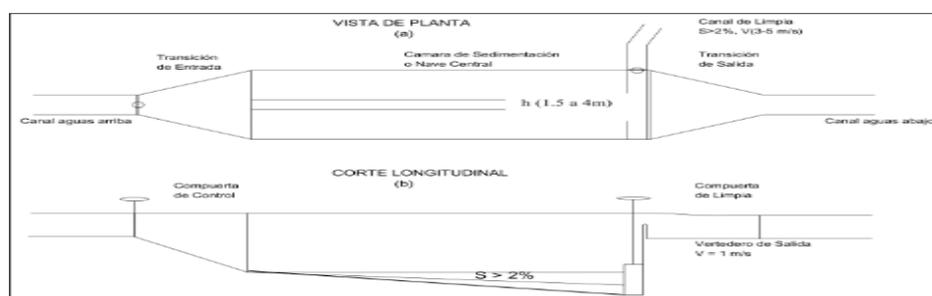
Generalmente, al lavar un desarenador se cierran las compuertas de admisión. Sin embargo, para casos de emergencia el desarenador debe poder vaciarse inclusive con estas compuertas abiertas. Por este motivo las compuertas de lavado deben diseñarse para un caudal igual al traído por el canal más el lavado que se obtiene dividiendo el volumen del desarenador para el tiempo de lavado. Hay que asegurarse que el fondo de la o las compuertas esté más alto que el punto del río al cual se conducen las aguas del lavado y que la ardiente sea suficiente para obtener una velocidad capaz de arrastrar las arenas.

Se considera que para que el lavado pueda efectuarse en forma rápida y eficaz esta velocidad debe ser e 3 – 5 m/s. Muchas veces, esta condición además de otras posibles de índole topográfica, impiden colocar al desarenador, inmediatamente después de la toma que es la ubicación ideal, obligando desplazarlo aguas abajo en el canal.

e) Canal directo

Por medio de este se da servicio mientras se está lavando el desarenador. El lavado se efectúa generalmente en un tiempo corto, pero con si cualquier motivo, reparación o inspección, es necesario secar la cámara del desarenador, el canal directo que va por su contorno, permite que el servicio no se suspenda. Con este fin a la entrada se colocan dos compuertas una de entrada al desarenador y otra al canal directo. En el caso de ser el desarenador de dos o más cámaras, el canal directo ya no es necesario pues una de las cámaras trabaja con el caudal total mientras la otra se lava (**VILLÓN BÉJAR, 2005**).

FIGURA 2: Desarenador



Fuente: (**PONCE SAHUINCO, 2015**)

2.2.8 CANAL DE CONDUCCIÓN DE CONCRETO

(KROCHIN, 1982) Indica que, se llaman canales a los cauces artificiales de forma regular que sirven para conducir agua. El flujo del agua se produce sin presión, o sea, siempre existe una superficie libre en el cual se tiene presión atmosférica. Puede por lo tanto considerarse canal a cualquier conducto cerrado, como un tubo, que se encuentra funcionando parcialmente lleno.

A. DISEÑO DE LOS CANALES ABIERTOS

Según (**KROCHIN, 1982**) expresa lo siguiente:

Se llaman canales abiertos a los conductos que van a cielo abierto, es decir aquellos que se excavan a media ladera por lo general y el material

excavado de ser posible se utiliza en el relleno del labio inferior y para el diseño se considera lo siguiente:

- Al realizar el diseño de un canal generalmente son dados, el caudal (Q) que se desea conducir y la gradiente de la que se dispone y que puede variar dentro de ciertos límites. También se conoce el coeficiente de rugosidad.
- Los canales se diseñan utilizando fórmulas que establecen relaciones entre la capacidad de conducción y la forma, el gradiente efectivo o pérdida de carga, y la rugosidad de las paredes. La fórmula comúnmente utilizada en que se incluyen todos estos factores es la ecuación de Manning.
- El área mojada se calcula en función de la velocidad aceptable en el canal. Esta generalmente varía entre 0.70m/s y 2m/s para evitar la sedimentación y la erosión.
- La forma de la sección óptima, hidráulicamente hablando, es aquella que con una superficie mojada mínima conduzca el caudal máximo. La sección que tiene las mejores características hidráulicas es la semicircular, pero es relativamente difícil de construir y, generalmente carece de estabilidad. Por este motivo la forma de sección más usada en canales es la trapezoidal.

B. TIPOS DE CANALES ABIERTOS

Las secciones transversales de un canal es generalmente de forma irregular, los canales de concreto usualmente se diseñan con formas geométricas y los más comunes son: Sección Trapezoidal, Sección Rectangular, Sección Triangular, Sección Parabólica

a.- SECCION RECTANGULAR: Se emplea canales revestidos, para acueductos de madera, para canales excavados en roca.

2.2.9 PERDIDAS DE AGUA EN CANALES

Según (*VILLÓN BÉJAR, 2005*), las pérdidas de agua se producen en canales de tierra, pueden ser de dos tipos: por infiltración y pérdidas por evaporación.

A. PERDIDAS POR INFILTRACION

Según (*VILLÓN BÉJAR, 2005*) indica lo siguiente:

Los canales son conductos que sirven para el transporte del agua, desde el punto de captación hasta el punto de entrega para su uso (generación de energía eléctrica, riego, uso poblacional, etc.).

Generalmente los canales que sirven a las plantas hidroeléctricas son revestidos, en cambio, por razones de costo en lo que se refiere a la inversión inicial, en la mayoría de los casos se dejan sin revestir. De los materiales que se usan como lecho del canal ninguno de ellos es 100% impermeable, pero cuando los canales no se revisten, las pérdidas por infiltración se hacen muy considerables.

El cálculo de las pérdidas por infiltración en un canal, resulta de gran importancia para la evaluación económica de los canales que se van a evacuar o de los que ya están ejecutados, el cálculo se efectúa con base en un examen de las propiedades hidráulicas del suelo donde intervienen muchas variables.

Las pérdidas por infiltración en los canales, reducen la eficiencia del sistema, ya que representan pérdidas de agua valiosa para los cultivos, además las pérdidas elevan el nivel freático, lo que causa efectos perjudiciales a las plantas, ayuda a la salinización del suelo y se convierte en foco de enfermedades.

B. FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS PÉRDIDAS

(*VILLÓN BÉJAR, 2005*) afirma que, dentro de los factores que afectan a las pérdidas por infiltración, se tienen:

- La permeabilidad del lecho del canal, la percolación depende de la permeabilidad del suelo y son tanto mayores cuando más poroso y grueso es el suelo.
- Edad del canal. La pérdida de agua en los canales es generalmente máxima inmediatamente después de construidos, y después disminuye gradualmente con el tiempo a medida que el fondo y los lados son cubiertos por el fango. Las partículas de limo y arcilla llevadas por el agua son atraídas por las corrientes de percolación y se incrustan en los poros obstruyéndolos.
- Caudal, las pérdidas son proporcionalmente menores en los canales grandes que en los pequeños.
- Longitud del canal, las pérdidas son directamente proporcionales a la longitud del canal de conducción.

C. PERDIDAS EN CANALES REVESTIDOS

Según Davis citado por (*VILLÓN BÉJAR, 2005*) indica lo siguiente:

Todo canal debe ser revestido cuando las pérdidas por infiltración excedan a 0.46 m/día ($5.3 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$). El revestimiento de un canal no elimina completamente las pérdidas por infiltración, pues siempre hay fugas a través de grietas que se producen o del mismo hormigón, pero las reduce considerablemente.

De acuerdo al trabajo desarrollado por Uginchus las pérdidas en un canal revestido pueden obtenerse multiplicando por un factor las pérdidas que se producen en el mismo canal de revestido.

Uginchus manifiesta que para el cálculo de las pérdidas por infiltración en un canal revestido se puede usar la fórmula experimental:

$$P = K \frac{y}{e} (b + y\sqrt{1 + Z^2}) \times 1000$$

Donde:

P = pérdidas, en $m^3/s - km$

K = permeabilidad de revestimiento de hormigón, en m/s , el mismo que varía de $10^{-5} m/s$ a $10^{-5} m/s$

e = espesor del revestimiento, en m .

b = ancho, de solera en m .

y = tirante, en m .

Z = talud

2.2.10 REVESTIMIENTO EN CANALES

Según (**KROCHIN, 1982**) señala que, los revestimientos deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- 1.- Crear una barrera impermeable al paso del agua disminuyendo las pérdidas de ésta y extender el riego a una mayor superficie cultivable.
- 2.- Proteger las tierras colindantes de los daños que en ellas causa de filtración eliminando con esto la necesidad de costosas obras de drenaje.
- 3.- Proteger el canal contra la erosión permitiendo una mayor velocidad. Esto a su vez permite reducir la sección con la consiguiente economía.
- 4.- Reducir el coeficiente de rugosidad permitiendo el aumento de velocidad.
- 5.- Evitar el ablandamiento de las tierras con la humedad y proteger así los taludes contra el derrumbamiento.

6.- Evitar el crecimiento de plantas acuáticas y también los huecos hechos por distintos animales.

7.- Como consecuencia de los numerales anteriores reducen considerablemente los costos de mantenimiento.

(KROCHIN, 1982) afirma que, Por lo tanto, las características de un buen revestimiento deben ser las siguientes:

- Ser impermeable
- Ser resistente a la erosión
- Ser de bajo costo en cuanto a construcción como a mantenimiento.
- Ser durable ante la acción de agentes atmosféricos, plantas y animales.

2.2.11 ELECCION DEL TIPO DE REVESTIMIENTO

(Cueva Contreras, 1997) expresa que, “Si se ve desde el punto de vista de la ingeniería, los revestimientos de canales son estructuras muy sencillas; sin embargo, se debe de poner el mayor cuidado en la elección del tipo de revestimiento, así como el diseño, ya que implica grandes inversiones de mano de obra, materiales y maquinarias a ser empleadas” como las siguientes:

- Disponibilidad del material
- Equipo necesario para su instalación
- Tamaño del canal
- Condiciones de clima
- Condiciones de cimentación
- Permanencia del flujo sobre el canal
- Duración y economía
- Topografía
- Costos y aspectos financieros

2.2.12 TIPO DE REVESTIMIENTO DE CANALES

(*Cueva Contreras, 1997*) indica que, según las propiedades de deformabilidad de los materiales empleados, así como la capacidad a adaptarse a movimientos del terreno sin sufrir daños mayores, los revestimientos de canales se clasifican en rígidos y flexibles:

a) Revestimientos rígidos

- Revestimiento de mampostería
- Revestimiento de concreto simple
- Revestimiento de concreto reforzado
- Revestimiento de concreto lanzado

b) Revestimientos flexibles

- Revestimiento de concreto asfáltico
- Revestimiento de manta asfáltica
- Revestimiento de geo membranas
- Revestimiento de geotextil
- Suelos impermeables compactados

2.3 VARIABLES

2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Infraestructura hidráulica del Sistema de Riego por Gravedad.

2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Obras hidráulicas: Bocatoma, Desarenador y Canales de Conducción

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

La presente investigación asume el tipo cuantitativa - descriptiva; en cuanto las variables y/o unidades de estudio serán medidas cuantitativas y en algunos casos aplicada a la estadística.

3.2 METODO

El método que se utiliza es el método deductivo - analítico ya que deriva de leyes y normas de diseño que serán aplicadas para el diseño.

3.3 POBLACION

3.3.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Sistema de Riego en el SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO.

3.3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo tiene un “Nivel Descriptivo”

3.4 UNIDAD DE ESTUDIO

La unidad de estudio de la presente investigación es el diseño de la Bocatoma, Desarenador y Canal de conducción.

3.5 TECNICA E INSTRUMENTOS

3.5.1 TÉCNICA

La técnica que se usara es la Observación en Campo a través de recolección de datos y procesamiento de ellos.

3.5.2 INSTRUMENTOS

Equipos, instrumentos y conocimientos de ingeniería utilizados para evaluar las unidades de estudio y para cada uno de los requerimientos de la metodología usada para este estudio.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 ESTUDIO TOPOGRAFICO

4.1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

A. NOMBRE DEL ESTUDIO

“DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”.

B. GENERALIDADES

En el presente trabajo de topografía pretende obtener al detalle, información del relieve del suelo (Microcuenca), mediante el levantamiento planimétrico y altimétrico, la elaboración de planos respectivos con curvas de nivel con una equidistancia de 1.00 m. en la zona donde se ejecutará la bocatoma y desarenador a escala 1:1000 y Canal de conducción a escala 1:2000.

C. INTRODUCCION

El levantamiento topográfico se refiere al establecimiento de puntos de control horizontal y vertical; por lo que se requiere por una parte una cantidad suficiente de puntos de control vertical e igualmente suficientes puntos de control horizontal para los casos de verificación y replanteo en el desarrollo del proyecto y posterior construcción.

Se han establecido Puntos de Control Horizontal y Vertical en todo el recorrido de la ruta. En todas estas zonas se realizó el diseño de las obras hidráulicas como: Bocatoma, desarenador y canal de conducción para el sistema de riego por gravedad.

Un proyecto de riego requiere los dos conceptos, por lo tanto, antes de realizar la topografía se ha tenido en cuenta los siguientes ítems:

- Planteamiento hidráulico del estudio definido.
- Trazo, plataforma y canal existentes en campo.

El presente informe es parte complementaria del informe para el **“DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”**.

D. ALCANCES

El levantamiento topográfico sirve de base para realizar el planteamiento y diseño de obras hidráulicas. En primer lugar se procede a realizar reconocimiento de campo, luego el estudio estará diseñado sobre un modelo semejante al terreno, en condiciones de ser materializado mediante señales que definan puntos, líneas o planos que sirvan de referencia para la construcción de los elementos. La colocación de estas señales servirá para el replanteo. El replanteo del área de estudio es el primer paso en la

ejecución del mismo en el terreno y de él depende que el producto final se corresponda con la definición original.

El área de estudio se encuentra en una zona ondulada, talud en el terreno tiene una pendiente actual variable entre 5° y 28°.

El producto final es el PLANO. El soporte de esta representación y la escala son según se obtenga la mejor visualización posible de sus componentes y características.

E. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EXISTENTE

En el siguiente cuadro se especifica la infraestructura hidráulica existente:

Tabla 1: Infraestructura Hidráulica Existente

INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EXISTENTE				
N°	Descripción	Progresiva (Kmt.)	Cantidad	Estado Actual
01	Bocatoma	0+000	01	Deterioro, insuficiente agua y perdidas por infiltracion
02	Desarenador	_____	00	No existe
03	Canal de conducción	0+000 al 0+240	01	Perdidas por infiltracion
04	Canal de distribución	0+0240	01	Operativo

F. VÍAS DE ACCESO

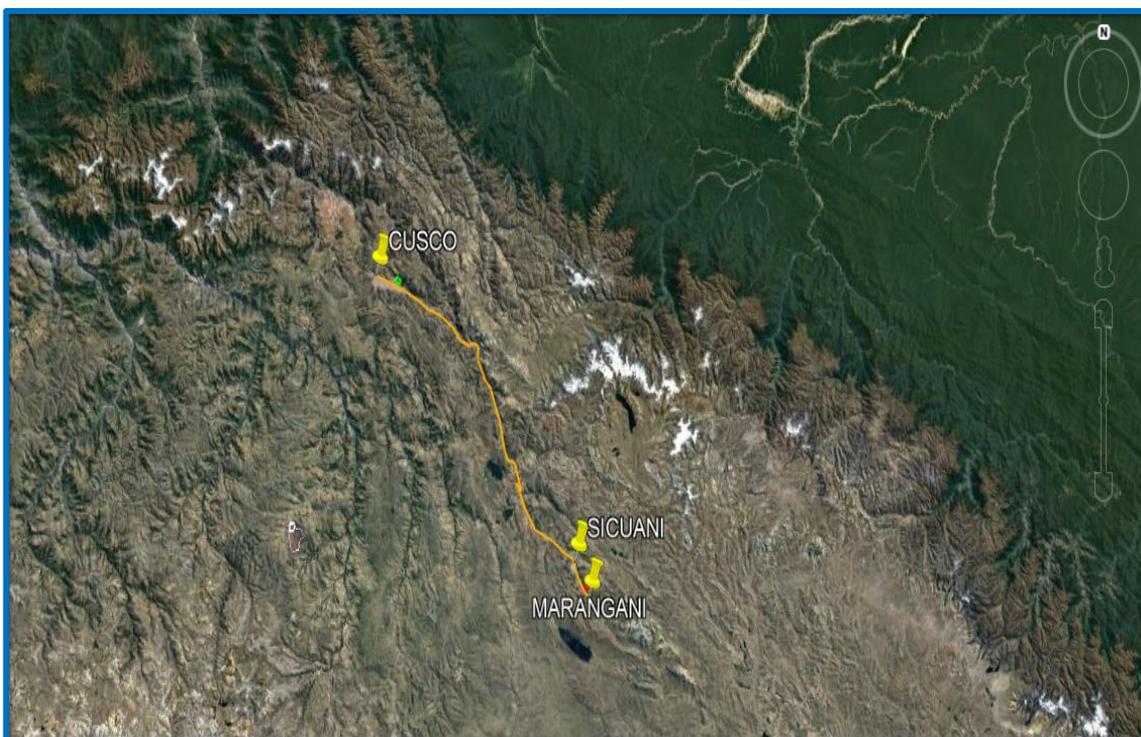
La provincia de Canchis (Sicuani) se encuentran ubicada a 138 Km. de la ciudad de Cusco. Para acceder al distrito de Marangani se toma la carretera panamericana de Cusco – Puno, y a la localidad de Sullca. Los Sectores agrícolas se sigue el siguiente itinerario:

Tabla 2: Cuadro de vías de acceso al Distrito de acceso y Sector Ccaraccoto

DESDE	A	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORTE	DISTANCIA (KM.)	TIEMPO (HORAS)	FREC	OBSERV.
Cusco	Sicuani	Carretera asfaltada	Vehic. motorizado	138	02:45	Diaria	Doble vía
Sicuani	Puente Kumuyapu	Carretera asfaltada	Vehic. motorizado	9.82	00:15	Diaria	Doble vía
Puente Kumuyapu	Ccaraccoto	Carretera afirmada	Vehic. motorizado	5.67	00:15	diaria	Una vía

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 3: Esquema de acceso a la zona donde se ubica el proyecto



Fuente: Elaboración Propia

G. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

a) UBICACIÓN DEL AREA DE INFLUENCIA:

El ámbito de trabajo desarrollado está localizado en la región del Cusco, Provincia de Canchis y distrito de Marangani.

FIGURA 4: Ubicación de la quebrada



Fuente: Elaboración Propia

Geográficamente el Área de Influencia de la zona de estudio, comprende el sector de Ccaraccoto del Distrito Marangani con coordenadas

- Latitud Sur: 14°22'35.43" - 14°21'7.05"
- Longitud oeste: 71°13'40.31" - 71°13'42.87"
- Altura: 4,256.05 - 4,100.63 m.s.n.m. respectivamente.

El Distrito de Marangani se ubica en:

- Coordenada UTM: X = 266124.948, Y = 8411678.707
- Latitud Sur 14° 21'25.65" y Longitud oeste 71°10'07.06".
- Altitud: 3745 m.s.n.m.

Coordenadas UTM WGS 84 según se aprecia en el Instituto Geodésico Nacional.

b) UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

UBICACIÓN POLÍTICA

- DEPARTAMENTO /REGIÓN : CUSCO
- PROVINCIA : CANCHIS
- DISTRITO : MARANGANI
- COMUNIDAD CAMPESINA : SULLCA

- REGIÓN GEOGRÁFICA : SIERRA

UBICACIÓN HIDROGRAFICA

- CUENCA : URUBAMBA
- SUB CUENCA : RIO VILCANOTA
- MICROCUENCA : SULLCA
- QUEBRADA : CCARACCOTO

H. ZONA EN ESTUDIO

La zona presenta relieves ligeramente pronunciados y quebradas característicos de la zona alta andinas de Perú.

I. TRABAJOS DE GABINETE

Los cálculos de gabinete se realizaron para procesar toda la información recopilada, para el caso de los levantamientos con la Estación Total.

La información recopilada primero fue evaluada, tratada y posteriormente se elaboraron los planos topográficos; y en el caso de las libretas de campo para nivelación de igual manera la información recuperada primeramente fue evaluada, tratada y posteriormente se elaboraron los planos respectivos.

Modelamiento de la Topografía Existente, obteniendo curvas a nivel Principales cada 5.00 m y las Secundarias a cada 1.00 m, plasmándolo en planos digitales los datos de campo, dando una perspectiva detallada de lo encontrado en el terreno hacia el papel.

Post-procesamiento de los trabajos topográficos en los softwares Civil 3D.

Descripción de puntos levantados.

- Elaboración de cuadros y gráficos.
- Elaboración y revisión de los planos.

4.1.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO TOPOGRAFICO

A. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

La información cartográfica es de vital importancia, ya que facilita mucho el trabajo de reconocimiento de la zona, esta información consiste en cartas geográficas a escalas 1:25000, 1:100000 de la zona de estudio, así como también imágenes satelitales y fotos aéreas. Para el caso del presente trabajo la información cartográfica con la que se contó fueron cartas geográficas a escala 1:25000 del IGN con numeración 28m 1NO, 28m1SO, así como un plano topográfico de planta de la zona de Estudio.

Los planos descritos anteriormente, sirvieron para determinar claramente el área de influencia de la zona de estudio, así como la ubicación, bocatoma, desarenador y canal de conducción para el sistema de riego, propiamente dicha y las cartas topográficas para planificar los trabajos de reconocimiento, así como para determinar los posibles puntos de control para los posteriores trabajos de topografía y el trazo de eje de canal de conducción definitivo. Así mismo también sirvió para la ubicación de áreas que comprende el estudio, para la elaboración del Planteamiento Hidráulico y ubicación de posibles canteras y vías de acceso.

Cabe mencionar que también se contó con instrumentos topográficos de precisión.

B. UBICACIÓN DE LOS BENCH MARK (BMS) TRAMO PRINCIPAL

TABLA 3: Ubicación de BMS

CUADRO DE COTAS DE BMS CCARACCOTO			COORDENADAS UTM	
ESTACION	COTA	DESCRIPCION	X	Y
BM-01	4086.1	HITO SOBRE ROCA	258692.8332	8411720.183
BM-02	4011.74	HITO SOBRE ROCA	259121.2545	8412017.48
BM-03	4008.01	HITO SOBRE ROCA	59144.5273	8411999.514
BM-04	3998.04	HITO SOBRE ROCA	259371.9225	8412228.622
BM-05	3962.8	HITO SOBRE ROCA	259785.586	8412037.277
BM-06	3969.41	HITO SOBRE ROCA	259580.7032	8412028.481
BM-07	3984.86	HITO SOBRE ROCA	259443.9918	8412280.055
BM-08	3958.89	HITO SOBRE ROCA	259856.3684	8412454.256
BM-09	3917.96	HITO SOBRE ROCA	260146.6084	8412134.07
BM-10	3866.41	HITO SOBRE ROCA	260398.6611	8412411.319
BM-11	3786.74	HITO SOBRE ROCA	261191.0533	8412049.679
BM-12	3852.82	HITO SOBRE ROCA	261419.151	8411550.892
BM-13	3813.1	HITO SOBRE ROCA	261229.2612	8411698.375
BM-14	3765.07	HITO SOBRE ROCA	261456.8899	8411823.595

Fuente: Propio

C. GENERACIÓN DE PLANOS

Los planos topográficos y perfiles longitudinales fueron elaborados con el programa AUTOCAD CIVIL 3D y AUTOCAD 2017. Ya que son programas que realizan el procesamiento de datos recopilados en el levantamiento topográfico. Se presentan los planos del levantamiento topográfico, indicando las características del terreno. Las plantas y elevaciones se han dibujado con escalas técnicas de 1/2000, 1/200, 1/100, dependiendo de las características particulares de la zona de estudio.

En los planos de ubicación y localización se señala el norte magnético. Asimismo, se ha considerado el sistema de coordenadas UTM - datum WGS 84 para la zona 18 Sur las curvas de nivel se han dibujado cada 1.00m. Los detalles del diseño se han dibujado en escala 1/50, 1/75, 1/100.

Los planos de plantas, elevaciones, perfiles, secciones y detalles de canal y obras hidráulicas se presentan a escala 1/2000, 1/100 según se obtenga la mejor visualización posible de sus componentes y características.

Los planos Obtenidos son:

- Plano Clave
- Plano de Ubicación Quebrada Ccaraccoto PU-01.
- Plano Hidrológico PH-01.
- Plano Topográfico Bocatoma PB-01.
- Detalles Bocatoma PB-02.
- Plano Topográfico Desarenador PD-01.
- Plano Detalles Desarenador PD-02.
- Plano Planta y Perfil Longitudinal de Canal de Conducción.
- Plano Detalles de Cámara Distribuidora de Caudales.

4.2 ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO

4.2.1 GENERALIDADES

A. INTRODUCCION

El Presente Informe Estudio Geotécnico, para el Estudio: “DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”. EMS PARA CIMENTACIONES DE BOCATOMA.

Ubicado en las Microcuenca de Ccaraccoto de la comunidad campesina de SULLCA, del Distrito de Marangani, Provincia de Canchis, Región del Cusco, el informe es desarrollado a solicitud de la interesada.

La fase de estudios previos y trabajos en campo se ha llevado, en forma coordinada con las autoridades y representantes de los beneficiarios del uso del Agua.

La Ingeniería Geológica. - Ciencia que implica el conocimiento de los eventos y procesos que acontecen en la actualidad en el interior y exterior de la tierra.

La Geología Estructural. - Evalúa la presencia de anomalías geológicas (fallas, fracturas, discontinuidades, foliación etc.), que por su debilidad mecánica generan actividades geodinámicas.

La Hidrogeología. - Estudia la acción y la transmisibilidad de las aguas subterráneas.

La Geotecnia. - Es la ciencia que estudia los suelos y rocas utilizando pruebas en campo y ensayos de laboratorio, dando valores utilizando cálculos y formulas, aplicadas con Normas vigentes en la actualidad.

El factor de seguridad - riesgo. - Este factor es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, en la primera etapa de planificación de un

proyecto. La definición del factor de seguridad-riesgo, expresa que la calificación del factor de seguridad y riesgo Geológico e Hidrogeológico es muy compleja con respecto a la confiabilidad y la calificación de acuerdo con el grado real o potencial de riesgo, donde el costo de un proyecto puede resultar alto y se tienen que asumir riesgos de características no determinadas.

La evaluación de VIABILIDAD GEOTECNICA, tiene como fines y objetivos, actualizar los estudios geotécnicos, dar seguridad física a la Obra, estabilidad y seguridad física alrededor del proyecto.

B. UBICACIÓN

La zona de estudio se ubica en el sector de CCARACCOTO, de la comunidad campesina de SULLCA, distrito de MARANGANI, Provincia de CANCHIS, región del CUSCO.

TABLA 4: Ubicación de calicata

Microcuenca	Calicata / Bocatoma:	Ubicación sector	Cota msnm.
CCARACCOTO	Ca-1	Ccaraccoto	4080.00

Fuente: Propio

C. OBJETIVOS

El presente estudio tiene la finalidad de investigar las características geológicas y geotécnicas con realización de excavación mediante calicatas, Definir los perfiles estratigráficos encontrado dentro de la calicata realizada, evaluar los resultados de los ensayos de laboratorio, así como de los parámetros de resistencia para determinar la capacidad admisible del terreno.

D. INFORMACION PREVIA

NO existe estudios referentes al Área – estudio.

a.- ACCESIBILIDAD

El acceso desde la localidad de Marangani, es en dirección Oeste, por Vía afirmada hasta los sectores en estudio, transitable durante todo el año.

b.- BASE TOPOGRÁFICA EMPLEADA

- Plano Geología del cuadrángulo de Cusco INGENMET Edición 1(2543) 28-s Escala 1:100,000.
- Plano topográfico: de fecha, septiembre del 2017 Escala: 1: 10,000.

c.- METODO Y DURACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

El trabajo ha sido subdividido en partes:

- Recopilación de datos y de trabajos anteriores del lugar.
- Trabajos de campo, investigación geológica de superficie, Pruebas y ensayos de campo, Densidad con Volumetro, pruebas de permeabilidad In situ, muestreo y codificación de secuencias estratigráficas.
- Procesamiento de datos de campo, análisis y ensayos en laboratorio, preparación de resultados y otros trabajos de gabinete, elaboración del informe final.

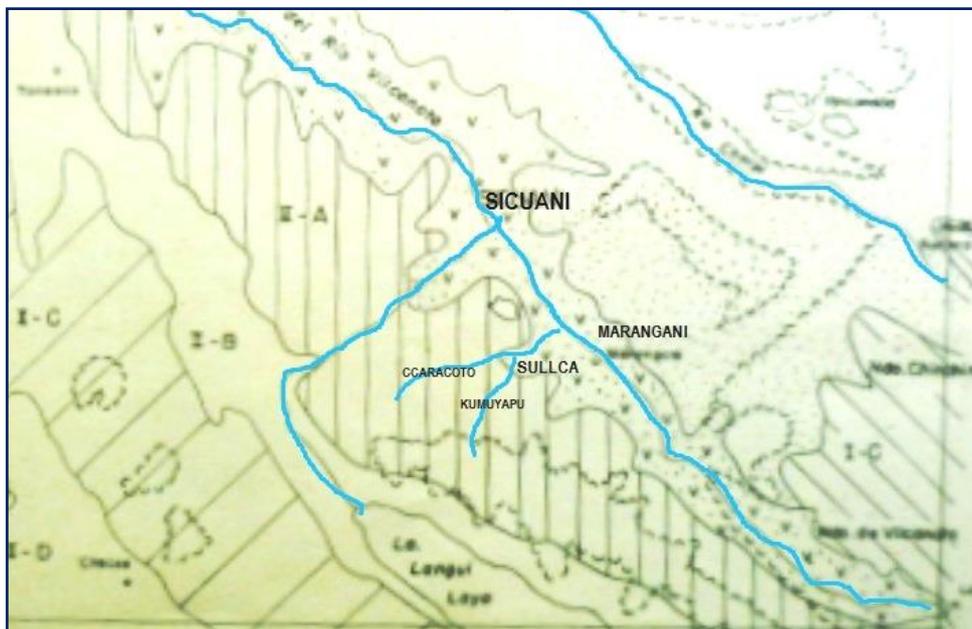
4.2.2 GEOMORFOLOGIA – GEOLOGIA

A. GEOMORFOLOGIA

El Área de estudio está ubicada en el Valle Interandino del rio Vilcanota, Margen izquierda, delimita al Noroeste, Oeste y Suroeste con las montañas del Kenamari, altiplanicie y la depresión de los lagos alto andinos (Langui Layo), al pie de los cerros: Hatunereciana, Vilisencca, Ayahuasi y Sofo, de donde nace la quebrada de Ccaraccoto, esta quebrada presenta el mismo relieve morfológico, relleno Aluvional -glaciaro, (Parte Superior), de pendiente Abrupta, existe una discordancia erosional, entre el actual lecho de la quebrada y el deposito morrenico. La parte Inferior es de pendiente casi llana. La morfología del Lecho de la quebrada está conformada por

Salto y cascadas por la existencia de Bloques de roca.

FIGURA 5: Ubicación del área de estudio



Fuente: Propio

B. GEOLOGIA

La Geológica está representado por la Formación Muñani Cotacucho del cretácico superior, (Ks-muco), Afloran en la parte Inferior del Área Proyecto y está constituida por sedimentos detríticos finos, estratos de Lutitas rojas y areniscas finas arcósicas con estratos de yeso. La fonación Puno inferior (Ti.pui), aflora en la parte superior, cuya litología está constituida de areniscas rojas, estratos desde 0.5 cm, hasta 5m. de espesor. Los suelos actuales corresponden a depósitos Cuaternario reciente Aluvio – glaciarios (Qr-ag), depósitos pie de monte, morrenas frontales que rellenaron el Valle, su litología la constituye bloques de roca, bolonería, sub redondeadas, clastos gravas en matriz de arenas y arcillas limosas, estos suelos se clasifican SUCS: como GC, GM, GC-GM.

FIGURA 8: Leyenda estratigráfica y Símbolos

LEYENDA				
SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	
CUATERNARIO	Reciente	Eluviales, deslizamiento y flujo de barro	Q-el	
		Aluviales Incluyendo Terrazas	Q-al	
		Travertinos Volc. Guimsachata	Q-iv Q-vqu	
	Pleistoceno	Morreñas y morrena antigua	Q-m	
		Dep. Lacustres	Q-lac	
			G-s-s	
TERCIARIO	Superior	Gpo. Tacaza	Tms-vt	Hipoplézidas Intrusiones terciarias
	Medio a Inferior	Grupo Puno: Miembro Superior	Ti-pus	
		Grupo Puno: Miembro Inferior	Ti-pul	
CRETACEO	Superior	Mafani Cotacahuasi	Ks-muco	T / 100 T / 100 T / 100 T / 100 T / 100 T / 100
		Chilca	Ks-chi	
		Hanchipacha	Ks-ha	
	Medio	Calizas Ayabacas	Ks-ay	
		Moho Huancan?	Kj-hu	
		Muni	Kl-mu	
PERMICO	Superior	Gpo. Mitu	Ms-mi	
	Inferior	Gpo. Copacabana Tarma	Pals-cota	
CARBONIFERO	Superior			
	Inferior	Ambo	M-am	
DEVONICO	Medio a Inferior	Cabanillas	P-ca	
		Pizarras negras y cuarcitas finas	Pal-j	

SIMBOLOS	
	Rumbo y buzamientos de las capas
	Rumbo y buzamiento mediano
	Rumbo y buzamiento fuerte
	Rumbo y buzamiento de foliación
	Rumbo y buzamiento de junta
	Capas invertidas
	Capas verticales
	Capas horizontales
	Contacto conocido
	Contacto aproximado
	Falla normal
	Sobrescurrimiento
	Zona con esquistosidad
	Áreas con plegamientos complejos
	Eje de anticlinal
	Eje de sinclinal
	Localidades fosilíferas
	Minas con indicación mineral y paragénesis
	Yeso
	Costras salinas

D. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Regionalmente el valle del Vilcanota es un sinclinal comprendidos entre Marangani y Combapata, generada por tectónica intermedia, durante el cretáceo, también geológicamente ocurrió la tectónica del terciario, con diferentes grados de complejidad.

Fallas regionales con reactivación recientes delimitan todo el valle del Vilcanota, falla San Cristóbal, falla Quilca - San Felipe, falla Uyurmiri, localmente en el Área- proyecto, existe la falla coñocota que atraviesa en forma perpendicular a la microcuenca Sullca, en la parte inferior, Otras microfallas ocurren en la microcuenca Ccaraccoto, fallas no activas.

E. GEODINAMICA

a.- DESLIZAMIENTOS ANTIGUOS Y RECIENTES

En la parte alta del área proyecto y alrededores, sobre todo en los taludes de la quebrada y los depósitos morrenicos, por donde

actualmente discurren las aguas, se pueden observar deslizamientos antiguos y recientes, lo cual nos indica que la presencia de actividad geodinámica es moderada, sobre afloramiento rocoso y suelos aluvio glaciarios, con comportamiento geodinámica superficial característico, asociado a épocas de lluvias, fenómenos de deslizamientos por saturación de agua, erosión y profundización de cauce.

FIGURA 9: Deslizamientos recientes



Fuente: Elaboración Propia

b.- PENDIENTE DEL TERRENO

El talud el terreno tiene una pendiente actual variable entre 5° y 28° por tanto se tiene:

TABLA 5: Clasificación utilizada para la calificación de pendientes del terreno

CLASIFICACIÓN	INCLINACIÓN		Puntuación	CALIFICACIÓN (Con relación a la estabilidad)
	%	GRADOS (°)		
Muy baja	0-5	0 - 8.5	0	Muy favorable
Baja	5-30	8.5 - 16.7	1	Favorable
Mediana	30-50	16.7 - 26.6	2	Moderadamente favorable
Alta	50-100	26.6 - 45	3	Desfavorable
Muy alta	Mayor a 100	Mayor a 45	4	Muy desfavorable

Clasificación: Baja, Calificación: Favorable a la estabilidad.

c.- SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO

La susceptibilidad generalmente expresa la probabilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

TABLA 6: Calificación de susceptibilidad del terreno

Grado de susceptibilidad	Criterios para la calificación de susceptibilidad de deslizamientos.
Muy alta = -3	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, y discontinuidades desfavorables donde ocurrieron deslizamientos o existe alta posibilidad de ocurrir.
Alta = -2	Laderas con zonas de falla, meteorización y fracturamiento, erosión intensa, suelos saturados, discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe alta posibilidad de ocurrir.
Moderada = -1	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa, suelos saturados, discontinuidades favorables donde no han ocurrido deslizamientos, pero son potenciales.
Baja = 0	Laderas sin fallas, parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy baja = > 0	Laderas estables, no presentan ningún indicio de que puedan ocurrir deslizamientos.

Peligro Geodinámica. - Moderada.

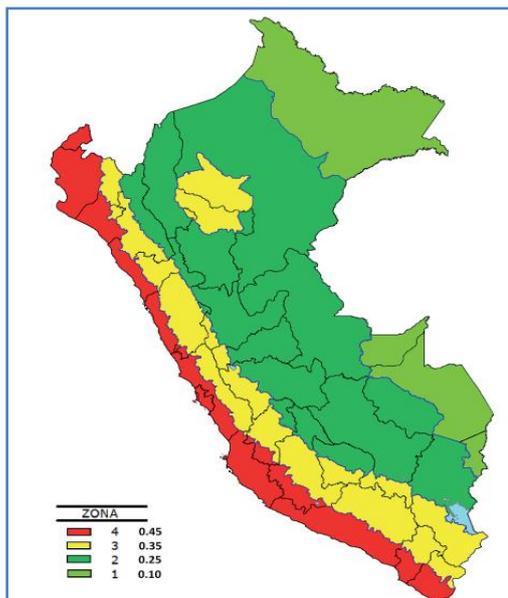
4.2.3 ASPECTOS SISMICOS

A. ZONIFICACION SISMICA

Existe información referida a riesgo sísmico en la región en el documento "Riesgo Sísmico en la Zona del Cusco" (Vargas/Casaverde)." El riesgo sísmico ante un desastre depende del peligro, exposición, vulnerabilidad, presencia e identificación de anomalías geológicas en el área proyecto y alrededores.

Esta información está basada en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos los que usando la modelo probabilística de Poisson fueron procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para períodos de retorno de 30, 50 y 100 años, ploteados en curvas sobre mapas de la región del Cusco.

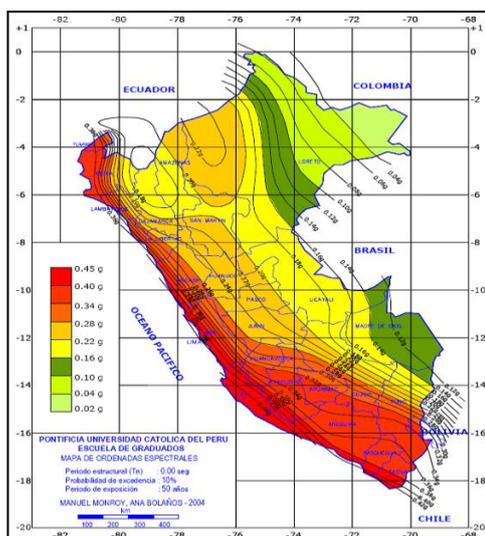
FIGURA 10: Clasificación de Zonas Norma E.030 **TABLA 7: Parámetros de Sitio**



PARAMETRO	VARIABLE	VALOR (g)
Factor de Zona	Z 2	0.25
Tipo de perfil	S2 Suelo intermedio	2
Período del Suelo	T _p (s)	0.6
Factor de suelo	S	1.2

Fuente: (NORMA E.030, 2016)

FIGURA 11: Mapa de Ordenadas Espectrales **TABLA 8: Parámetros de determinación de fuerza y cortante**



Fuente: PUCP Mapa de ordenadas espectrales

Parámetros para determinar la fuerza horizontal o cortante total en la base debido a la acción sísmica.

$$H = (Z * U * S * C * P) / R$$

Z = Factor de Zona.
 C = Coeficiente sísmico
 U = Factor de uso
 p = peso de la estructura
 S = Factor de suelo
 R = Coeficiente de red

Fuente: (NORMA E.030, 2016)

a.- INTENSIDAD DE OCURRENCIA DE SISMOS. -

La ocurrencia de sismos está relacionada a la presencia de fallas regionales como, sistemas de fallas Vilcanota – Urcos, con el historial siguiente:

31 de mayo de 1650.- Sismo en Cusco y sur oriente del Perú.

15 de agosto de 1717.- Sismo en Quiquijana - Sicuani y alrededores.

11 de febrero de 1746.- Sismo en Sicuani, Urcos y Cusco con más de 90 réplicas.

27 de mayo de 1870.- Sismo en todo el sur del Perú.

23 de enero de 1905 .- Sismo en Cusco Urcos y anta.

17 de mayo de 1928.- Sismo en el sur oriente del Perú, Cusco.

21 de mayo de 1950.- Sismo en el valle del Cusco y Urcos.

08 de mayo de 1965.- Sismo localizado en Urcos y Ccatcca, V-VI MM, destruyo viviendas en Urcos.

05 de abril de 1986 .- Sismo en Cusco y alrededores.

B. PELIGRO SÍSMICO

a.- Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica. A cada zona se asigna un factor Z , este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

El decreto supremo que modifica la norma técnica E-030 "Diseño sismo resistente" del reglamento nacional de construcciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006, es modificada por el Decreto Supremo N° 002-2014, esta a su vez es modificada por el **DECRETO SUPREMO N° 003-2016-** de fecha 24 de enero de 2016, actualmente vigente.

C. INTENSIDAD DE OCURRENCIA DE SISMOS

La ocurrencia de sismos está relacionada a la presencia de fallas regionales.

D. PERFILES DEL SUELO

a) Perfil I Tipo S0: Roca Dura

Son rocas sanas al sitio del proyecto, roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas, roca dura continua hasta una profundidad de 30 m.

b) Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos

Son rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos, suelos muy rígidos en los que se cimienta sobre: Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).

c) Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios

Corresponden los suelos medianamente rígidos, casos en los que se cimienta sobre: Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT, entre 15 y 50, con una resistencia al corte en condiciones no drenada, entre (0,5 kg/cm²) y (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

d) Perfil I Tipo S3: Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles casos en los que se cimienta sobre: - Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT menor que 15.- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada, entre (0,25 kg/cm²) y (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

Espesor más de 3m, índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada menor que 25 kPa.

e) Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales

Suelos excepcionalmente flexibles, sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, perfil I tipo S4.

4.2.4 GEOTECNIA

Geotecnia. - Es la ciencia que estudio los suelos y rocas utilizando pruebas en campo y ensayos de laboratorio, dando valores utilizando cálculos y formulas, aplicadas con Normas vigentes en la actualidad.

A. EXPLORACION DE CAMPO - Calicatas - Norma ASTM D 420.

En la zona en estudio se apertura una calicata, para la evaluación de la Bocatoma, cuyas características se indican a continuación:

Tabla 9: Trabajo de exploración en campo

Microcuencia	Calicata / Bocatoma:	Ubicación sector	Cota Boca de calicata msnm.	Profundidad calicata (m.)
CCARACCOTO	Ca-1	Ccaraccoto	4080.00	1.45

Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de determinar las características del suelo de fundación, así como los parámetros de comportamiento mecánico, se realizaron los siguientes ensayos in-situ:

- Densidad Natural: ASTM D-1556
- Perfiles estratigráficos: ATM D – 2488,2487, y 2408
- Auscultación con el cono tipo Peck. PDL. DIN 4094

Toma de muestras alteradas (Mab), conservación y transporte: ASTM D 420,4220.

a) DENSIDAD DE CAMPO O NATURAL (Volumetro ELEY)

Se ha verificado de acuerdo con la norma ASTM D-1558, utilizando el equipo ELEY, que proporciona una medida rápida del volumen del suelo, durante los ensayos de densidad de suelos no perturbados, cuyas especificaciones son las siguientes:

TABLA 10: Volumetro Eley

Construcción	Acero inoxidable
Cilindro	Calibrado en función del volumen
Volumen del pistón	Marcado de 0.00 a 30.00 cm ³
Peso	0.279 kg.

FIGURA 12: Volumetro Eley

Las pruebas de campo arrojan los siguientes resultados

TABLA 11: Densidad de campo.

MICROCUENCA	CALICATA Nro.	Densidad Húmeda Natural (grs/cm ³ .)	Densidad Seca (grs/cm ³)	Humedad %
CCARACCOTO	Ca-1 m1	1.963	1.797	9.3

Fuente: Elaboración Propia

b) AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON EL CONO TIPO PECK (PDL). - NORMA DIN 4094.

Norma E050 Suelos y Cimentaciones 2.2. Aplicación de las técnicas de investigación. - del reglamento nacional de estructuras. (ICG)

Para la evaluación del SUB SUELO, se ha complementado con ensayos de penetración dinámica de cono Peck (PDC), para obtener la resistencia in situ al corte (Φ), ángulo de fricción del sub suelo. El ensayo de auscultación con cono dinámico consiste en la introducción, en forma continua de una punta cónica en el suelo correlacionando con el Ensayo de penetración estándar SPT, ASTM D 1586, en el que reemplaza la cuchara estándar por un cono de 60° de Angulo en la punta. Este cono se hincan en forma continua en el suelo, el registro de la auscultación se efectúa contando el número de golpes para introducir cada 15 cm. el resultado se representa en forma gráfica indicando él número de golpes por cada 30 cm. De penetración. El cono tipo Peck se calibra previamente

con respecto al ensayo SPT, con la finalidad de obtener el parámetro de coeficiente de correlación.

$$N' = \beta C_n$$

Donde:

N: Numero de golpes x 30 cm. de penetración. (SPT),

β : Coeficiente de correlación,

C_n: Numero de golpes x 30 cm. con el PDL

FACTORES DE CORRELACION DE PDL Y SPT. - Por la formula holandesa para la energía de hinca:

$$Q = M^2 H / e (m+p) A.$$

Donde:

Q: Energía de hinca.

M: Peso del martillo (kg.)

H: altura de caída del martillo (cm),

E: ah/N

P: Peso del varillaje.

A: Sección de la punta (cm²).

TABLA 12: Valores de factores de Correlación

	PDL	SPT
M	7.125 kg.	63.5 kg
H	50 cm.	76.0
P	2.250 kg/m.	6.52
A	1.290 cm ² . ϕ 1/2"	11.40

TABLA 13: Factores de corrección

Penetración cm.	15	30
1ro de golpes SPT (N)	0.316	0.158

TABLA 14: Relaciones entre N, Dr., CV, ϕ .

$$Dr = 0.316 \ln N - 0.022\gamma t + 0.392 \pm 0.067$$

*Del penetrómetro reconocimiento de los suelos G. Sanglerat,
Serv. Pub. Minist. Obras publicas México. Pág. 196.*

Por otro lado se tiene: $Dr = 31.442 (N)^{0.418} / (\gamma t)^{0.262}$ *

FIGURA 13: De los ensayos in situ en la mecánica de suelos Maurice cassan edit.Téc. asociados Pág. 162.

Fuente: Propio

TABLA 15: Auscultación dinámica PDL.

COMPACIDAD	Nro. de GOLPES
Muy suelto	<4
Suelto	4-10
Moderadamente Denso	10-30
Denso	30-50
Muy Denso	>50

Fuente: Propio

Por este método se han encontrado suelos con ángulo de fricción (ϕ) variables:

TABLA 16: Valores de ángulo de fricción obtenida en campo

MICROCUENCA	Calicata – Profundidad (m.)	Nro. de golpes/30cm.	ángulo de fricción (ϕ)
CCARACCOTO	Ca-1 De: 1.40 A: 2.20	De. 14.3 A: 16.1	De: 22.5 A: 23.1

Fuente: Propio

c) TOMA DE MUESTRAS

A fin de determinar los parámetros característicos de los suelos de fundación se tomaron muestras alteradas en bolsa (Mab), de los diferentes estratos y de los piques en roca, debidamente codificadas y transportadas al laboratorio (Lamescp srl.).

B. ENSAYOS DE LABORATORIO (EMS).-

Con las muestras alteradas (Mab), extraídas en campo, se practicaron los siguientes ensayos en laboratorio:

- Obtención de muestras representativas (cuarteo) (NTP 339.089)
- Contenido de Humedad (ASTM D 2216)
- Análisis Granulométrico (ASTM D 422)
- Peso específico de los sólidos (ASTM D 854)
- Límite líquido y plástico (ASTM D4318)
- Proctor modificado (ASTM D 1557)
- Densidad Relativa (ASTM D 4253)

a) Contenido de Humedad

Es la proporción porcentual entre la fase líquida (agua) y sólida del suelo.

$$w(\%) = Ww * 100 / Ws$$

Donde:

Ww = Peso del agua en la muestra.

Ws = Peso del suelo seco.

b) Límites de Atterberg

Límite líquido. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico, a este nivel de contenido de humedad el suelo está en vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Límite plástico. Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

c) Análisis Granulométrico. (ASTM D 422).-

Es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, determina los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el de 75µm (malla Nro.200), utilizando tamices de malla cuadrada la de 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", Nro.4, Nro10, Nro20, Nro40, Nro100.

d) Gravedad específica de los suelos (peso específico).- ASTM D-854, AASHTO T-100.

Este ensayo es para determinar el peso específico de los suelos por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto de partículas mayores que el tamiz de 2.38 mm (N° 8), deberá seguirse el método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso, cuando el suelo está compuesto por partículas menores que el tamiz de 2.38 mm (N° 8), se utilizará el método de ensayo correspondiente a cada porción.

e) Clasificación de suelos SUCS

(*NORMA E.050, 2006*) del RNC vigente, se ha utilizado la siguiente simbología:

TABLA 17: Clasificación de Suelos

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	<p>Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:</p> <p><5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC.</p> <p>5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.</p>	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$ $Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			(pocos o sin finos)	SP		Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	
			(apreciable cantidad de finos)	SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
		Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)				
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	<p>Ábaco de Casagrande</p>		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.				
	Límite líquido menor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
	Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Límite líquido mayor de 50	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
	Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

Fuente: Propio

f) Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio:

TABLA 18: Resultado de ensayos de Laboratorio

MICROCUENCA	CCARACCOTO
CALICATA	Ca-1
PROFUNDIDAD Muestreo (m)	1.45
% HUMEDAD	9.3
LIMITE LIQUIDO	27.29
INDICE DE PLASTICIDAD	5.06
% QUE PASA N° 4	66.3
% QUE PASA N° 200	35.2
CLASIFICACION SUCS	GM
CLASIFICACION AASHTO T88	A-2-4 (0)

Fuente: Elaboración propia.

C. ANALISIS DE LA CIMENTACION PARA LA BOCATOMA. -

Las condiciones de estabilidad de diseño de la cimentación están dadas por el cálculo de la capacidad de carga, los parámetros mecánicos se han obtenido de los ensayos en campo Densidad In Situ, Pruebas, ensayos y cálculos con densidad relativa en laboratorio (Φ^o) i la resistencia al golpe obtenida mediante PDL (Penetrometro ligero de cono Peck), considerándose el ángulo de fricción dentro del cálculo de la capacidad portante, tomando la condición crítica (Angulo de fricción por falla local ($\Phi^{o*2/3}$). La cimentación probable estará fundada en suelos y rocas.

a) Cálculo de Capacidad Portante:

La capacidad portante por corte fue calculada haciendo uso de la siguiente expresión:

$$q_u = S_u N_c S_c + \gamma_{nat} D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

Donde:

q_u : capacidad de carga.

S_u : Resistencia al esfuerzo cortante (cohesión).

γ_{nat} : densidad Natural.

D_f : profundidad de desplante.

B : ancho de la cimentación.

N_c , N_γ , N_q : factores de carga.

$$N_q = \frac{e^{(0.75\pi - \phi/2)\tan\phi}}{2 \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot\phi$$

S_c , S_γ : factores de corrección de forma y profundidad.

La capacidad admisible de carga es calculada como:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

q_{adm} : capacidad admisible de carga.

F.S.: factor de seguridad acápite 3.3 a) N E020.

Los resultados de capacidad portante se muestran en el cuadro siguiente:

TABLA 19: Cálculo de Capacidad Portante BOCATOMA

UBICACIÓN	CCARACCOTO	
	Und.	Ca -1
Tipo de cimentación		Corrida
Profundidad de cimentación (Df) RECOMENDADA	(m)	1.80
Densidad Natural Húmeda:	(gr/cm ³)	1.96
Angulo De Fricción Interna x Auscultacion. PDL.	ϕ°	22.70
Ancho de la Cimentación (mínima requerida) (B)	(m)	1.00
$q_u = S_u N_c S_c + \gamma_{nat} D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$	(kg/cm ²)	3.63
$q_{adm} = q_u/3$	(kg/cm ²)	1.21
Tipo de suelo: (SUCS)		GM

Fuente: *Elaboración Propia*

D. GEOLOGÍA DE LAS CANTERAS PARA USO EN CUERPO DE LA BOCATOMA. -

Existe en toda la quebrada de Ccaraccoto, bloques de roca que es necesario seleccionar de acuerdo con el tamaño a utilizarse, la litología la constituye areniscas feldespáticas cuarcíticas.

a) MATERIAL PARA USO EN CONCRETO DE LA BOCATOMA.-

Se utilizará el material fluvio aluvial del río Vilcanota sector Sullca, para el cual es necesario efectuar el diseño de mezcla correspondiente. La cantidad excede lo necesario y el propietario es la comunidad.

4.2.5 VIABILIDAD GEOLOGICA – GEOTECNICA

A. VIABILIDAD GEOLOGIA

Los SISTEMAS DE RIEGO y la CIMENTACION DE LA BOCATOMA, tiene vital importancia, en la seguridad y la satisfacción de las necesidades humanas (necesidad de agua), para suministrar servicios de riego, alcanzando satisfactoriamente sus objetivos físicos y su rentabilidad, en términos económicos son de menor cuantía. La viabilidad Geológica y geotécnica están enfocados a la evaluación de la estabilidad física fisiográfica (taludes), condicionantes geomorfológicos, evaluación del subsuelo y el substratum rocoso, estabilidad del terreno.

B. FACTOR DE SEGURIDAD -RIESGO

Este factor es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, en la etapa de planificación de un estudio. La definición del factor de seguridad-riesgo, expresa que la calificación del factor de seguridad y riesgo Geológico, Taludes, Geotécnico e Hidrogeológico, es muy compleja con respecto a la confiabilidad y la calificación de acuerdo al grado real o potencial de riesgo, donde el costo de un proyecto puede resultar muy alto o se tienen que asumir riesgos de características no determinadas. El análisis relativo del factor de seguridad y riesgo hidrogeológico de la

Bocatoma y análisis comparativo de **riesgo Geohidrológico y de Inversiones**, se da en el cuadro siguiente:

TABLA 20: Análisis comparativo de riesgo Geohidrológico y de Inversiones

Coeficiente de RIESGO	Tipo Geolítico	Riesgo para cimentaciones	Nomenclatura de riesgo	Valores de Inversión cualitativa
1	Lutitas y calizas	Buen apoyo	Riesgo tolerable	La sociedad tiene la voluntad y la confianza apropiada de efectuar el gasto de inversión.
2	Calizas y rocas metamórficas Lutitas pizarrosas	Buen apoyo	Riesgo aceptable	La sociedad considera justificable realizar gastos de inversión sin preocupación de manejo de riesgo
3	Rocas sedimentarias rocas foliadas y suelos estables.	Apoyo favorable, pero con precaución	Riesgo algo aceptable	La sociedad considera justificable realizar gastos de inversión, con preocupación de manejo de riesgo y altos costos.
4	Rocas fracturadas y suelos algo estables.	Apoyo peligroso desfavorable	Riesgo no aceptable	La sociedad no considera justificable realizar gastos de inversión. Si se efectúa solo es para Bocatomas de concreto, de agua de poco volumen.
5	Rocas fracturadas y suelos con alta porosidad y permeabilidad	Apoyo muy peligroso	Riesgo Social	La sociedad como un todo, justifica como decisión individual., efectuar gastos de inversión con incertidumbre, solo para estancos (revestidos) de agua de poco volumen.

La SEGURIDAD Y RIESGO PARA LA CIMENTACION DE BOCATOMAS ES: DE RIESGO ACEPTABLE.

4.3 ESTUDIO HIDROLOGICO

4.3.1 ASPECTOS GENERALES

A. INTRODUCCION

La acreditación de la disponibilidad hídricas es para satisfacer el requerimiento de demanda hídrico para el; **“DISEÑO DE BOCATOM, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”** el cual beneficiara a los habitantes de la comunidad Sullca, donde en los últimos años ha ocurrido incremento poblacional trayendo consigo la necesidad de mejorar el sistema de riego para mejorar la producción y productividad Agrícola para satisfacer la demanda y mejorar la calidad de vida, la cual debe responder a intereses de carácter social, económico y que a su vez, garanticen la conservación del Medio ambiente.

La oferta de la disponibilidad hídrica procede de la Quebrada Ccaraccoto la cantidad de agua captada será según el requerimiento de la demanda de agua por los cultivos propuestos y el método de riego que se usará, también tomando en cuenta el caudal ecológico que debe conservarse en la fuente de captación.

B. ANTECEDENTES

El presente estudio se realiza para determinar el **“DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”**, y contrarrestar el problema de déficit Hídrico, del sector de Ccaraccoto, cuentan con canales de conducción de tierra, otros en ciertos tramos de concreto en muy mal estado que conduce el agua a estos sectores con pérdidas de hasta más de 50% por infiltración en su recorrido.

Sin embargo, el crecimiento demográfico y la migración a los centros poblados rurales han ido aumentando la población, es por eso que actualmente el sistema no cubre la demanda de cultivos, a pesar hubo intentos de soluciones anteriores para la conducción de agua en los años 2011 y 2014 por parte de la Municipalidad Distrital de Marangani sin llegar a alcanzar a la mayoría de los beneficiarios.

La información meteorológica para realizar el estudio Hidrológico de medias mensuales y Máximas Avenidas son obtenidos de Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI) y la información hidrométrica para la calibración mediante aforos en el punto de interés.

El área tributaria que da recarga a la bocatoma del sector de Ccaraccoto donde se captaran los caudales pertenecen a la comunidad de Sullca; la cantidad de oferta de agua existente en el punto de captación o punto de interés siempre ha mantenido el caudal existente esto según información de los comuneros o beneficiarios.

C. OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es evaluar el potencial hídrico, con el cual cubrir el difícil de agua de la demanda de cultivo en el sector de Ccaraccoto, determinar Delimitación, análisis morfológico y fisiográfico de la microcuenca en estudio, Generación y análisis de caudales medios en el área de estudio, Determinación del caudal máximo para diferentes periodos de retorno, Determinación del balance hídrico y estimación del caudal ecológico, del sector Ccaraccoto, de la comunidad Sullca, del Distrito de Marangani y contribuir en el desarrollo de la población.

D. JUSTIFICACION

El presente estudio hidrológico se elabora para la microcuenca Ccaraccoto, desde sus nacientes hasta la bocatoma, ubicada aguas abajo de la cuenca.

La agricultura representa una importante fuente de divisas en el Perú ya que es una actividad productiva, y a su vez impulsa el desarrollo de las poblaciones alrededor del área de influencia donde se desarrollan sus operaciones.

El crecimiento de la agricultura en el país, ha implicado un incremento de las demandas hídricas, dado que el agua es uno de los componente muy importante e indispensable para el desarrollo de la actividad agropecuaria, que dicho sea de paso, está regulado por diferentes normas nacionales de agricultura, ambientales, recursos hídricos, sanitarias, etc. Sin embargo, como resultado del incremento de las demandas hídricas y la irregular distribución de la disponibilidad hídrica temporal y espacial, su aprovechamiento es cada vez más difícil tanto en cantidad como en oportunidad (calidad), aspecto que ha configurado nuevos escenarios de aprovechamiento de las aguas que producen las cuencas y que en la actualidad corresponde al agua que existe durante los períodos de avenida que son abundantes y que por falta de infraestructura hidráulica de almacenamiento y regulación no pueden ser aprovechados para los diferentes usos de agua.

E. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

Para el desarrollo del presente estudio se consideraron 02 fases de estudio, las cuales son la fase de campo y la de gabinete, las mismas que se describen a continuación:

a) TRABAJOS DE CAMPO

Para el presente estudio se realizaron visitas de campo. Los trabajos de campo desarrollados en las visitas consistieron en las siguientes actividades:

- Recopilación y clasificación sistemática de la información de campo existente.
- Visita técnica al área estudio con el fin de realizar un reconocimiento hidrológico e hidráulico.

- Realizar el inventario de fuentes de agua.
- Medición de caudales.

La recopilación de información básica está referida a los padrones de uso agrícola e inventario de infraestructura de riego; asimismo, información climatológica y otros estudios relacionados. De la información recopilada, se ha realizado una cuidadosa selección de los datos representativos de interés y su análisis, con la finalidad de poder utilizarlos o descartarlos en el presente Estudio. La siguiente fase de la recopilación de información comprende aquella específica que ha sido obtenida durante el desarrollo del presente estudio hidrológico destinados a determinar las variables que se requieren para el diseño de bocatoma, desarenador y canal de conducción obras según los términos de referencia del proyecto.

b) TRABAJOS DE GABINETE

Previo a la ejecución de los estudios se revisaron diversos estudios realizados en el área de interés los cuales se detallan a continuación:

- Caracterización morfológica y fisiográfica de la microcuenca estudiadas.
- Tratamiento de la información hidrometeorológica a fin de que esta sea consistente, homogénea, completa y confiable.
- Regionalización de parámetros hidrometeorológicos, a fin de determinar la caracterización climática del área de estudio.
- Generación y análisis de caudales medios mensuales en el área de estudio.
- Análisis estocástico de la precipitación y caudales.
- Balance hídrico para determinar los superávits y déficits de agua en el área de estudio y la tasa de infiltración preliminar.
- Cálculo de precipitación extrema para el tiempo de retorno, mediante métodos probabilísticos.
- Cálculo de caudales máximos mediante un modelamiento de precipitación – escorrentía.

4.3.2 EVALUACION HIDROLOGICA

A. DESCRIPCION GENERAL DE LA CUENCA Y DEL CURSO PRINCIPAL DE LA FUENTE NATURAL

a) UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

UBICACIÓN POLITICA

- DEPARTAMENTO /REGIÓN : CUSCO
- PROVINCIA : CANCHIS
- DISTRITO : MARANGANI
- COMUNIDAD CAMPESINA : SULLCA
- REGIÓN GEOGRÁFICA : SIERRA

UBICACIÓN HIDROGRAFICA

- CUENCA : URUBAMBA
- SUB CUENCA : RIO VILCANOTA
- MICROCUENCA : SULLCA
- QUEBRADA : CCRACCOTO

UBICACIÓN GEOGRAFICA

TABLA 21: Las captaciones se encuentran ubicados las siguientes coordenadas

N°	NOMBRE DEL SECTOR	NOMBRE DE CAPTACION O MICROCUENCA	TIPO DE FUENTE	ÁREA TRIBUTARIA (Has)	COORDENADAS UTM PUNTO DE INTERES DATUM WGS 84		
					Este (m)	Norte (m)	Cota
1	CCARACCOTO	Ccaraccoto	RIACHUELO	1285.00	258,726.26	8,411,719.02	4,090.00

Fuente: Propio

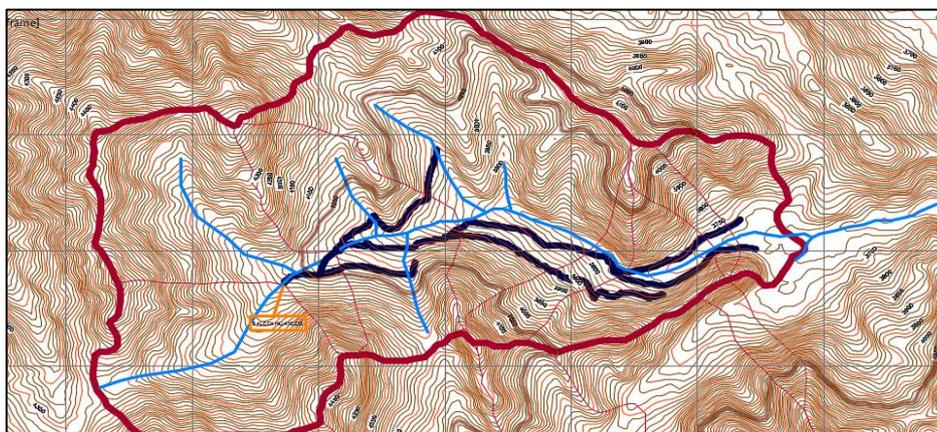
El Rio Ccaraccoto alberga la toma: Ccaraccoto, que luego se juntan y se nombra como Rio Sullca que luego desemboca a la cuenca del rio Vilcanota. Tenemos la imagen donde se ubican la captación o la bocatoma.

FIGURA 14: Ubicación de la Bocatoma y área agrícolas– Comunidad Sullca



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 15: Ubicación del área tributaria Microcuenca Sullca.



Fuente: Elaboración propia.

b) FISIOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La superficie de la microcuenca se ubica morfológicamente en la geoforma denominada “provincia alta” que se caracteriza por presentar colinas onduladas con pendientes moderadamente pronunciadas bajando las mismas hasta llegar a las llanuras cercanas al río Vilcanota.

Su sistema de drenaje está constituido por la quebrada, Ccaraccoto y pequeñas quebradas que al confluir se denomina la microcuenca Sullca. Sus acuíferos tienen origen en las zonas altas con vegetación degradada y sin forestación. Con fines de caracterización geomorfológica de la microcuenca se han determinado los siguientes parámetros geomorfológicos de la Microcuenca:

Tabla 22: Parámetro Geomorfológico e Hidrológico de la Microcuenca

PARAMETROS				VARIABLE	UND	Ccaraccoto	
1.- PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS							
SUPERFICIE TOTAL				AT	Has	1,284.60	
SUPERFICIE TOTAL DE DRENAJE				AD	Km2	12.85	
PERIMETRO				P	Km	16.95	
CENTRO DE GRAVEDAD		Latitud (Sur) S		LS	g°m's"	14°21'7.05"	
		Longitud (Oeste) W		LW	g°m's"	71°13'42.87"	
ALTITUD MEDIA				Msnm	msnm	4,100.63	
DESNIVEL TOTAL				DT	m	833	
PENDIENTE DE LA CUENCA				IP	%	39.00%	
PENDIENTE MEDIA DEL CURSO PRINCIPAL				IO	%	13.54	
LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL				LCP	Km	6.1501	
RELACIONES DE FORMA DE DRENAJE	FACTOR DE CUENCA	COEFICIENTE DE COMPACIDAD		KC		1.33	
		FACTOR DE FORMA	Longitud		LB	Km	5.6629
			Ancho Medio		AM	Km	2.6027
			Factor de Forma		FF		0.34
	Rectángulo Equivalente Lado Mayor			Le	Km	6.50	
	Rectángulo Equivalente Lado Menor			Lm	Km	1.98	
	Longitud Total de los ríos de diferentes grados				Lt	Km	10.9794
	Densidad de Drenaje				DD	Km/Km2	0.85
	Orden de Bifurcación de los ríos				OBIF		3.5
Frecuencia de los ríos				FR	r/Km2	0.54	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16: Microcuenca Rio Ccaraccoto



Fuente: Elaboración Propia

c) INVENTARIO DE LAS FUENTES DE AGUA E INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Realizado el diagnóstico para inventariado de las fuentes de agua los más importantes que se ubicaron en el Riachuelo Ccaraccoto que tributa desde los acuíferos de las zonas altas de las áreas de la microcuenca Sullca, ubicándose la fuente de captación a lo largo de la quebrada en el lugar más apropiado con caudal permanente que puede satisfacer la demanda de cultivos en los sectores agrícolas de Ccaraccoto. La ubicación de las captaciones son las siguientes:

TABLA 23: Ubicación del punto captación

N°	NOMBRE DEL SECTOR	NOMBRE DE CAPTACION O MICROCUENCA	TIPO DE FUENTE	AREA TRIBUTARIA (Has)	COORDENADAS UTM PUNTO DE INTERES DATUM WGS 84		
					Este (m)	Norte (m)	Cota
1	CCARACCOTO	SALCCAHUAYCCO	RIACHUELO	1284.60	258,726.26	8,411,719.02	4,090.00

Fuente: Elaboración Propia

Infraestructuras hidráulicas encontrada en el área de estudio, se encontró Bocatomas rusticas que presentan filtraciones y canales inadecuados en tierra con pérdidas de agua en la línea de conducción hasta en un 50%.

d) ACCESIBILIDAD – VÍAS DE COMUNICACIÓN

La provincia de Canchis (Sicuani) se encuentran ubicada a 138 Km. de la ciudad de Cusco. Para acceder al distrito de Marangani se toma la carretera panamericana de Cusco – Puno y a la localidad de Sullca y el Sector agrícola se sigue el siguiente itinerario:

TABLA 24: Vía de acceso desde la capital provincial de la ciudad de Ccaraccoto.

DESDE	A	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORT E	DISTANCI A (KM.)	TIEMPO (HORAS)	FRE C	OBSERV .
Cusco	Sicuani	Carretera asfaltada	Vehic. motorizado	138	02:45	Diari a	Doble vía
Sicuani	Puente Cumayacu	Carretera asfaltada	Vehic. motorizado	9.82	00:15	Diari a	Doble vía
Puente Cumayacu	Marangani	Carretera asfaltada	Vehic. motorizado	1.79	00:05	Diari a	Doble vía
Puente Cumayacu	Ccaraccoto	Carretera afirmada	Vehic. motorizado	5.67	00:15	diari a	Una vía

Fuente: Elaboración Propia

e) CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua para la explotación agrícola según el Análisis del Agua para Riego en el Laboratorio de Química y Suelos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco se realizó la toma de una muestra de agua inalterada que RESULTÓ AGUA APTA PARA RIEGO AGRICOLA según su composición fisicoquímica tal como indica el análisis adjunto, además como testimonio de ello se observa cultivos en plena producción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0232-16-LAQ

SOLICITANTE: LISSETH MARTINEZ SALAZAR
 PROYECTO : DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO, DE LA COMUNIDAD DE SULLCA, DISTRITO DE MARANGANI - CANCHIS - CUSCO.
 MUESTRA : AGUA
 UBICACION : SECTOR CCARACCOTO
 COMUNIDAD : SULLCA
 DISTRITO : MARANGANI
 PROVINCIA : CANCHIS
 REGION : CUSCO
 FECHA A. : C/09/11/2016

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====

pH	7.45
C.E. uS/cm	80.00
Dureza ppm CaCO ₃	56.80
Calcio ppm	15.96
Magnesio ppm	3.73
Sodio ppm	4.40
Potasio ppm	1.10
Cloruros ppm	3.70
Sulfatos ppm	10.80
Bicarbonatos ppm	59.20
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0.052
Boro ppm	0.016
Sales solubles totales ppm	115.09

=====

* Agua Apto para riego.

Cusco, 15 de Noviembre 2016

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos

Melquines Herrera Arcoleta
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

B. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACION METEOROLOGICA E HIDROMETRICA.

a) ANÁLISIS DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

Las variables meteorológicas como precipitación, temperatura y humedad relativa se utilizaron las estaciones que indican en el cuadro siguiente, también se usaron datos del expediente Técnico Mejoramiento del Servicio de Agua del Sistema de Riego de Canal Principal 01 de la Comunidad Campesina de Ccuyo, Distrito de Marangani - Canchis-Cusco, se ha buscado las estaciones más cercanas a dicha cuenca las que se muestran a continuación:

TABLA 25: Estaciones Meteorológicas utilizadas

CODIGO	ESTACION METEOROLOGICA	LATITUD		LONGITUD		ALTITUD
		°	'	°	'	msnm
11LaRa	LA RAYA	14	28	71	3	4,120
110757	YAURI	14	48	71	25	3,927
110694	POMACANCHI	14	1	71	34	3,700
110759	SICUANI	14	17	71	41	3,574
110756	COMBAPATA	14	6	71	26	3,525
120608	PERAYOC	13	31	71	57	3,365
120607	KAYRA	13	34	71	54	3,219
110688	URCOS	13	48	71	38	3,168
110685	CALCA	13	20	71	58	2,926
120683	URUBAMBA	13	18	72	7	2,863

Fuente: Elaboración Propia

b) TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA E HIDROMÉTRICA

Las estaciones meteorológicas utilizadas para la elaboración del estudio hidrológico de medias mensuales de precipitación se ha buscado las estaciones más cercanas a dicha cuenca las que se muestran a continuación:

TABLA 26: Estaciones meteorológicas utilizadas

No.	ESTACION	TIPO	ALTITUD (msnm)	LATITUD SUR	LONG. ESTE
1	SICUANI	CO	3574	14°17'	71°41'
2	COMBAPATA	CO	3525	14°06'	71°26'
3	YAURI	CO	3915	14°17'	71°25'
4	ACOMAYO	CO	3250	13°56'	71°42'
5	PISAC	P	2971	13°25'	71°51'

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la competición y extensión de la información pluviométrica e hidrométrica se observa en los anexos.

4.3.3 OFERTA HIDRICA

A. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE CAUDALES MEDIAS MENSUALES.

La determinación de la Oferta Hídrica media mensual en la quebrada del riachuelo Ccaraccoto se determinó mediante el Estudio Hidrológico de Medias Mensuales de modelamiento matemático en hidrología LUTZ SCHOLZ¹; el cual ha sido calibrado con aforos puntuales existentes.

El resultado del estudio hidrológico completo de la quebrada de Ccaraccoto se presenta en el **ANEXO 3.1**.

TABLA 27: Disponibilidad de caudales medios mensuales generados en (m3/seg)

REGISTRO HIDROMETEREOLÓGICO													
ESTUDIO: SISTEMA DE RIEGO SULLCA		LATITUD : 14°21'		DEPARTAM. : CUSCO									
CCARACCOTO		LONGITUD : 71°13'		PROVINCIA : CANCHIS									
MICROCUENCA SULLCA		ALTITUD : 4100.63 msnm		DISTRITO : MARANGANI									
AREA : 12.9 Km2													
CAUDAL MEDIO MENSUAL GENERADO (m3/seg)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1965	0.287	0.416	0.620	0.218	0.081	0.055	0.073	0.055	0.082	0.107	0.140	0.587	2.722
1966	0.673	0.773	0.317	0.141	0.096	0.065	0.049	0.040	0.080	0.195	0.398	0.381	3.208
1967	0.268	0.487	0.511	0.183	0.081	0.046	0.038	0.055	0.051	0.209	0.138	0.438	2.506
1968	0.554	0.827	0.709	0.260	0.087	0.063	0.061	0.049	0.079	0.096	0.288	0.254	3.327
1969	0.521	0.446	0.414	0.165	0.077	0.051	0.045	0.044	0.062	0.119	0.208	0.421	2.574
1970	0.740	0.384	0.477	0.309	0.100	0.064	0.051	0.057	0.085	0.117	0.161	0.607	3.151
1971	0.515	1.065	0.394	0.151	0.083	0.054	0.029	0.034	0.036	0.098	0.143	0.423	3.023
1972	0.880	0.600	0.488	0.460	0.141	0.075	0.048	0.058	0.041	0.056	0.091	0.134	3.073
1973	0.891	0.885	0.898	0.481	0.148	0.075	0.080	0.055	0.050	0.064	0.204	0.219	4.050
1974	0.523	1.331	1.057	0.355	0.125	0.081	0.054	0.073	0.043	0.061	0.156	0.121	3.980
1975	0.416	0.761	0.574	0.259	0.119	0.068	0.036	0.027	0.056	0.069	0.150	0.762	3.297
1976	0.618	0.477	0.341	0.153	0.060	0.066	0.042	0.045	0.076	0.062	0.139	0.328	2.408
1977	0.389	0.836	0.487	0.224	0.097	0.064	0.055	0.059	0.068	0.087	0.381	0.192	2.941
1978	0.654	0.474	0.594	0.245	0.094	0.064	0.055	0.032	0.063	0.091	0.700	0.674	3.740
1979	0.586	0.631	0.673	0.252	0.101	0.046	0.050	0.059	0.046	0.038	0.267	0.403	3.151
1980	0.546	0.821	0.640	0.203	0.084	0.063	0.046	0.048	0.041	0.173	0.087	0.154	2.906
1981	1.093	0.971	0.938	0.348	0.129	0.084	0.065	0.060	0.093	0.479	0.597	0.634	5.490
1982	0.877	0.381	0.393	0.220	0.077	0.038	0.041	0.053	0.043	0.133	0.522	0.213	2.992
1983	0.101	0.105	0.124	0.108	0.065	0.059	0.056	0.060	0.043	0.042	0.040	0.090	0.892
1984	0.820	1.062	0.426	0.338	0.116	0.075	0.035	0.051	0.062	0.509	0.325	0.326	4.144
1985	0.536	0.718	0.382	0.149	0.073	0.044	0.048	0.048	0.088	0.155	0.490	0.464	3.196
1986	0.310	0.278	0.756	0.359	0.138	0.058	0.047	0.040	0.053	0.059	0.216	0.293	2.608
1987	1.012	0.526	0.203	0.094	0.047	0.059	0.061	0.053	0.101	0.253	0.394	0.608	3.409
1988	0.859	0.556	0.742	0.577	0.197	0.071	0.046	0.053	0.067	0.078	0.125	0.467	3.837
1989	0.692	0.643	0.338	0.303	0.113	0.071	0.063	0.065	0.043	0.107	0.180	0.213	2.831
1990	0.832	0.524	0.229	0.210	0.100	0.134	0.059	0.038	0.068	0.223	0.479	0.419	3.316
1991	0.427	0.518	0.627	0.222	0.090	0.046	0.050	0.046	0.044	0.083	0.209	0.145	2.508
1992	0.168	0.247	0.162	0.090	0.064	0.050	0.039	0.037	0.035	0.113	0.270	0.155	1.430
1993	0.901	0.382	0.203	0.129	0.056	0.041	0.056	0.035	0.044	0.046	0.155	0.360	2.408
1994	0.218	0.633	0.452	0.264	0.091	0.059	0.031	0.041	0.061	0.068	0.152	0.194	2.263
1995	0.260	0.310	0.381	0.191	0.078	0.055	0.048	0.059	0.047	0.069	0.196	0.301	1.993
1996	0.359	0.346	0.478	0.187	0.080	0.062	0.044	0.055	0.072	0.084	0.102	0.283	2.152
1997	0.746	0.749	0.658	0.238	0.107	0.056	0.061	0.049	0.064	0.087	0.356	0.161	3.331
1998	0.250	0.402	0.266	0.110	0.067	0.060	0.058	0.046	0.057	0.160	0.163	0.213	1.852
1999	0.360	0.498	0.233	0.207	0.078	0.063	0.044	0.039	0.077	0.071	0.067	0.310	2.049
2000	0.297	0.115	0.295	0.133	0.083	0.069	0.065	0.037	0.053	0.112	0.079	0.190	1.530
2001	0.658	0.639	0.636	0.240	0.089	0.040	0.061	0.040	0.058	0.073	0.125	0.359	3.018
2002	0.498	0.797	0.546	0.447	0.163	0.084	0.057	0.044	0.060	0.118	0.175	0.393	3.383
2003	0.409	0.449	0.142	0.117	0.081	0.040	0.053	0.038	0.054	0.053	0.043	0.300	1.778
2004	0.498	0.747	0.316	0.149	0.063	0.052	0.031	0.058	0.072	0.054	0.182	0.237	2.460
2005	0.144	0.576	0.405	0.180	0.094	0.056	0.058	0.044	0.042	0.062	0.117	0.191	1.968
2006	0.420	0.399	0.236	0.262	0.084	0.046	0.053	0.041	0.053	0.084	0.266	0.271	2.215
2007	0.316	0.253	0.529	0.189	0.080	0.042	0.038	0.050	0.055	0.083	0.145	0.136	1.917
2008	0.380	0.469	0.347	0.134	0.056	0.035	0.043	0.055	0.061	0.142	0.114	0.396	2.231
2009	0.270	0.471	0.237	0.121	0.055	0.031	0.032	0.034	0.054	0.054	0.309	0.336	2.003
2010	0.509	0.322	0.346	0.138	0.079	0.067	0.053	0.062	0.043	0.108	0.089	0.306	2.122
2011	0.310	0.357	0.494	0.455	0.162	0.092	0.052	0.037	0.068	0.047	0.055	0.304	2.434
2012	0.477	0.703	0.360	0.149	0.062	0.047	0.160	0.034	0.053	0.071	0.058	0.374	2.549

2013	0.550	0.596	0.271	0.124	0.070	0.056	0.029	0.034	0.050	0.054	0.119	0.446	2.397
2014	0.471	0.472	0.168	0.105	0.068	0.043	0.056	0.050	0.052	0.078	0.079	0.426	2.069
2015	0.422	0.308	0.259	0.154	0.084	0.051	0.054	0.041	0.063	0.078	0.113	0.283	1.910
No. DATOS	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
MEDIA	0.520	0.563	0.446	0.225	0.092	0.060	0.052	0.047	0.059	0.112	0.211	0.331	2.720
D.S	0.236	0.248	0.212	0.112	0.031	0.017	0.019	0.010	0.015	0.091	0.149	0.154	0.810
C.V	0.455	0.440	0.475	0.496	0.334	0.288	0.364	0.211	0.259	0.813	0.705	0.466	0.298
P75%	0.360	0.396	0.303	0.150	0.071	0.048	0.039	0.041	0.049	0.051	0.111	0.227	3.624
MINIMA	0.101	0.105	0.124	0.090	0.047	0.031	0.029	0.027	0.035	0.038	0.040	0.090	0.892
MAXIMA	1.093	1.331	1.057	0.577	0.197	0.134	0.160	0.073	0.101	0.509	0.700	0.762	5.490

Fuente: Elaboración Propia

B. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE MÁXIMA AVENIDA

a) ESTUDIO DE PRECIPITACIÓN

A partir de las 9 estaciones pluviométricas existentes, se determinó estaciones ficticias para la microcuenca de Sullca, mediante el análisis regional; los resultados de precipitación figuran en el siguiente cuadro.

TABLA 28: Evaluación de Precipitaciones

EVALUACION DE LAS PRECIPITACIONES			
ESTACION	ALTITUD (msnm)	PRECIP. MEDIA ANUAL (mm)	OBSERVACION
CALCA	2,926	552.4	PRECIPITACION ALTA
PISAC	2,971	583.5	
ACOMAYO	3,160	895.9	
KAYRA	3,219	677.4	
ANTA	3,340	807.5	
PERAYOC	3,365	806.5	PRECIPITACION BAJA
COMBAPATA	3,525	745.4	
SICUANI	3,574	628.0	
CHITAPAMPA	3,600	688.0	PRECIPITACION BAJA

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS REGIONAL

El siguiente cuadro muestra las estaciones que tienen mejor correlación.

TABLA 29: Estaciones de mejor correlación

ESTACION	ALTITUD	PP 24 HORAS
KAYRA	3219	32.91
COMBAPTA	3525	27.53
SICUANI	3574	25.91
YAURI	3927	27.14
INTERSECCION EN EL EJE	a	56.70024
PENDIENTE	b	-0.00795
COEFICIENTE DE CORRELACION	r	-0.74302
PP24 HORAS = 56.70024-0.00795(Altitud)		

Fuente: *Elaboración Propia*

$$PP_{24HORAS} = 56.70024 - 0.00795(Altitud)$$

Est. Sicuani = 3574 msnm

$$PP_{24HORAS} = 25.91 \text{ mm}$$

TABLA 30: Factores de Corrección para la Microcuenca

Microcuenca	Altitud	PP. 24h Horas	Factor
SULLCA	4178	23.47	0.916

Fuente: *Elaboración propia*

TABLA 31: Precipitación Max. 24 horas

Año	PREC. MAX 24HORA
1964	21.08
1965	28.78
1966	34.83
1967	38.58
1968	22.55
1969	23.00
1970	41.06
1971	33.09
1972	33.54
1973	26.03
1974	20.90
1975	22.91
1976	18.33
1977	31.07

Año	PREC. MAX 24HORA
1978	24.93
1979	35.74
1980	35.01
1981	36.84
1982	27.13
1983	19.61
1984	33.45
1985	28.59
1986	25.20
1987	38.58
1988	32.26
1989	38.40
1990	24.29
1991	34.46
1992	20.71
1993	44.45
1994	36.29
1995	31.71
1996	28.69
1997	43.08
1998	32.90
1999	17.69
2000	23.37
2001	28.41
2002	24.47
2003	35.83
2004	28.23
2005	25.48
2006	47.29
2007	30.15
2008	25.57
2009	25.48
2010	37.76
PROMEDIO =	30.17
DES. EST. =	7.23
Cv =	0.31
α =	0.18
β =	26.914456

Fuente: Elaboración Propia

Para el análisis regional se priorizó la Estación Granja K'ayra por ser la más representativa al área de estudio y por contar con más cantidad de información de precipitación; donde los datos de precipitación de cada

año de la estación priorizada son multiplicados por el factor de la estación ficticias correspondiente a la microcuenca en estudio.

b) PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

Las pruebas de bondad de ajuste consistieron en comprobar estadísticamente si las frecuencias empíricas de la serie de estudio se ajustaron a una determinada función de probabilidades teóricas para el caso se comprobó con los siguientes métodos de ajuste:

- a) Prueba de CHI – Cuadrado (X^2)
- b) Prueba de Kolmogorov
- c) Error Estándar

c) ANALISIS DE FRECUENCIA DE PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HORAS

con los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas, se ha determinado la frecuencia de precipitaciones, es decir la máxima precipitación que se espera ocurra en promedio una vez cada cierto número de años (periodo de retorno).

FIGURA 17: Software *HidroEsta*



Para el ajuste de las distribuciones teóricas, estén más cercas de los datos experimentales se utilizó el Software Hidro-Esta.

d) DISTRIBUCION DE LAS PRECIPITACIONES

Luego de realizar las pruebas de ajuste para los 06 tipos de distribución de la Estación Meteorológica de la cuenca regionalizada de Sullca se tiene:

Distribución Normal	:	0.0918
Log Normal 2 Parámetros	:	0.0781
Log Normal 3 Parámetros	:	0.0810
Log Pearson tipo III	:	0.0787
Gumbel	:	0.1036
Log Gumbel	:	0.1325

De acuerdo con los valores críticos de la Prueba de Kolmogorov – Smirnov para un nivel de significancia de 0.05 para 47 datos, resulta:

$$\Delta \text{ Tabular} = 0.1984$$

Luego: $0.0781 < 0.0787 < 0.0810 < 0.0918 < 0.1036 < 0.1325 < 0.1984$

$$\Delta_{\text{máx.}} < \Delta_{\text{Tab}}$$

Por lo tanto, se puede concluir que 06 distribuciones se ajustan a la Prueba de Kolmogorov – Smirnov de frecuencia con márgenes de error menores a lo permitido para una confiabilidad del 95%, y que es factible utilizar los datos meteorológicos para determinar las precipitaciones diarias máximas de 24 horas para diferentes tiempos de retorno, concluyendo que la distribución Log Normal 2 parámetros es la distribución que más se ajusta.

e) PERIODO DE RETORNO

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

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

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

f) TORMENTAS DE DISEÑO

Para la ejecución del estudio hidrológico se ha recurrido a la información de precipitaciones máximas en 24 horas registradas en estaciones cercanas a la zona de estudio.

Debido a su cercanía con la zona de estudio, se tomó en cuenta a la estación Granja K'ayra para la determinación de la precipitación de diseño. Con los datos de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones consideradas se calcularon las precipitaciones cuyos periodos de retorno son 5, 10, 25, 50, 100, 250 y 500 años usando las distribuciones de probabilidad Normal, Log Normal, Log Pearson III y

Valor Extremo Tipo I (Gumbel). En los ítems anteriores se presentan los datos y los cálculos de precipitaciones en las estaciones arriba mencionadas y los cálculos para la selección de mejor ajuste.

En el Cuadro siguiente se ha resumido las precipitaciones para los periodos señalados anteriormente usando la distribución de mejor ajuste. Se utilizó el método no paramétrico de Kolmogorov- Smirnov para escoger la distribución que mejor describe la distribución de los datos, la distribución de mejor ajuste es de log normal:

Tabla 32: Precipitación para diferentes Periodos de Retorno

PERIODO DE RETORNO AÑOS	PRECIPITACION ESPERADA
	MAXIMA EN 24 HORAS mm
5	35.36
10	39.59
25	44.93
50	48.90
100	52.83
250	58.01
500	61.92

Fuente: Elaboración Propia.

Según el criterio de Dyck y Peschake, las precipitaciones máximas para una duración de 1, 2, 3, 6, 12 y 24 horas, está en función de la precipitación máxima de 24 horas de acuerdo a la siguiente ecuación empírica:

$$P_D = P_{24h} \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

PD = Lluvia máxima de duración D, en el intervalo $5' < D < 1440'$

D = Duración de lluvia en min

P24 = Lluvia máxima diaria (de 24 horas), en mm

Por lo tanto, las tormentas de diseño para diferentes periodos de duración y retorno para lluvias de diferentes intervalos, de acuerdo a la aplicación de la Ecuación de Dyck y Peschake, es la siguiente:

TABLA 33: Precipitaciones máximas para distintas duraciones y tiempos de retorno

Tr AÑOS	P. máx. 24 horas	DURACION EN MINUTOS					
		60	120	180	360	720	1440
5	35.36	15.98	19.00	21.03	25.01	29.74	35.36
10	39.59	17.89	21.27	23.54	28.00	33.29	39.59
25	44.93	20.30	24.14	26.72	31.77	37.79	44.93
50	48.90	22.09	26.27	29.07	34.58	41.12	48.90
100	52.83	23.87	28.39	31.41	37.36	44.43	52.83
250	58.01	26.21	31.17	34.49	41.02	48.78	58.01
500	61.92	27.98	33.27	36.82	43.78	52.07	61.92

Fuente: Elaboración Propia.

B. AVENIDA DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de máximas avenidas para el diseño de la microcuenca se procesaron previamente la información básica de precipitación a 24 horas para la zona de estudio, tomando en cuenta que queremos saber el caudal máximo con fines de seguridad de la microcuenca en el sector o tramo evaluado realizando una evaluación de los daños potenciales que podrían involucrarse en una potencial falla debido a la aparición de avenidas de larga duración (varios días).

a) MÉTODO SCS PARA ABSTRACCIONES

El Soil Conservation Service (1972) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta.

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia}$$

Del principio de continuidad: $P = Pe + Ia + Fa$

Combinando las ecuaciones anteriores y resolviendo para Pe se encuentra:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS.

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica: $Ia = 0.2 S$

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Con base en esto: y la relación entre CN y S es la siguiente:

$$CN = \frac{25400}{254 + S}$$

El parámetro CN, se define como un número adimensional de curva ($0 \leq CN \leq 100$) y puede estimarse mediante el siguiente procedimiento:

CN = 100 para superficies impermeables y superficies de agua y

CN < 100 para superficies naturales.

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para la microcuenca Sullca se utilizaron los valores de CN recomendados por la SCS:

Para la determinación del valor de CN para la microcuenca Sullca, considerando a las unidades Geomorfológicas y tipos de uso de suelo para determinar los Grupos de Suelo y la cobertura vegetal, resultando un CN ponderado, Resumen de datos para modelamiento hidrológico.

b) CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es tiempo de concentración es el tiempo requerido para que una gota pueda recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues a mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área.

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo del tiempo de concentración fueron las siguientes:

TABLA 34: Formulas del tiempo de concentración

Método y fecha	Fórmula para Tc (minutos)	Observaciones
Kirpich (1940)	$T_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385}$ <p>Tc= Tiempo de concentración, en min. L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, pies. S =pendiente promedio de la cuenca, en pies/pie.</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en 07 cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar Tc por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$T_c = 60(11.9L^3 / H)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, millas. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, pies.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Federal Aviation Administration (1970)	$T_c = 1.8(1.1 - C)L^{0.50} / S^{0.333}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuación de retardo SCS (1973)	$T_c = \frac{L^{0.8} (1000 / CN - 9)^{0.7}}{19S^{0.5}}$ <p>L = longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 2,000 acres; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobre-estimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que Tc = 1.67 x retardo de la cuenca.

Fuente: (Chow, 1994)

Aplicando dichas ecuaciones en la Microcuenca Sullca, el tiempo de concentración se encuentra en la tabla Resumen de datos para modelamiento hidrológico.

El tiempo de concentración de Kirpich y California Culverts Practice que tienen Tiempos de concentración muy bajos que no representan a las corrientes y velocidad de la microcuenca por lo que tomaremos los tiempos de concentración de Federal Aviation Administration y Ecuación

de retardo SCS el cual el promedio de estas dos últimas es el valor que se muestra en el cuadro Resumen de datos para modelamiento hidrológico, el que usaremos para los siguientes cálculos:

TABLA 35: Cálculos del tiempo de concentración

TRAMO	Kirpich (1940).	California Culverts Practice (1942).	Chere que	Dirección Gral de carreteras y la state of California División of Highways.	Giandotti	USCE Cuerpo de ingenieros de USA	Ventura Heras.	Federal aviation Administration (1970).	Promedio
Ccaraccoto	0.641	0.642	0.642	0.639	1.455	1.834	0.556	1.211	0.952

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de concentración adoptado para los cálculos es de:

Tiempo de concentración Ccaraccoto $T_c=1.455$ horas

El tiempo de retardo (T_r) en función del tiempo de concentración (T_c) es:

Tiempo de retardo $T_r = 0.6 T_c$ min. (lag time)

Ccaraccoto $T_r= 0.873$ horas

c) HIDROGRAMAS SINTÉTICOS

Son simulaciones artificiales se obtienen usando las características fisiográficas y los parámetros de la cuenca de interés, en este caso la microcuenca. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la microcuenca, para determinar el caudal pico para diferentes periodos de retorno con fines de protección del área en estudio. Existen los siguientes hidrogramas sintéticos:

- Hidrograma sintético triangular del SCS.
- Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder
- Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS - Hydrologic Modeling System)

Para la determinación del caudal pico de la microcuenca Sullca, se utilizó el Software del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados

Unidos (US Army Corps of Engineers) para aplicar el Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS) y consiste en lo siguiente:

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una subcuenca. Un componente puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o embalse.

La representación de un componente requiere un conjunto de parámetros que especifiquen las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso del modelaje es el cálculo de los hidrógrafos del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río.

d) DETERMINACION DE LA PERDIDA INICIAL

Tomando en cuenta el Método de la Curva Numérica (CN) del Soil Conservación Service, se determinó la pérdida inicial que la cuenca (capacidad de almacenamiento de lluvia acumulada) y es dado por la siguiente relación:

TABLA 36: Calculo de Curva Numero CN Quebrada Ccaraccoto

Descripción de Área	Área (m2)	CONDICION HIDROLOGICA	GRUPO SUELO	CN	CN*Área	CNp
Pastizales 1	1,926,906.80	REGULAR	B	69	132,956,569.41	10.35
Pastizales 2	8,093,008.57	REGULAR	B	59	477,487,505.79	37.17
Cultivos escarda	1,491,584.05	REGULAR	A	71	105,902,467.42	8.24
Suelo en Descanso	1,334,545.93	REGULAR	B	91	121,443,679.60	9.45
Total =	12,846,045.35				CNpond. =	65.22

Fuente: Elaboración propia

$$P_o = 0.2 \left(\frac{25400}{CN} - 254 \right)$$

Perdida inicial Ccaraccoto $P_o = 27.09$ mm

e) DETERMINACION DEL FLUJO O CAUDAL BASE

El flujo base, es el caudal que se observa en un curso de agua al final de un período de estiaje y está constituido por el aporte de las aguas subterráneas a la red de drenaje natural.

Para determinar el flujo base para la microcuenca se aforo un caudal total de 67.20 l/s en épocas de estiaje.

Caudal base Ccaraccoto : $Q = 0.034 \text{ m}^3/\text{s}$

TABLA 37: Resumen de datos para Modelamiento Hidrológico

PARAMETRO	NOMENCLATURA	Ccaraccoto	UNIDAD
Area de la Cuenca	A	12.85	Km ²
Perímetro	P	16949.12	m
Longitud del Cauce	L	6150.15	m
Cota Máxima	Cmax	4360.00	msnm
Cota Mínima	Cmin	3720.00	msnm
Pendiente Cause	S	10.41%	%
Tiempo de Concentración	Tc	1.46	min
Coeficiente Curva Numero	CN	65.22	
Abstracción Inicial	Po	27.09	mm
Tiempo de Retardo	Tr	0.88	min

Fuente: Elaboración Propia.

El estudio hidrológico de Caudal Máximo se adjunta en el **ANEXOS 3.1**.

C. MODELAMIENTO DE LA MICROCUENCA SULLCA

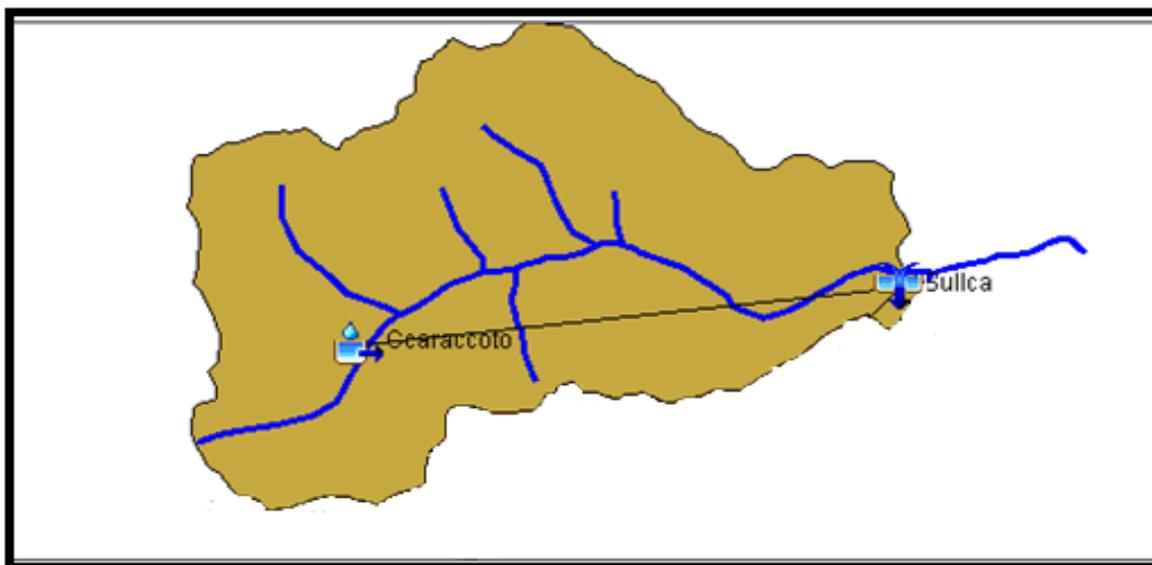
El centro de Ingeniería Hidrológica, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU, diseñó el programa de computación Sistema de Modelamiento Hidrológico (HEC-HMS), este provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación - escurrimiento y también tránsito de caudales entre otros (US Army, 2000).

En el Software HEC-HMS, se realizó el modelamiento de la microcuenca Sullca, en la quebrada de Ccaraccoto, que contiene los parámetros de los elementos hidrológicos; la microcuenca en su totalidad y los tramos de cauce hasta el punto de interés (Salida de la Quebrada Sullca) y otros elementos.

MODELO HIDROLÓGICO

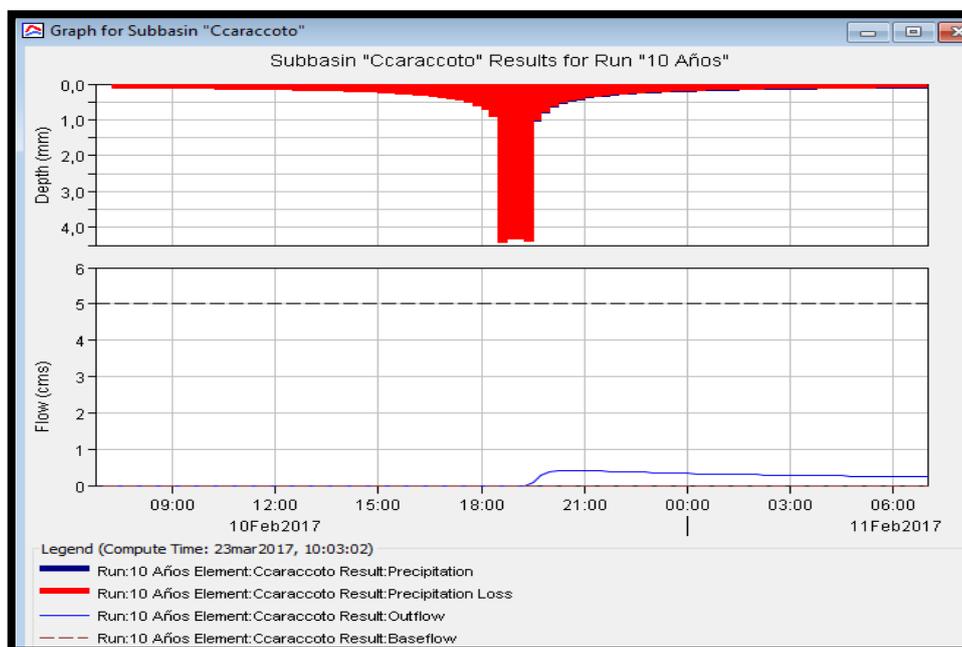
Los resultados del análisis hidrológico mediante del modelo HEC-HMS se presentan en la siguiente figura.

FIGURA 18: Esquema del modelamiento en HEC – HMS para determinar los caudales máximos.



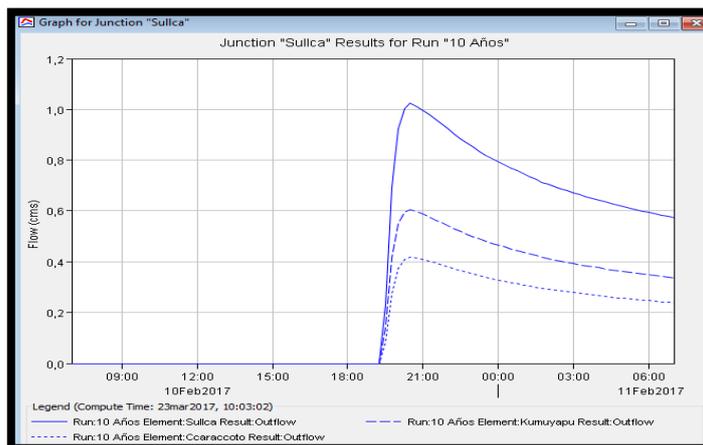
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 19: Hidrograma para un periodo de retorno de 10



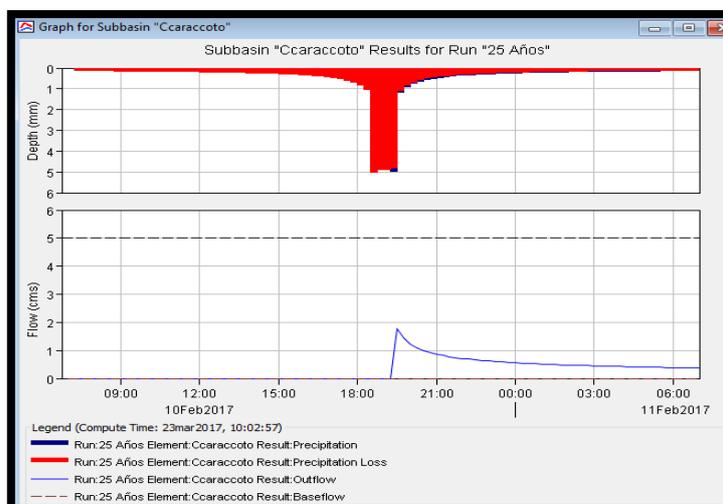
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20: Resultados de Hidrograma



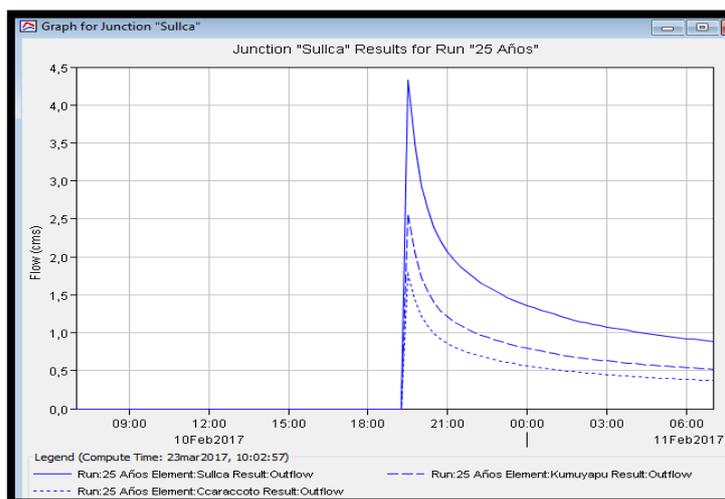
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 21: Hidrograma para 25 años de Retorno



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 22: Resultados de Hidrograma



Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS OBTENIDOS DE HEC - HMS

El Estudio Hidrológico de Máxima avenida aplicando el modelo hidrológico (HEC-HMS) y mediante Sistema de Información Geográfica (SIG), para el dimensionamiento de la bocatoma que se construirá agua debajo de esta quebrada en estudio del “DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”: han sido determinados para 50, 100 y 250 años de periodo de retorno en los siguientes cuadros.

FIGURA 23: Resultados del caudal de precipitación – bocatoma

Project: Sulca Simulation Run: 10 Años
 Start of Run: 10feb2017, 07:00 Basin Model: Sulca
 End of Run: 11feb2017, 07:00 Meteorologic Model: 10 Años
 Compute Time: 23mar2017, 10:27:24 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Ccaraccoto	12,85	0,4	10feb2017, 20:30	1,00

Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA 24: Resultados del caudal de precipitación

Project: Sulca Simulation Run: 25 Años
 Start of Run: 10feb2017, 07:00 Basin Model: Sulca
 End of Run: 11feb2017, 07:00 Meteorologic Model: 25 años
 Compute Time: 23mar2017, 10:28:41 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Ccaraccoto	12,85	1,8	10feb2017, 19:30	1,99

Fuente: Elaboración Propia.

Recomendación

Con la finalidad que la obra sea sostenible en el tiempo, se recomienda realizar los cálculos hidráulicos y estructurales para dimensionamiento de las Bocatoma ubicado en el sector de Ccaraccoto de la comunidad campesina de Sulca del distrito de Marangani, según el cuadro anterior, utilizar estrictamente el caudal generado para el periodo de retorno de 50,100 y 250

años, que equivale 51% de probabilidad que no ocurra eventos extremos con magnitud de menor o igual a 25 años de tiempo de retorno, y con 49% de probabilidad de riesgo de falla, cuando la vida útil de la obra es de 20 años como máximo.

El estudio hidrológico de Máximas Avenidas completo se adjunta en el ANEXOS 3.1.

4.3.4 DEMANDA HIDRICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

A. USOS DE AGUA

El agua de la quebrada Ccaraccoto propuesta para el “**DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO**”, actualmente se encuentra en uso. Señalamos que la captación propuesta está actualmente en funcionamiento una captación precaria de piedras y tierra que desvían momentáneamente a al canal existente de tierra.

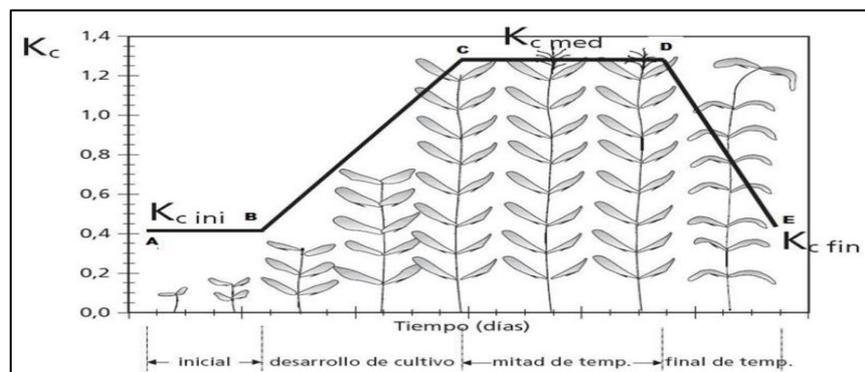
El agua que se dispone en épocas de estiaje es de 34.0 l/s en la quebrada medidos en diferentes puntos (bocatoma), el uso actual es para riego de áreas cultivables existentes, con el fin de optimizar el agua y mejorar la aplicación a las áreas existentes de riego. El otro uso es pecuario que no representa una demanda considerable y es casi insignificante debido a que usan los canales para el abrevadero sin alterar el caudal para el sistema de riego.

B. COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc).

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

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

FIGURA 25: Variación del coeficiente de cultivo en el tiempo.



Fuente: Elaboración Propia.

En ellas se distinguen las siguientes etapas:

- Etapa de germinación:

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

- Etapa de crecimiento vegetativo:

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

- Fase intermedia: Se caracteriza por la elongación de los tallos. El alargamiento de los entrenudos de los tallos que es muy rápido, y la producción de materia seca es grande, dura aproximadamente 120 días.
- Fase final o de madurez:

Presencia de botones florales o aparición de las yemas florales que coinciden con la aparición de los órganos reproductores, inicio de floración 150 días. La cédula de cultivo está influenciada por el clima y determinada por las costumbres del poblador.

C. CÉDULA DE CULTIVO.

Determinar la cédula de cultivo, en un área de riego, incluye las consideraciones siguientes:

- Especies y períodos de sus cultivos.
- Áreas de cobertura de estas especies.
- Número de campañas agrícolas al año.

Con esta información se podrá hacer la distribución por áreas de los cultivos a cosecharse, se podrá determinar cuánto de recursos hídricos es necesario para que el cultivo se desarrolle al punto que pueda de ser de consumo para la población y además en que periodos debe ser su siembra y cosecha de los mismos.

TABLA 38: Cedula de Cultivo

CEDULA DE CULTIVOS		
DISTRITO: MARANGANI		COMUNIDAD: SULLCA
ITEM	ha	%
Superficie Agrícola Total	160.00	100.00
Superficie Irrigable	25.56	15.98
CULTIVOS (Bajo Riego)	AREA	
	ha	%
Primera Campaña		
MAIZ AMILACEO	6.47	25.33
PAPA	7.14	27.92
PASTOS MEJORADOS	1.84	7.21
OLLUCO	1.21	4.74
CEBADA GRANO	1.84	7.21
PASTOS (ALFALFA)	2.95	11.53
HABAS	4.11	16.06
TOTAL PRIMERA CAMPAÑA	25.56	99.99
Segunda Campaña		
MAIZ CHOCLO	0.50	1.96
HORTALIZAS	0.50	1.96
CEBADA FORRAJE	1.00	3.91
PAPA MAHUAY	2.00	7.83
PASTOS (ALFALFA)	2.00	7.83
TOTAL SEGUNDA CAMPAÑA	6.00	23.48
Superficie Cultivada Total	31.56	123.47
Intensidad de Uso de Suelo (IUs)	1.2	

Fuente: Elaboración Propia.

D. DISEÑO DE LAS CÉDULAS DE CULTIVO.

En la condición del proyecto, se ha tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Clima y aptitud de los suelos.
- Nivel de la demanda de agua y rentabilidad de los cultivos.
- Comportamiento del mercado para la adquisición de insumos y para la venta de la producción, así como disponibilidad de servicios para la producción y comercialización.
- Tenencia de la tierra.
- Se conservan cultivos de fuerte tradición en la zona y que constituyen la base alimentaria de su población. Los saldos estarán destinados para el mercado local o regional. Entre ellos se encuentran la papa, maíz amiláceo, trigo y haba.
- Se introducen cultivos nuevos que previamente han sido consultados con los beneficiarios y cuya rentabilidad contribuirá a mejorar el nivel socioeconómico de los beneficiarios. Entre ellos se encuentra la quinua, cultivo que el actual Gobierno Nacional está incentivando con fines de agro exportación. Los otros dos cultivos que se introducen son el orégano y la tuna.

Para elegir una cédula de cultivo con riego, deberá antes que nada tener en cuenta la cédula actual, las opiniones de los campesinos y poder observar cédulas de cultivo de proyectos de riego próximos, para poder apreciar límites de posibles cambios.

En general es poco probable, que ocurra cambios radicales, sobre todo en lo referente a las especies.

Un aspecto de fácil aceptación por parte de los campesinos es adelantar épocas de siembra, de las mismas especies para obtener mejores precios.

La cédula de cultivo deberá prepararse, en base a la lógica de explotación de la finca familiar y no necesariamente a la aptitud de los suelos y otros factores. En este sentido deberá analizarse también el sistema de distribución de agua entre los usuarios. Por ejemplo, si una comunidad

decide repartir el caudal disponible insuficiente para toda la comunidad, en parte proporcional entre todos sus componentes y que esta cantidad satisface el riego de solo una fracción de la propiedad, deberá averiguarse, cuál será la prioridad de riego, puede ser para hortalizas, pastos, papa, etc. En relación con los otros cultivos tradicionales que no se regarán.

En el riego, de comunidades campesinas, no es posible una optimización teórica de la cédula de cultivo en base sólo de parámetros hídricos (los cultivos que optimizan la disponibilidad de agua) o económicos (la combinación de cultivos más rentables).

E. SEGÚN EL COEFICIENTE DE CULTIVO.

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

F. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL.

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

En la práctica, se analiza la ET como un consumo o gasto de agua por el cultivo (conjunto suelo – planta). Se puede estimar que el clima es uno de los factores más importantes que determina el volumen de las pérdidas de

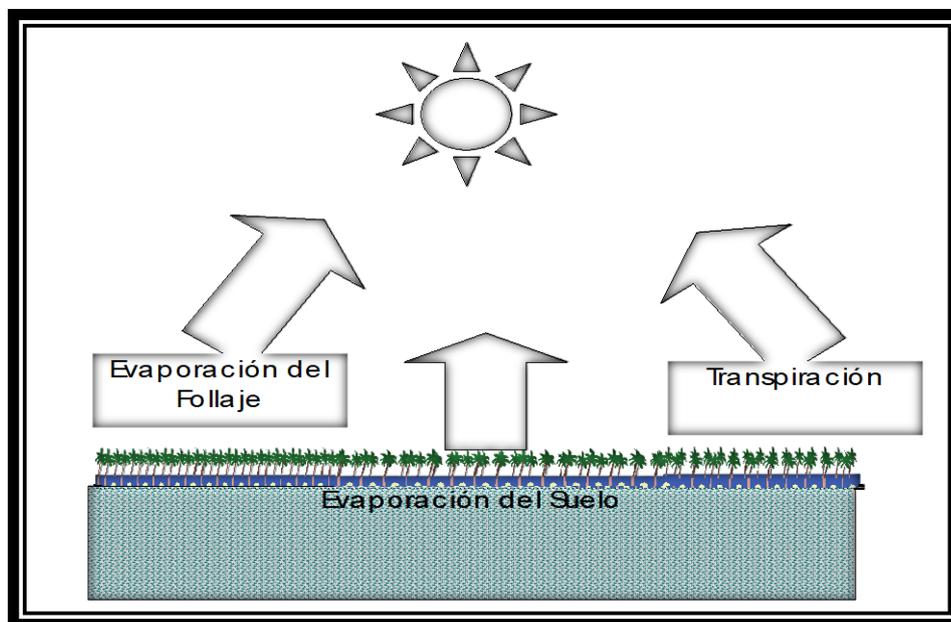
agua por evapotranspiración de los cultivos; queda también determinado por el propio cultivo, al igual que sus características de crecimiento. El medio local las condiciones del suelo, los fertilizantes, las prácticas de riego y otros factores puede influir también en las tasas de crecimiento y en la evapotranspiración consiguiente.

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

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

La evapotranspiración potencial ETP, se determinará mediante el procedimiento del Dr. Hargreaves, en este método se analizan dos casos: EN BASE A LA TEMPERATURA Y A LA RADIACIÓN.

FIGURA 26: Formación de la evapotranspiración.



Fuente: Elaboración Propia.

Con la siguiente expresión se determina la evapotranspiración potencial:

$$ETP = 0.0075 \cdot RSM \cdot {}^\circ F \cdot FA$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración potencial (mm)

0.0075 : Constante de interrelación entre ETP y radiación

RSM : Radiación solar mensual en su equivalente de evaporación (mm/mes).

°F : Temperatura media mensual en (°F)

FA : Factor de altura

El estudio de la demanda de agua para riego tiene por objeto identificar, comparar y analizar las diferencias obtenidas entre la demanda, el suministro y el consumo de agua para riego en cada unidad de superficie.

Para determinar la demanda de agua se calculó con el método semi empírico HARGREAVES. El mismo da resultado el módulo de riego de 0.97 litros/segundo/ha, mediante el sistema de riego por gravedad, para el cual se consideró 30% de eficiencia de riego del sistema, puesto que el estudio tendrá componentes de capacitación y asistencia técnica permanente que asegure esta eficiencia, el requerimiento de agua por los cultivos propuestos asciende a 31 litros/seg en el mes agosto para 31.56 has. en los siguientes cuadros se presenta los cálculos de Evapotranspiración Potencial y Requerimiento de agua del cultivo que se encuentran en el **ANEXO 3.2**.

TABLA 39: Calculo de Evapotranspiración Potencial

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL												
METODO HARGREAVES III										LONGITUD: 71°12'03.94" Oeste		
COMUNIDAD: SULLCA			PROVINCIA: CANCHIS						LATITUD: 14°21'17.56" Sur			
			DISTRITO: MARANGANI						ALTITUD: 3895 m.s.n.m			
VARIABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
T.M.MAX. (°C)	18.90	18.50	18.40	18.90	18.60	17.90	17.50	19.00	19.50	20.60	20.50	19.20
T.M.MIM. (°C)	5.00	5.40	4.80	2.80	-0.40	-3.90	-4.40	-3.30	0.80	1.90	2.40	4.80
T.M.M. (°C)	11.95	11.95	11.60	10.85	9.10	7.00	6.55	7.85	10.15	11.25	11.45	12.00
T.M.M. (°F)	53.51	53.51	52.88	51.53	48.38	44.60	43.79	46.13	50.27	52.25	52.61	53.60
HORAS SOL MES	167.40	148.40	161.20	192.00	223.20	237.00	241.80	229.40	198.00	210.80	198.00	179.80
HORAS SOL DIA	5.40	5.30	5.20	6.40	7.20	7.90	7.80	7.40	6.60	6.80	6.60	5.80
N° DIAS MES	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
HORAS SOL MAX. DIA(DL)	11.60	11.80	12.00	12.30	12.60	12.70	12.60	12.40	12.20	11.80	11.60	11.50
% HORAS SOL MES	46.55	44.92	43.33	52.03	57.14	62.20	61.90	59.68	54.10	57.63	56.90	50.43
RAD. EXT. DIA (mm)	16.74	16.40	15.28	13.66	12.03	11.13	11.53	12.85	14.46	15.80	16.54	16.64
RAD. EXT. MES (mm)	518.80	459.20	473.75	409.94	372.90	333.87	357.40	398.25	433.94	489.80	496.06	515.70
RAD. INC. MES (mm)	265.48	230.81	233.90	221.78	211.41	197.49	210.90	230.74	239.37	278.86	280.64	274.68
Fa	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
ETo (mm)	131.44	114.28	114.44	105.74	94.64	81.50	85.45	98.49	111.34	134.82	136.61	136.23
TOTAL AÑO											1344.98	Mm/año

Fuente: Elaboración Propia

El caudal del río Ccaraccoto es asignado por la comunidad Sullca para beneficiar al sector de Ccaraccoto propuesta exclusivamente para uso agrícola y no tiene otro beneficio ni otra comunidad por estar dentro de la comunidad de Sullca, de igual forma no tienen derechos de uso de agua otorgado por alguna institución, en el cuadro siguiente se presentan los caudales ofertados y demandados, según la demanda agrícola propuesta.

La demanda futura se analiza en el siguiente cuadro de cálculo de la demanda hídrica, se puede observar que cada año se incorpora áreas de riego con los cultivos propuestos proyectados hasta un quinto año el cual se tiene cubiertas las áreas propuestas.

A continuación, Se muestra el cálculo de Demanda Hídrica que se encuentra en el **ANEXO 3.2**.

TABLA 40: Calculo de Demanda Hídrica

CALCULO DE DEMANDA DE HIDRICA														
METODO HARGREAVES III														
PROVINCIA: CANCHIS		COMUNIDAD SULLCA				AREA A IRRIGAR: 1ra Campaña		25.56		ha				
DISTRITO: MARANGANI						AREA A IRRIGAR: 2da Campaña		6.00		ha				
REFERENCIAS	AREA		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
CULTIVOS	ha	%												
PRIMERA CAMPAÑA														
MAIZ AMILACEO	6.47	25.33	0.97	0.87	0.59	0.19					0.10	0.38	0.75	0.93
PAPA	7.14	27.92	0.94	0.71	0.25							0.11	0.48	0.87
PASTOS MEJORADOS	1.84	7.21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
OLLUCO	1.21	4.74	0.40	0.65	0.84	0.45								0.14
CEBADA GRANO	1.84	7.21	0.33	0.55	0.75	0.87	0.45							0.10
PASTOS (ALFALFA)	2.95	11.53	0.90	0.90	0.90	0.90							0.90	0.90
HABAS	4.11	16.06	0.94	0.91	0.64	0.22						0.10	0.41	0.78
SUBTOTAL	25.56	100.00												
SEGUNDA CAMPAÑA														
MAIZ CHOCLO	0.50	1.96				0.10	0.38	0.75	0.92	0.76	0.25			
HORTALIZAS	0.50	1.96					0.32	0.81	0.98	0.38				
CEBADA FORRAJE	1.00	3.91					0.10	0.33	0.50	0.70	0.87			
PAPA MAHUAY	2.00	7.83						0.11	0.46	0.91	0.94	0.71	0.25	
PASTOS (ALFALFA)	2.00	7.83					0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90		
SUBTOTAL	6.00	23												
TOTAL	31.56	123												
INTENSIDAD DE USO (U)		1.2												
AREA A REGARSE POR MES (ha)			25.56	25.56	25.56	18.92	7.68	7.84	7.84	7.84	13.82	23.56	24.51	25.56
Kc PONDERADO			0.60	0.52	0.33	0.19	0.39	0.61	0.76	0.87	0.52	0.37	0.61	0.67
ETo (mm)			131.44	114.28	114.44	105.74	94.64	81.50	85.45	98.49	111.34	134.82	136.61	136.23
ETr (mm)			78.76	59.60	37.89	20.21	36.71	49.75	64.59	85.55	57.74	49.89	83.39	91.03
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL (mm)			164.02	147.74	131.39	61.07	8.59	3.45	4.05	7.13	24.51	59.47	89.16	122.67
DESVIACION ESTANDAR (SD)			64.84	57.14	53.16	33.90	7.94	10.09	5.64	7.10	16.61	34.79	44.10	38.87
PRECIPITACION CONFIABLE AL 75% (mm)			120.29	109.20	95.53	38.20	3.24	0.00	0.25	2.34	13.30	36.00	59.42	96.45
REQUERIMIENTO DE RIEGO NETO (mm)			0.00	0.00	0.00	0.00	33.48	49.75	64.34	83.21	44.44	13.89	23.97	0.00
REQUERIMIENTO DE RIEGO NETO (m ³ /ha)			0.00	0.00	0.00	0.00	334.78	497.50	643.35	832.13	444.36	138.91	239.73	0.00
NUMERO DIAS DEL MES			31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
JORNADA DE RIEGO (horas)			12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
EFICIENCIA DE RIEGO POR GRAVEDAD (%)			30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
REQUERIMIENTO DE RIEGO BRUTO (m ³ /ha)			0.00	0.00	0.00	0.00	523.91	778.57	1006.81	1302.23	695.39	217.39	375.16	0.00
VOLUMEN DE DEMANDA REQUERIDA (m ³)			0.00	0.00	0.00	0.00	4025.82	6105.61	7895.54	10212.25	9607.40	5121.16	9193.47	0.00
DEMANDA TOTAL DE AGUA DEL PY (l/seg)			0.00	0.00	0.00	0.00	12.02	18.84	23.58	30.50	29.65	15.30	28.37	0.00
AGUA DISPONIBLE EN LA FUENTE (l/seg)			360.17	396.22	303.30	149.95	71.50	47.98	39.37	40.66	48.80	50.72	110.55	227.13
SUPERAVIT DEL RECURSO HIDRICO (l/seg)			360.17	396.22	303.30	149.95	59.47	29.14	15.79	10.15	19.15	35.42	82.18	227.13
MODULO DE RIEGO (lt/seg/ha)			0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.60	0.75	0.97	0.54	0.16	0.29	0.00
DEMANDA UNITARIA TOTAL (lt/seg/ha)														0.97

Fuente: Elaboración Propia

G. CALCULO DEL CAUDAL ECOLOGICO.

TABLA 41: Determinación del Caudal Ecológico (lt/s)

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
360.17	396.22	303.30	149.95	59.47	29.14	15.79	10.15	19.15	35.42	82.18	227.13

Fuente: Elaboración Propia

4.3.5 BALANCE HIDRICO MENSULIZADO

La oferta hídrica existente en la quebrada Ccaraccoto es suficiente en 90% para satisfacer o cubrir la demanda agrícola requerida por el proyecto;

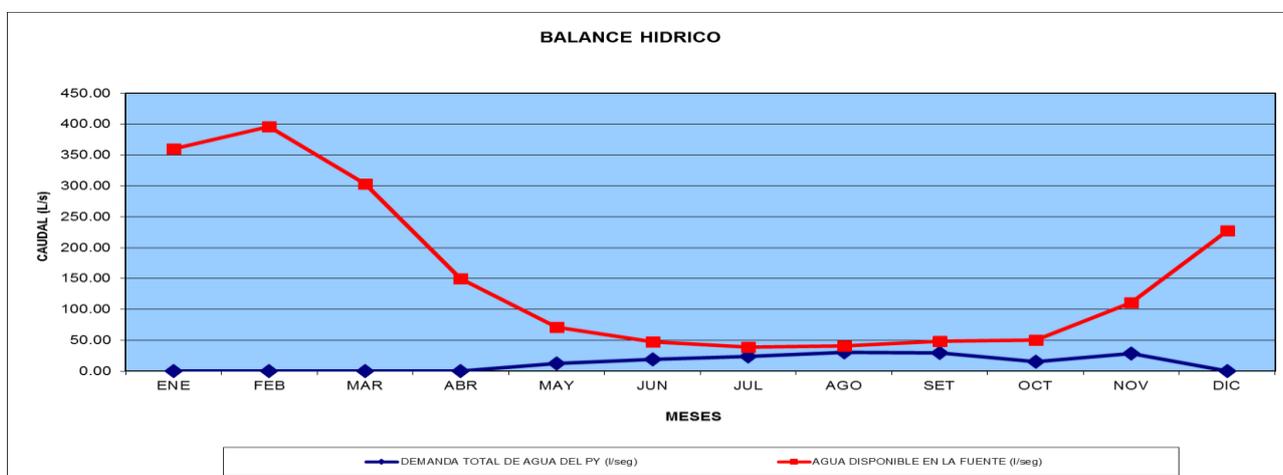
por lo que el caudal sobrante se destinara al caudal ecológico, en los cuadros siguientes se presenta las oferta hídrica del caudal y demanda agrícola proyectados para una proyección de 20 años, como también la diferencia como caudal ecológico, el mismo en los meses de estiaje se consideró mayor al 15% del caudal ecológico correspondiente a la oferta hídrica al 75% de persistencia.

TABLA 42: Balance Hídrico Mensualizado

REFERENCIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
DEMANDA TOTAL DE AGUA DEL PY (l/seg)	0.00	0.00	0.00	0.00	12.02	18.84	23.58	30.50	29.65	15.30	28.37	0.00
AGUA DISPONIBLE EN LA FUENTE (l/seg)	360.17	396.22	303.30	149.95	71.50	47.98	39.37	40.66	48.80	50.72	110.55	227.13
SUPERAVIT DEL RECURSO HIDRICO (l/seg)	360.17	396.22	303.30	149.95	59.47	29.14	15.79	10.15	19.15	35.42	82.18	227.13

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA 27: Balance Hídrico



Fuente: Elaboración propia

4.4 ESTUDIO AGROLOGICO

4.4.1 GENERALIDADES

A. INTRODUCCIÓN

Los trabajos en la especialidad de Agrología, se realizaron con el propósito de conocer las características de los suelos existentes en el área de estudio para el: **“DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA,**

DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”; además permitirá determinar las unidades cartográficas y taxonómicas existentes; con la finalidad de conocer la aptitud y la calidad agrologica de las tierras que cubren el área irrigable del proyecto. Las realizaciones de los trabajos se ciñeron a lo establecido en el Decreto Supremo N° 013 – 2010 – AG (Reglamento para la ejecución de Levantamiento de Suelos) y en el Decreto Supremo N° 017 – 2009 – AG (Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor).

Las tierras de cultivo se distribuyen entre los 3720 y 4360 msnm, que forman parte del sector de Ccaraccoto,; las que se distribuyen sobre una superficie marcadamente inclinada, en las que se pueden encontrar algunas áreas de relieve suave, en la parte superior del piso de valle posee pendientes más pronunciadas y una topografía accidentada con procesos de erosión, la agricultura por lo general es en seco, propicio para el cultivo de tubérculos menores (olluco, papa), cereales (cebada, habas, maíz), y pastos mejorados, zona apta también para la crianza de ganado vacuno y ovino; los distritos que tienen el piso de Puna Baja y que corresponde a la Región Suni.

Puna o Jalca.-Piso ecológico más alto, que se ubica por encima de los 4,000 m.s.n.m., parte de su relieve está conformado por mesetas aptas para la crianza de camélidos sudamericanos (alpacas, llamas), siendo el desarrollo ganadero bueno.

La pendiente considerable de la mayor parte de las tierras de cultivo, sumada a las precipitaciones que ocurren durante los meses de enero, febrero y marzo, hace que el problema de erosión sea notable, arrastrando en su escorrentía finos y materia orgánica, elementos importantes para la productividad de los suelos.

El conocimiento de las características de este valioso recurso permitirá implementar y ejecutar adecuadas políticas de manejo, a fin de mejorar sus condiciones productivas. El suelo permite el desarrollo de diversos componentes bióticos de la flora y fauna existente en el lugar, cuya

interrelación armónica se constituye en un eficaz sistema que permite el desarrollo de la vida y el establecimiento de importantes cadenas tróficas.

B. OBJETIVOS

Objetivo General.

Realizar el estudio agrológico en el ámbito de influencia, para determinar las características de los suelos tanto físicas, químicas y morfológicas, clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor y su aptitud para el riego con el fin de proponer una cedula de cultivo incorporando cultivos rentables de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

Objetivos Específicos.

- Interpretar y describir en campo las características de los perfiles de suelo y el área circundante.
- Realizar el Estudio Edafológico para determinar los diferentes tipos de Suelos según su capacidad de uso para definir su aptitud natural y potencial, con fines de uso agropecuario y regadío sustentable.
- Realizar la clasificación taxonómica de las unidades edáficas identificadas, basadas en su similitud dentro de unidades taxonómicas (series y fases) y cartográficas. permitan definir su aptitud natural y potencial, con fines de uso agropecuario, regadío y sustentable.
- Realizar el Estudio del Uso Actual de las Tierras del área de influencia, mediante la correlación técnica con el uso potencial de las mismas.

C. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DEL ESTUDIO.

Ubicación.

El estudio del **“Diseño de bocatoma, desarenador y canal de conducción para el sistema de riego por gravedad en el sector de Ccaraccoto de la Comunidad de Sullcca, distrito de Marangani – Canchis – Cusco”**, se localiza en el departamento de Cusco, provincia de

Canchis, distrito de Marangani, comunidad campesina de Sullca, Sector de Ccaraccoto, se localiza en las siguientes Coordenadas Geográficas:

Latitud Sur: 14°21'7.05", Longitud Oeste: 71°13'42.87", Altitud: 4100.63 m.s.n.m. Superficie total de 12.85 km².

Extensión.

El estudio comprende 160 has considerado como área de influencia, la fuente de recurso hídrico proviene de las quebradas Ccaraccoto y el área donde se localizará la infraestructura de riego son de 31.56 has.

D. ACCESIBILIDAD

El acceso principal para llegar a la C.C. de Sullca es por el desvío de Marangani de la vía Asfaltada Cusco – Puno, la cual tiene una mayor importancia económica por que conecta a las 07 capitales de distrito de la Provincia de Canchis con los principales nodos de desarrollo provincial, regional y otras regiones como Puno, Arequipa y con un mercado internacional (Bolivia).

El servicio de transporte de pasajeros es continuo de Sicuani a Marangani, pues existe flujo permanente de vehículos de transporte, por la característica de la vía asfaltada, pues se encuentra en buenas condiciones de servicio, favoreciendo así cualquier tipo de actividad económica.

Como medio de acceso se usa una trocha carrozable a unos 10 minutos de la carretera Panamericana hasta donde están ubicados las I.E. Inicial y Primaria de la COMUNIDAD CAMPESINA de Sullca, usando como medio de transporte los expresos que parten del Centro poblado de Marangani.

A continuación, se presenta el nivel de articulación vial con el contexto distrital, provincial y regional:

TABLA 43: Características de las vías

De	A	Tipo de vía	Tiempo de recorrido	Estado
Cusco	Sicuani	Asfaltada	03 hrs.	Bueno
Sicuani	Marangani	Asfaltada	15 min.	Bueno
Marangani	Sullca	Trocha	10 min.	Regular

FUENTE: Plan de Desarrollo Estratégico – Municipalidad de Marangani

E. MATERIALES Y MÉTODOS

a) MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

Material Cartográfico

Los materiales cartográficos utilizados son los siguientes:

- Imagen Satelital Google Earth
- Mapa de Ubicación del Proyecto Escala 1:50000, Fuente JRCB.
- Mapa Base Topográfico Escala 1:10,000. Fuente Consorcio Ccolpa
- Carta Nacional, Escala 1:100,000 del IGN.
- Mapa Ecológico del Perú, escala 1: 1'000,000; ONERN

Equipo utilizado

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| - Lampas | - Carpeta de campo |
| - Picos | - Cuaderno de campo |
| - Barretas | - Bolsas de polietileno |
| - GPS | - Wincha metálica de 5 m. |
| - Cámara Fotográfica | - Sacos de polipropileno. |
| - Cilindros infiltrómetros | - Lápices de colores |
| - Tabla Munsell | - Plumones |
| - Formato de lectura de perfiles. | - Cinta de embalaje |

b) METODOLOGÍA

Etapas Preliminares de Gabinete.

Se recopiló información documentaria y cartográfica existente de la zona a estudiar, la que fue analizada para su aprovechamiento en las

siguientes etapas. Se observó detenidamente en la imagen satelital, el ámbito del Proyecto, se diferenciaron las características topográficas y fisiográficas, las áreas urbanas y vías de acceso que facilitó el trabajo a realizar en la siguiente etapa, se proyectaron los lugares de observación de perfiles; además se preparó todo el equipo y material a utilizar en la etapa de campo.

Etapas de Campo

Antes de realizar el Trabajo de campo, propiamente dicho, se realizó un reconocimiento del ámbito, lo que permitió realizar algunos ajustes para el cumplimiento de los trabajos. En esta etapa se realizó la apertura de calicatas, se realizó la descripción de las características del área circundante relacionado al nombre del lugar, vegetación, drenaje, erosión, escorrentía, entre otros; seguidamente se interpretó y describió el perfil de los suelos, se tomaron muestras de suelo (1 Kg. Aprox.) de cada uno de los horizontes que se encontraron al interpretar el perfil, para que sean analizados en laboratorio, así mismo se hizo pruebas de infiltración y se recolectó muestras para análisis de fertilidad básica. Durante esta etapa se realizó el mapeo de los suelos. Se abrieron calicatas, cada calicata tiene muestras.

Etapas de Laboratorio

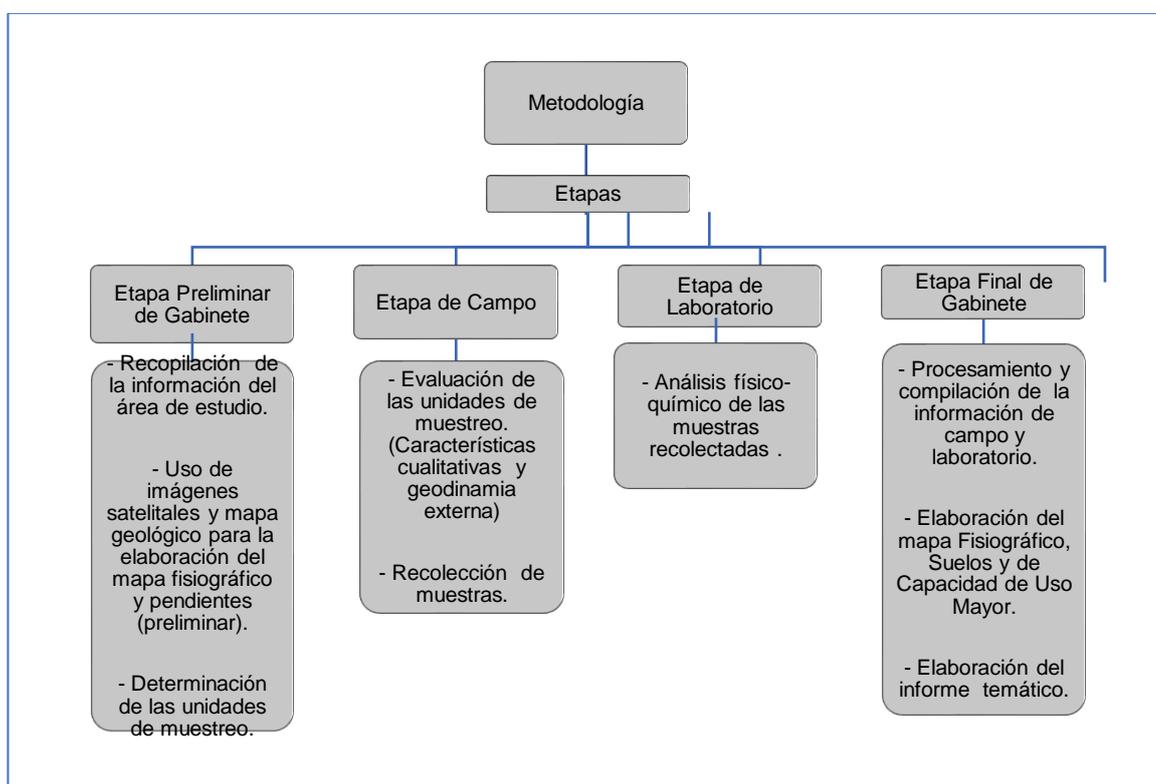
Los análisis de suelo, se realizaron en el Laboratorio de Suelos, agua y foliar de La Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; el análisis que se hizo de cada muestra de suelo fue el de caracterización, densidad aparente, punto de marchitez, capacidad de campo y fertilidad básica. Los métodos utilizados para las determinaciones y los resultados de los Análisis se mostrarán en el Anexo N° 03

Etapas finales de Gabinete.

Con la información obtenida en la Etapa Preliminar de Gabinete, en la Etapa de Campo y con los resultados obtenidos en el Laboratorio de

Suelos; se procederá a identificar y describir las unidades taxonómicas y cartográficas de los suelos. Considerando los parámetros establecidos, se clasificarán los suelos según su Capacidad por Uso Mayor, considerando Grupos, Clases y Sub Clases (limitaciones por algún o algunos factores edáficos); se elaboró el Mapa Fisiográfico, el Mapa de Ubicación de calicatas, el mapa de pendientes, el mapa de zonas de vida, posteriormente se elaborará el Mapa de Suelos y el Mapa de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor.

FIGURA 28: Organigrama De Los Procesos De La Metodología para la clasificación taxonómica de suelos



Fuente: Elaboración Propia

F. NORMAS Y CRITERIOS EMPLEADOS

A continuación, se presenta algunos de los dispositivos legales que norman directa o indirectamente la política general del uso racional del suelo y la actividad agrícola del país.

- ✓ Reglamento para ejecución de levantamiento de suelos. Decreto Supremo N° 013-2010-AG.
- ✓ Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor. Decreto Supremo N° 017-2009-AG.
- ✓ La Constitución Política del Perú.
- ✓ Manual Instructivo para levantamiento de suelos en base al enfoque territorial para los procesos de Macro, Meso y Micro zonificación Ecológica Económica.
- ✓ Ley de Recursos Hídricos y Reglamento ANA – MINISTERIO DE AGRICULTURA DEL PERÚ. Ley N° 29338. 23 de marzo del 2010.
- ✓ Reglamento de Clasificación de Tierras. Decreto Supremo 062-75-AG, del año 1975.
- ✓ Código de Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Decreto Legislativo N° 613, del año 1990-
- ✓ Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario. Decreto Legislativo N° 653, del año 1991.
- ✓ Reglamento de la Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario, Decreto Supremo N° 048-91-AG, del año 1991.
- ✓ Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. Ley N° 26821, del año 1997.
- ✓ Reglamento de la Ley N° 26505. Ley de Tierras. Decreto Supremo N° 011-97-AG, del año 1997. Sobre tierras eriazas.

4.4.2 DESCRIPCION GENERAL DE LAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES.

A. ECOLOGIA

El área de estudio comprende niveles altitudinales que encuentra aproximadamente los 3720 y 4360 m.s.n.m. En tal sentido, teniendo en cuenta la diversidad de la zona, es necesario delimitar unidades definidas por cantidades fijas de elementos climático-biofísicos como la biotemperatura, precipitación y la interrelación de ambos, así como la humedad.

B. CLIMA

El clima es de templado a frío, el aire es seco propio de su altitud de 3720 y 4360 m.s.n.m, con temperatura mínima anual de -4.4°C , y la máxima anual es de 20.5°C , mientras que las precipitaciones inician a partir de los meses de octubre - noviembre intensificándose en el mes de febrero y culminando en el mes de abril.

Las variables meteorológicas como precipitación, temperatura y humedad relativa se utilizaron las estaciones que indican en el cuadro siguiente, también se usaron datos del expediente Técnico Mejoramiento del Servicio de Agua del Sistema de Riego de Canal Principal 01 de la Comunidad Campesina de Ccuayo, Distrito de Marangani - Canchis-Cusco, se ha buscado las estaciones más cercanas a dicha cuenca las que se muestran a continuación:

TABLA 44: Estaciones meteorológicas utilizadas

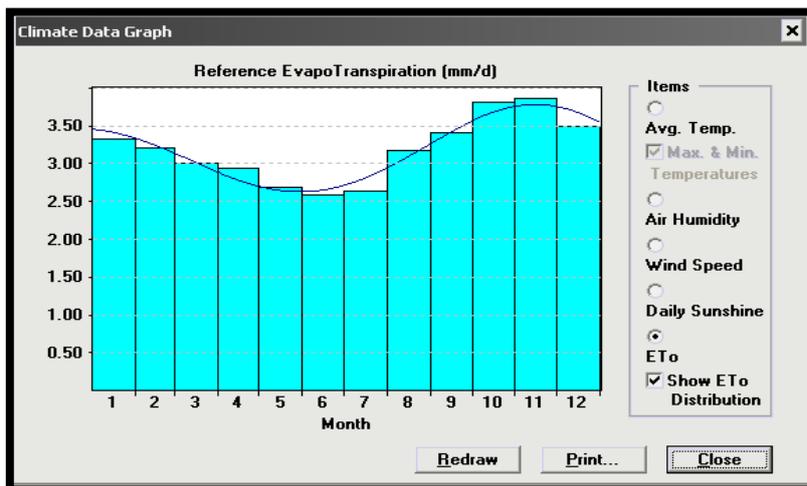
CODIGO	ESTACION METEREOLÓGICA	LATITUD		LONGITUD		ALTITUD msnm
		°	'	°	'	
11LaRa	LA RAYA	14	28	71	3	4,120
110757	YAURI	14	48	71	25	3,927
110694	POMACANCHI	14	1	71	34	3,700
110759	SICUANI	14	17	71	41	3,574
110756	COMBAPATA	14	6	71	26	3,525
120608	PERAYOC	13	31	71	57	3,365
120607	KAYRA	13	34	71	54	3,219
110688	URCOS	13	48	71	38	3,168
110685	CALCA	13	20	71	58	2,926
120683	URUBAMBA	13	18	72	7	2,863

Fuente: Elaboración Propia

Cuyos datos fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Se tomaron estos datos por la similitud con la zona del proyecto la altitud promedio del medio además que es la única estación existente en la zona.

a) CLIMATOGRAMA

FIGURA 29: Resultados cromatografía

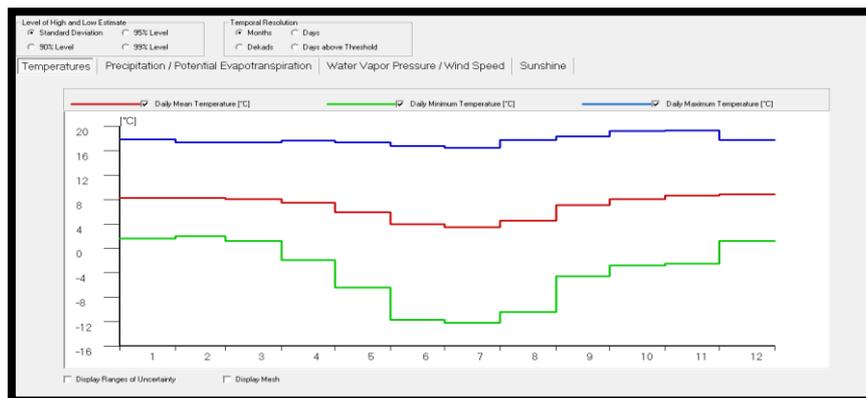


Climate Data Table

Country: Station: Altitude: (m)

Month	Max Temp. (C)	Min Temp. (C)	Humidity (%)	WindSpeed (km/d)	SunShine (hours)	Solar Radiation (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)
January	18.9	5.0	90.0	155.2	5.4	18.8	3.3
February	18.5	5.4	90.0	141.7	5.3	18.4	3.2
March	18.4	4.8	91.0	153.5	5.2	17.4	3.0
April	18.9	2.8	89.0	142.8	6.4	17.4	2.9
May	18.6	-0.4	90.0	149.4	7.2	16.5	2.7
June	17.9	-3.9	94.0	161.2	7.9	16.3	2.6
July	17.5	-4.4	96.0	176.8	7.8	16.6	2.6
August	19.0	-3.3	89.0	188.5	7.4	17.9	3.2
September	19.5	0.8	86.0	193.1	6.6	18.7	3.4
October	20.6	1.9	84.0	184.3	6.8	20.3	3.8
November	20.5	2.4	83.0	180.7	6.6	20.5	3.9
December	19.2	4.8	86.0	162.7	5.8	19.4	3.5
Average	19.0	1.3	89.0	165.8	6.5	18.2	3.2

	Best Estimate	Low Estimate	High Estimate	Standard Error	Bias
T_Mean	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
January	8.30	5.35	11.25	2.95	-0.24
February	8.30	6.15	10.45	2.15	-0.20
March	8.10	5.84	10.36	2.26	-0.24
April	7.50	5.31	9.69	2.19	-0.29
May	5.90	3.76	8.04	2.14	-0.30
June	4.00	1.75	6.25	2.25	-0.31
July	3.50	1.30	5.70	2.20	-0.33
August	4.50	2.42	6.58	2.08	-0.37
September	7.10	4.87	9.33	2.23	-0.41
October	8.10	5.88	10.32	2.22	-0.40
November	8.60	6.23	10.97	2.37	-0.36
December	8.80	6.40	11.20	2.40	-0.32
Mean	6.89	4.60	9.18	2.29	-0.31
T_Max	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
January	17.80	12.53	23.07	5.27	-1.07
February	17.30	12.07	22.53	5.23	-1.08
March	17.30	12.00	22.60	5.30	-1.12
April	17.60	12.32	22.88	5.28	-0.94
May	17.30	12.60	22.00	4.70	-0.84
June	16.80	12.47	21.13	4.33	-0.69
July	16.50	11.99	21.01	4.51	-0.76
August	17.70	13.12	22.28	4.58	-0.94
September	18.30	13.44	23.16	4.86	-1.04
October	19.20	14.15	24.25	5.05	-0.97
November	19.30	14.13	24.47	5.17	-1.00
December	17.70	12.36	23.04	5.34	-0.97
Mean	17.73	12.76	22.70	4.97	-0.94
T_Min	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
January	1.60	-3.08	6.28	4.68	-1.22
February	2.00	-2.63	6.63	4.63	-1.24
March	1.20	-3.50	5.90	4.70	-1.22
April	-1.90	-6.91	3.01	4.91	-1.30
May	-6.40	-11.99	-0.81	5.59	-1.30
June	-11.70	-18.99	-4.41	7.29	-0.90
July	-12.20	-18.69	-5.71	6.49	-1.12
August	-10.40	-16.18	-4.62	5.78	-1.33
September	-4.50	-9.47	0.47	4.97	-1.42
October	-2.80	-7.93	2.33	5.13	-1.30
November	-2.50	-7.32	2.32	4.82	-1.19
December	1.20	-3.29	5.69	4.49	-1.34
Mean	-3.87	-9.16	1.42	5.29	-1.24



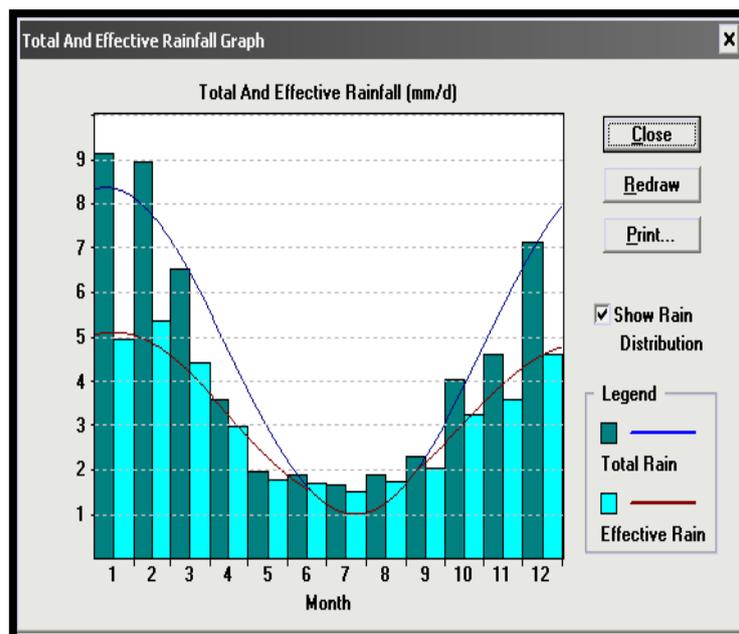
Fuente: Elaboración Propia

C. PRECIPITACIÓN

La zona de estudio no cuenta con una estación pluviométrica y siendo necesaria una estación para realizar diversos cálculos, se tomó en referencia la estación CO-SICUANI la cual es manejada por el SENAMHI, esta estación tiene características similares a la zona de estudio.

a) PRECIPITACIÓN PLUVIAL

FIGURA 30: Resultados Precipitación Pluvial



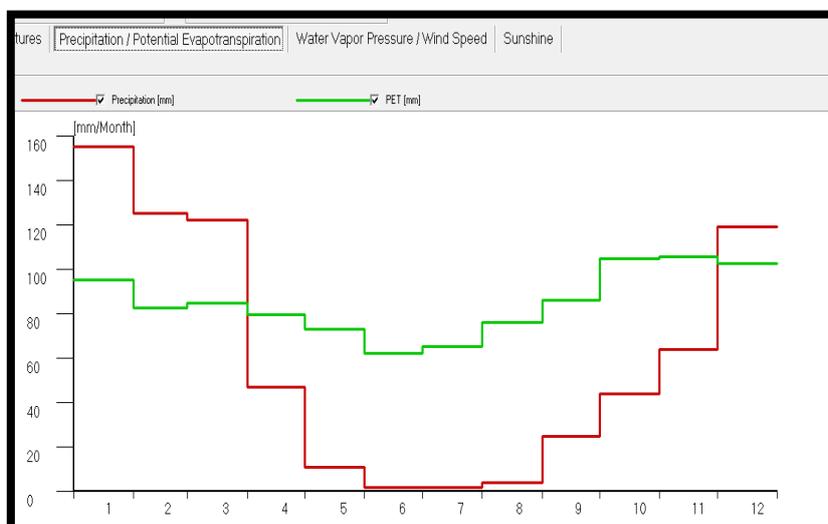
Fuente: Elaboración Propia

	Total	Effective	
January	282.7	153.3	(mm/month)
February	250.5	150.1	(mm/month)
March	202.6	136.9	(mm/month)
April	107.4	88.9	(mm/month)
May	60.8	54.9	(mm/month)
June	56.6	51.5	(mm/month)
July	51.4	47.2	(mm/month)
August	58.9	53.3	(mm/month)
September	69.2	61.5	(mm/month)
October	125.4	100.2	(mm/month)
November	138.3	107.7	(mm/month)
December	220.6	142.7	(mm/month)
Total	1624.4	1148.2	

Fuente: Elaboración Propia

January	3.33	(mm/day)
February	3.21	(mm/day)
March	3.01	(mm/day)
April	2.94	(mm/day)
May	2.69	(mm/day)
June	2.58	(mm/day)
July	2.64	(mm/day)
August	3.17	(mm/day)
September	3.41	(mm/day)
October	3.81	(mm/day)
November	3.87	(mm/day)
December	3.50	(mm/day)

Fuente: Elaboración Propia



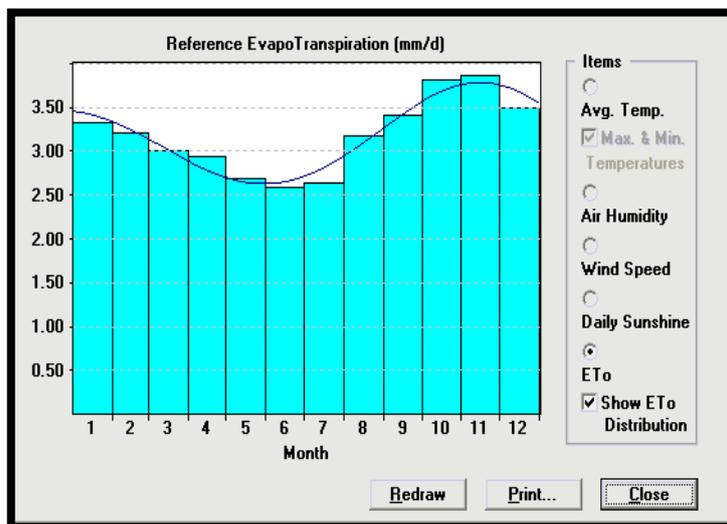
Fuente: Elaboración Propia

	Best Estimate	Low Estimate	High Estimate	Standard Error	Bias
Prec	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
January	155.00	46.00	264.00	109.00	-1.56
February	125.00	81.85	168.15	43.15	1.22
March	122.00	97.95	146.05	24.05	0.89
April	47.00	31.19	62.81	15.81	-1.11
May	11.00	0.00	37.56	26.56	0.89
June	2.00	0.00	25.64	23.64	-0.11
July	2.00	0.00	27.95	25.95	0.11
August	4.00	0.00	22.98	18.98	-0.11
September	25.00	0.00	53.40	28.40	-0.22
October	44.00	11.87	76.13	32.13	-0.44
November	64.00	4.33	123.67	59.67	-0.56
December	119.00	34.90	203.10	84.10	2.33
Mean	60.00	19.05	100.95	40.95	0.11
PET	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
January	95.00	84.78	105.22	10.22	-0.21
February	82.80	74.69	90.91	8.11	-1.70
March	84.60	72.98	96.22	11.62	-0.49
April	79.50	68.98	90.02	10.52	0.04
May	72.90	61.05	84.75	11.85	0.83
June	62.40	52.61	72.19	9.79	1.41
July	65.10	52.62	77.58	12.48	2.10
August	76.30	68.27	84.33	8.03	1.16
September	86.00	78.76	93.24	7.24	0.72
October	104.70	93.44	115.96	11.26	0.92
November	105.80	98.14	113.46	7.66	0.64
December	102.80	91.27	114.33	11.53	0.02
Mean	84.83	74.80	94.85	10.02	0.45

Fuente: Elaboración Propia

b) EVAPOTRANSPIRACIÓN

FIGURA 31: Resultados Evapotranspiración

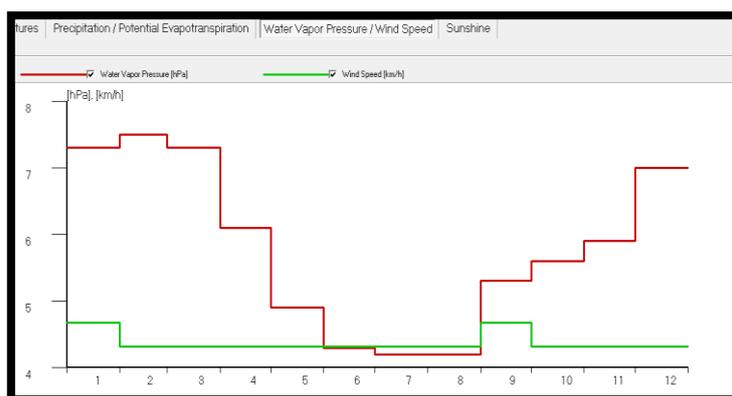


Fuente: Elaboración Propia

Monthly ETo Data

January	3.33	(mm/day)	OK
February	3.21	(mm/day)	Cancel
March	3.01	(mm/day)	Retrieve...
April	2.94	(mm/day)	Save...
May	2.69	(mm/day)	Report...
June	2.58	(mm/day)	Clear
July	2.64	(mm/day)	Clear All...
August	3.17	(mm/day)	
September	3.41	(mm/day)	
October	3.81	(mm/day)	
November	3.87	(mm/day)	
December	3.50	(mm/day)	

Fuente: Elaboración Propia



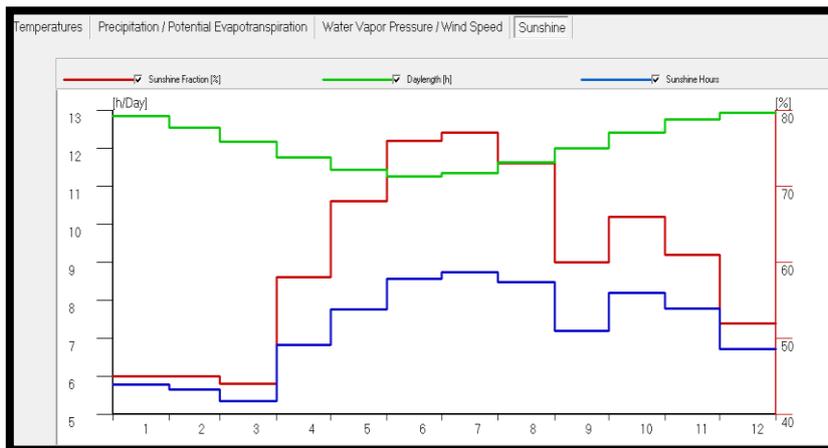
Fuente: Elaboración Propia

	Best Estimate	Low Estimate	High Estimate	Standard Error	Bias	V
Vapor	[hPa]	[hPa]	[hPa]	[hPa]	[hPa]	
January	7.30	2.77	11.83	4.53	-1.89	
February	7.50	2.97	12.03	4.53	-1.87	
March	7.30	2.94	11.66	4.36	-1.78	
April	6.10	1.50	10.70	4.60	-1.72	
May	4.90	0.26	9.54	4.64	-1.76	
June	4.30	0.00	8.96	4.66	-1.77	
July	4.20	0.00	8.75	4.55	-1.77	
August	4.20	0.00	8.59	4.39	-1.69	
September	5.30	0.84	9.76	4.46	-1.77	
October	5.60	0.90	10.30	4.70	-1.88	
November	5.90	1.22	10.58	4.68	-1.83	
December	7.00	2.54	11.46	4.46	-1.79	
Mean	5.80	1.25	10.35	4.55	-1.79	
Wind	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[km/h]	
January	4.68	0.00	9.39	4.71	0.56	
February	4.32	0.00	8.99	4.67	0.16	
March	4.32	0.42	8.22	3.90	0.56	
April	4.32	0.47	8.17	3.85	0.48	
May	4.32	0.00	8.85	4.53	0.68	
June	4.32	0.58	8.06	3.74	0.80	
July	4.32	0.16	8.48	4.16	0.96	
August	4.32	0.00	9.07	4.75	0.88	
September	4.68	0.00	9.74	5.06	0.88	
October	4.32	0.00	9.91	5.59	0.80	
November	4.32	0.00	9.31	4.99	0.68	
December	4.32	0.00	9.41	5.09	1.00	
Mean	4.38	0.00	8.97	4.59	0.70	

Fuente: Elaboración Propia

c) HORA SOL

FIGURA 32: Resultados Hora sol



Fuente: Elaboración Propia

	Best Estimate	Low Estimate	High Estimate	Standard Error	Bias
Sun Fr.	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
January	45.00	24.15	65.85	20.85	-5.89
February	45.00	25.30	64.70	19.70	-5.33
March	44.00	22.44	65.56	21.56	-5.89
April	58.00	27.91	88.09	30.09	-5.89
May	68.00	33.46	100.00	34.54	-5.00
June	76.00	38.49	100.00	37.51	-5.89
July	77.00	40.35	100.00	36.65	-5.33
August	73.00	35.45	100.00	37.55	-5.89
September	60.00	30.95	89.05	29.05	-6.22
October	66.00	38.49	93.51	27.51	-6.00
November	61.00	35.37	86.63	25.63	-6.00
December	52.00	30.25	73.75	21.75	-5.67
Mean	60.42	31.88	88.95	28.53	-5.75
Daylen.	[h]				
January	12:50				
February	12:32				
March	12:09				
April	11:45				
May	11:25				
June	11:15				
July	11:20				
August	11:37				
September	12:00				
October	12:24				
November	12:45				
December	12:55				
Mean	12:05				
Sun Hrs.	[h]	[h]	[h]	[min]	[min]
January	5:46	3:06	8:27	160	-45
February	5:38	3:10	8:06	148	-40
March	5:21	2:43	7:58	157	-42
April	6:49	3:16	10:21	212	-41
May	7:46	3:49	11:43	236	-34
June	8:33	4:20	12:47	253	-39
July	8:43	4:34	12:53	249	-36
August	8:29	4:07	12:51	261	-41
September	7:12	3:42	10:41	209	-44
October	8:11	4:46	11:35	204	-44
November	7:46	4:30	11:02	196	-45
December	6:43	3:54	9:32	168	-43
Mean	7:15	3:50	10:40	204	-41

Fuente: Elaboración Propia

D. HUMEDAD RELATIVA

Se registran valores medios anuales a lo largo del año las fluctuaciones no son muy marcadas, aunque muestran una tendencia a mayores valores en los meses de enero, febrero y marzo.

E. HIDROGRAFÍA

La hidrografía de la zona de estudio del proyecto, se encuentra rodeado de cerros profundos de forma de V, las áreas de cultivos se encuentran en las faldas de los cerros, en casi todo el distrito Marangani se lleva a cabo los cultivos en laderas, el área de estudio son suelos de cultivos que se ubican en lugares de pendientes suaves, ondulados y muchas veces en pendientes fuertes, en la mayoría de los casos, las lluvias no llegan suficientemente como para llevar a cabo una agricultura prospera, en esta zona productiva la falta de agua es sumamente imperiosa por su geografía.

F. AGROPECUARIA

En estas áreas se llevan a cabo mayormente la actividad agrícola y menor escala en la actividad pecuaria, aprovechan la variedad de especies vegetales que proliferan en forma natural como el pasto cultivado y otros cultivados para la alimentación del ganado existente; la agricultura se realiza con riego por secano en la temporada de lluvias con precipitaciones promedio mensual de alrededor de los 824.06 mm anuales, se cultivan preferentemente plantas autóctonas de gran valor alimenticio, como la papa, habas, maíz, cebada, olluco.

Las especies forestales presentes en la zona:

- Quishuar (**Buddleja incana**)
- Eucalipto (**Eucalyptus globulus**) cuyo uso es para leña y construcción.

La zona Productiva se encuentra localizado dentro del territorio de los Anexos de Ccaraccoto

Para identificar las zonas de cultivo se han determinado con participación de todos los agricultores de la zona, el programa Google Earth, GPS y el programa Civil 3D, determinándose una extensión de 160 hectáreas de áreas agrícolas, de las cuales 31.56 se irrigarán.

Crianza de ovinos	34%
Crianza de Vacunos	33%
Crianza de animales menores (cuyes)	33%
Total	100%

a) ESTRUCTURAS Y FORMAS DE TENENCIA DE LA TIERRA

El tema de propiedad de tierra, especialmente en las comunidades campesinas es bastante recurrente cuando se trata de las posibilidades del uso de riego. Que la tenencia de tierra es familiar o individual, con todas las implicancias que conllevan, como es el proceso de parcelación y de dispersión de parcelas.

b) APTITUD DE RIEGO:

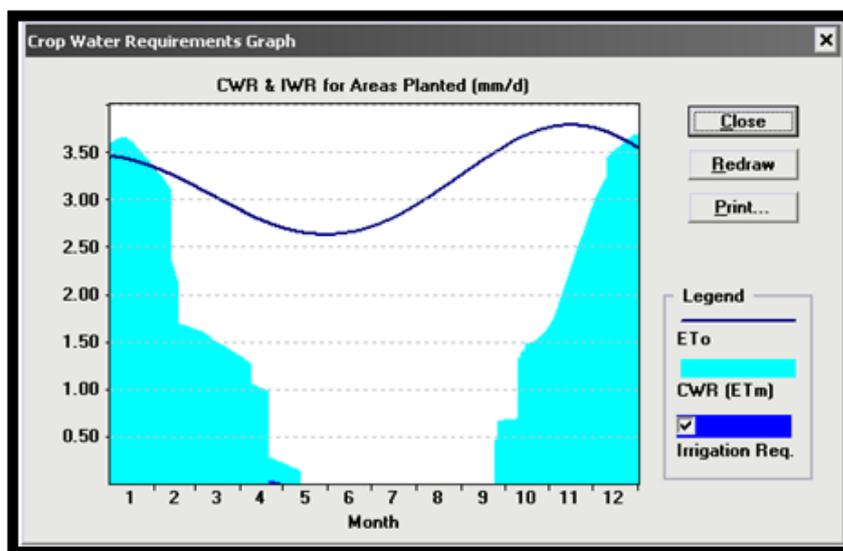
Según la formula cartográfica de suelos, las tierras a ser beneficiadas con riego presentan pendientes entre suaves y moderadamente inclinada, de micro relieve ondulado, de mediana pedregosidad superficial y drenaje moderado, con aptitud actual y potencial cultivable, de acuerdo con la capacidad de uso de suelo esta zona tiene características en la que se ha desarrollado una agricultura medianamente intensiva con capacidad agrícola de clase A,P,

Según el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor:

- Tierras aptas para cultivos en limpio (A), perteneciente a la subclase: A3,.
- Tierras aptas para Pastoreo (C) perteneciente a la subclase: P2.

REQUERIMIENTO DE AGUA ACTUAL.

FIGURA 33: Resultados requerimiento actual de agua



Fuente: Elaboración Propia

c) CALENDARIO DE SIEMBRAS Y COSECHAS.

No obstante que el área del proyecto posee recursos hídricos superficiales muy limitantes, las siembras se encuadran básicamente en base a la estación lluviosa, con las primeras lluvias que pueden presentarse en setiembre u octubre y luego en noviembre y diciembre, se inician las primeras labores agrícolas de arado del terreno. Por esta razón las siembras se concentran en un 100% entre los meses de noviembre y diciembre y solo se realiza una campaña agrícola.

d) NIVEL TECNOLÓGICO Y CULTIVOS QUE SE SIEMBRAN EN EL SECTOR DE CCARACOTO:

Considerando que la fuente principal de agua para la agricultura, son las precipitaciones, el manejo de los cultivos se encuentra en un nivel bastante bajo.

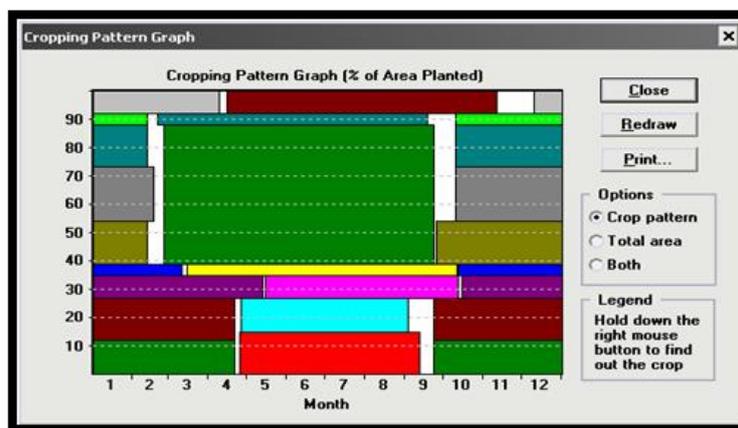
La pendiente y el relieve del terreno constituyen factores limitantes del desarrollo de un gran número de cultivos sin embargo la explotación se orienta básicamente con fines de autoabastecimiento para cubrir

necesidades alimenticias y los excedentes se utilizan en pocos casos al comercio y en una gran mayoría para el intercambio por otros productos alimenticios y otros de necesidad en el hogar, el manejo de los cultivos es bastante limitado; la posesión de terreno por agricultor es de 0.25 de ha. Y las prácticas de Agricultura es de policultivo, rotatorio. Los porcentajes de especies cultivadas:

Habas variedad nativa	15%
Papa Canchan, Sica, Ccompis, Mahuay.	12%
Maíz	15%
Quinoa	8%
Tuberosas (olluco)	15%
Hortalizas	8%
Cebada	19%
Avena	4%
Alfalfa	4%
<hr/>	<hr/>
Total	100%

En el sector de Sullca además de lo citado cultivan tarwi.

FIGURA 34: Propuestas



Fuente: Elaboración Propia

PAPA  MAIZ  QUINUA  AVENA FORRAJERA 
 OLLUCO  CEBADA  HABAS  ALFA ALFA  HORTALIZAS 

e) PLAGAS Y ENFERMEDADES

En la visita de campo se identificó las principales plagas y enfermedades más comunes en la zona del proyecto, siendo difícil de

controlar por ellos mismos por la falta de capacitación en el control de plagas y enfermedades.

Los productores de la zona para el control de plagas y enfermedades utilizan ceniza de cocina y en poca cantidad insecticidas, pesticidas químicos.

La proporción de utilizar por ellos mismos son: el 30% utilizan fertilizante químico y ceniza el 70% solo utilizan ceniza de su cocina.

Ellos manifiestan en su mayoría no utilizan fertilizantes químicos por el alto costo. Estas dificultades hacen que el rendimiento y calidad del producto bajen.

TABLA 45: Plagas y enfermedades del cultivo que se siembra en la zona de estudio

Variedad de Cultivo	Plagas	Enfermedades
Cebada Trigo y Avena	Gusano cortador o gusano de tierra	Polvillo mancha foliares
		Roya negra de tallo
Habas	Pulgones	Mancha chocolate
	Gusano de tierra	Mancha foliar
Papa	Gorgojo de los andes	Hielo o rancha
	Pulguilla saltona	Verruga
	Pulgones	Roña
Mashua, Olluco, Oca	Insectos subterráneos	Podredumbre de la raíz
	Insectos de la parte aérea	

Fuente: Elaboración propia

Con la intervención del proyecto se reducirá las enfermedades y plagas por medio de capacitación y asistencia técnica para así incrementar el rendimiento productivo.

f) FERTILIZANTES

En la zona de estudio los productores manifiestan que el 80 % de la población utilizan como fertilizantes guano de corral (ovino, vacuno, alpaca) pero sin dirección técnica o análisis de suelos y el 20 % utilizan de una forma combinada guano de corral y fertilizantes químicos.

Los productores de la zona no utilizan fertilizantes químicos por el alto costo.

Con la intervención del proyecto la población beneficiaria aprenderá el uso apropiado de utilizar los fertilizantes para cada cultivo, con buenas prácticas agrícolas y mejorar los rendimientos e ingresos.

g) RENDIMIENTOS POR CULTIVO Y POR HECTÁREA/AÑO.

En las zonas productivas del sector de Ccaraccoto los rendimientos productivos son menores en comparación a otros distritos de otras zonas similares. Estos rendimientos fueron proporcionados por los mismos agricultores de la zona.

TABLA 46: Rendimiento de cultivos

Distrito	Cultivos	Rendimiento (kg/ha)
Marangani	Cebada	1490
	Haba grano seco	1530
	Papa	9510
	Olluco	5170
	Maíz	5550
	Alfalfa	1480

Fuente: Elaboración propia

Con la intervención del proyecto se pretende satisfacer la demanda de agua que requieren los cultivos y alcanzar rendimientos que se encuentra a la altura con de distritos que cuentan con servicios de agua por medio de un sistema de riego.

h) COMERCIALIZACION

La diversidad geográfica, ecológica que se manifiesta en estilo de vida, alimentación, conocimientos tecnológicos, su producción, su transformación a su ingreso a los mercados locales y regionales. El agricultor campesino de la zona en estudio destina su producto total en un 70% para el autoconsumo, el 15% se destina para la semilla y el 15% excedente al mercado.

Los agricultores beneficiarios se articulan directamente con el mercado de Marangani llevando sus productos a molinería y mercados mayoristas. También se da por medio de acopiadores comprando sus productos agrícolas directamente de la chacra (Cebada, Papa, Habas, Maíz y Olluco).

i) PRECIO

Para determinar los precios en chacra de cada producto agrícola se realizó con la participación de los interesados de los Anexos, para el que recogemos las opiniones y versiones propias de la población afectada.

TABLA 47: Rendimiento de los cultivos en el distrito.

Distrito	Cultivos	Rendimiento (kg/ha)
Marangani	Cebada	0.70
	Haba grano seco	1.20
	Papa	0.50
	Mashua	0.70
	Olluco	0.70
	Oca	0.60
	Trigo	1.00
	Arveja grano	1.20
	Avena grano	1.70

Fuente: Elaboración propia

G. DRENAJE NATURAL.

Las áreas que comprende el estudio, poseen una red amplia de drenaje natural, proveniente en su mayor parte de la precipitación entre los meses de diciembre y abril y en menor proporción de los manantiales, riachuelos, filtraciones de aguas retenidas por las subcuencas, se caracterizan por sus cursos cortos, torrentosos y de régimen irregular, con fuerte capacidad de arrastre.

4.4.3 FISIOGRAFIA

A. GENERALIDADES

Las tierras que se distribuyen sobre el área de estudio, desde el punto de vista geológico está conformado por material de origen volcánico y sedimentario; el paisaje posee formaciones de aspecto colinado, donde según la formula cartográfica de suelos, las tierras a ser beneficiadas con riego presentan pendientes suaves y moderadamente inclinadas, de mediana pedregosidad superficial y drenaje moderado, con aptitud actual y potencial cultivable.

B. GRAN PAISAJE DE COLINAS

El paisaje que caracteriza a esta formación está conformado por colinas, lomadas y laderas, que se distribuyen en el margen de la quebrada Ccaraccoto, esta superficie está conformada mayormente por laderas con diferente grado de inclinación, donde se observa áreas de relieve suave. Desde el punto de vista Geológico son materiales de origen sedimentario. Dentro de este paisaje se puede identificar los siguientes sub paisajes:

a) PAISAJE DE RELIEVE SUAVE

Este paisaje está conformado por espacios de relieve suave; los suelos están conformados por depósitos aluviales que ocurrieron como consecuencia de procesos hidrodinámicos. Dentro de este paisaje se encontró el siguiente Sub paisaje:

a.1) Sub paisaje de terrazas de Relieve Suave.

En este sub paisaje se observa lugares donde la topografía se torna suave, los suelos tienen una formación aluvial. Incluye el siguiente elemento de paisaje: Terrazas con pendiente de 2 a 4 %.

b) PAISAJE COLINOSO DE RELIEVE INCLINADO

Este paisaje está conformado por espacios de relieve inclinado, con diferentes grados de pendiente; los suelos están conformados por

materiales de origen aluvial y residual: Se encontraron los siguientes Sub paisajes:

b.1) Sub paisaje de laderas ligeramente inclinadas.

Este sub paisaje se observa en lugares de topografía ligeramente inclinada; el relieve de estos suelos es ligeramente inclinado; Incluye el siguiente elemento de: Ladera con pendiente de 4 a 8 % (LLI)

b.2) Sub paisaje de laderas moderadamente inclinadas.

Este tipo de sub paisaje se puede observar en algunos lugares del talud de tierras existentes en la margen derecha de la quebrada Ccaraccoto; el relieve es moderadamente inclinado con pendientes de 8 a 15 %; Incluye el siguiente elemento de paisaje: Ladera con pendiente de 8 a 15 % (LMI)

FIGURA 35: Paisaje del Sector Ccaraccoto



Fuente: Elaboración propia

sector, predominando, y 25-50% empinada en la parte superior en menor proporción.

TABLA 48: Calificación de rangos de pendiente

Símbolo	Rango de Pendiente (%)	Término Descriptivo
A	0 – 4	Plana a ligeramente inclinada
B	4 – 15	Moderada a fuertemente inclinada
C	15 – 25	Moderadamente empinada
D	25 – 50	Empinada
E	50 – 75	Muy empinada
F	> 75	Extremadamente empinada

Fuente: Elaboración propia

B. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN SU ORIGEN

Los suelos útiles para la producción de cultivos son el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurrieron a través del tiempo; el proceso de formación está condicionado por varios factores, como el material parental, el clima, la vegetación, el relieve, el tiempo. Desde el punto de vista edafológico, podemos diferenciar dos tipos de origen en los suelos del proyecto, como:

a) SUELO DE ORIGEN COLUVIO ALUVIAL

La mayor parte de suelos tienen este origen, los materiales que conforman los suelos fueron trasladados por procesos aluviales y coluviales, desde los lugares más altos y depositados en los lugares más bajos; el relieve de la mayor parte de los suelos es ondulado e inclinado, como resultado de este tipo de formación en el perfil del suelo se observa presencia de piedras, guijarros y grava; el drenaje externo es rápido debida a la marcada inclinación de la mayor parte de los suelos.

b) SUELO DE ORIGEN ALUVIAL

El proceso formativo de estos suelos, debido a las características topográficas y pluviométricas del área de estudio, nos indica que existen tierras de cultivo que tienen origen aluvial; esto significa que los materiales que conforman los suelos, principalmente de las terrazas que fueron erosionadas desde las zonas altas por la escorrentía que generan las

precipitaciones y se depositaron en las zonas bajas del área irrigable del proyecto.

c) SUELO DE ORIGEN RESIDUAL

Estos suelos forman parte de relieves ondulados y laderas de colinas se fueron formando a partir de materiales meteorizados in situ a partir de rocas de origen sedimentario y volcánico, puede o no incluir materiales de origen coluvial y aluvial; el relieve es suave a ligeramente inclinado; el drenaje es bueno; la profundidad de estos suelos oscila entre profundos y superficiales.

C. UNIDADES TAXONÓMICAS Y REGÍMENES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

a) UNIDADES TAXONÓMICAS

Para la determinación de las unidades taxonómicas de los suelos se utilizó las claves para la Taxonomía de Suelos, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio de Conservación de Recursos Naturales (USDA -2010). En el área de estudio del Proyecto, taxonómicamente se encontraron el siguiente Orden de suelos.

Orden Molisoles. - Están conformados por suelos profundos, oscuros y fértiles; incluye al Sub Orden Ustolls; este a su vez al Grande Grupo Haplustolls y que incluye al Sub Grupo Udic Haplustolls.

Orden Entisols.- Está conformado por depósitos aluviales recientes, incluye al Sub Orden Fluvents, el que incluye el Grande Grupo Ustifluvents, el que a su vez incluye al Sub Grupo Udic Ustifluvents.

Orden Inceptisols.- Estos suelos están conformados por suelos inmaduros que conservan cierta semejanza con el material original, ocupando posiciones con marcada pendiente, que facilita la ocurrencia de la erosión hídrica que arrastra arcillas, limo y materia orgánica, incluye al Sub Orden Ustepts; que contiene al Grupo Haplustepts y que a su vez incluye al Sub Grupo Typic Haplustepts.

TABLA 49: Clasificación Taxonomica de los Suelos

ORDEN	SUB ORDEN	GRANDE GRUPO	SUB GRUPO	CONSOCIACION
Molisoles	Ustolls	Haplustolls	Udic Ustifluvents	Buenos Aires (BA)
Entisoles	Fluvents	Ustifluvents	Udic Ustifluvents	Putacca (Pu)
Inceptisoles	Ustepts	Haplusteps	Typic Haplustepts	Acco Pucro (AP)
Inceptisoles	Ustepts	Haplusteps	Typic Haplustepts	Progreso(Pr)
Inceptisoles	Ustepts	Haplusteps	Typic Haplustepts	Santa Ana (SA)

Fuente: Elaboración propia

b) RÉGIMENES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Régimen de Temperatura

Respecto al Régimen de Temperatura es Isomésico, debido a que la temperatura media anual de los suelos durante el año es Máxima 20.5°C, Mínima -4.4°C.

Régimen de Humedad

El Régimen de Humedad de los suelos de la zona de estudio es rústico, debido a que presenta una estación lluviosa de tres meses o más y el periodo de lluvias coincide con la estación cálida (pérdidas por evapotranspiración del agua caída).

c) UNIDADES CARTOGRÁFICAS

La clasificación de las Unidades Cartográficas se realizó utilizando la Consociación, esta se caracteriza por presentar un solo componente en forma dominante, la cantidad de inclusiones disimiles no debe exceder del 15 %; la Asociación de Suelos es una unidad de suelo que contiene dos o más suelos o áreas misceláneas, cuyos componentes principales no se pueden separar, debido al nivel de estudio y la escala de los mapas utilizados.

d) Descripción de las Unidades Cartográficas

Consociación Ccaraccoto:

Comprende 42.69 ha, lo que representa el 4.71 % del área de estudio; las tierras a irrigarse presenten un epipedon mólico; los suelos son de origen residual; está conformado por terrenos que presentan un relieve suave a ligeramente ondulado; con pendientes que oscilan de 4 a 15 %; son suelos profundos; la textura es Franco arcillosa; libre de pedregosidad superficial, debido a que las piedras fueron recogidas para habilitar los terrenos para la producción de cultivos; el drenaje es imperfecto a moderado; con muy ligeros problemas de erosión; sin peligro de inundación.

4.4.5 CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO MAYOR

A. GENERALIDADES

Las características edáficas consideradas para la clasificación son: pendiente, micro relieve, profundidad efectiva, textura, pedregosidad superficial, drenaje, reacción del suelo (Ph), erosión, salinidad, inundación, fertilidad y fragmentos rocosos. Los Parámetros utilizados para la Clasificación de los Suelos se muestran en los Cuadros N° 1 al 12 del Anexo 3. Utilizando los parámetros anotados, se identificó las unidades edáficas en el Área de estudio del proyecto.

De acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, las tierras se clasifican en Grupos, Clases y Sub clases. Los grupos de tierras agrupan a las tierras de acuerdo a su máxima capacidad de uso, las tierras presentan características y cualidades similares en cuanto a su Aptitud Natural; en el Área del Proyecto se encontraron suelos que corresponden a los siguientes Grupos, Clases y Sub clases:

a) TIERRAS APTAS PARA CULTIVOS EN LIMPIO (A)

Reúne a las tierras que presentan características climáticas, relieve, y edáficas para la producción de cultivos en limpio. Estas tierras debido a sus características ecológicas pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección, en concordancia a las políticas e interés social del Estado y privado. Este Grupo de tierras puede presentar las siguientes Clases de Tierras:

Calidad Agrologica Alta (A1)

Tierras de más alta calidad, con muy ligeras limitaciones por sus excelentes características y cualidades climáticas. No se encontró en el área del proyecto.

Calidad agrologica media (A2)

Agrupar a tierras de moderada calidad para la producción de cultivos en limpio, con moderada limitación de orden climático, que reducen capacidad productiva. No se encontró en el área del proyecto.

Calidad Agrologica Baja (A3)

Agrupar tierras de baja calidad, con limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, que reducen la capacidad productiva. Requieren prácticas intensas conservación de suelos para evitar su deterioro y mantener una productividad sostenible. Esta Clase de tierras existen en el área del Proyecto.

b) TIERRAS APTAS PARA CULTIVOS PERMANENTES (C).

Reúne a las tierras cuyas características climáticas, relieve y edáficas que no son favorables para la producción de cultivos que requieren la remoción periódica y continuada del suelo (cultivos en limpio), permiten la producción de cultivos permanentes (frutales principalmente). Estas tierras también pueden destinarse a la producción de pastos, producción forestal, sin contravenir los principios del uso sostenible. Se establecen las siguientes clases:

Calidad Agrologica Alta (C1)

Agrupar a las tierras con la más alta calidad de suelo de este grupo, con limitaciones para un cuadro de cultivos permanentes. Requieren prácticas de manejo y conservación poco intensiva para mantener una producción sostenible.

Calidad Agrologica Media (C2)

Agrupar tierras de calidad media con limitaciones más intensas que la clase anterior que restringen el cuadro de cultivos permanentes. Estas tierras requieren de prácticas de conservación, mejoramiento para evitar el deterioro de los suelos y mantener una producción sostenible.

Calidad Agrologica Baja (C3)

Agrupar tierras de baja calidad, con limitaciones fuertes o severas de orden climático, de relieve o edáfico para la fijación de cultivos permanentes, requiere de la aplicación de prácticas intensas de manejo y de conservación de suelos a fin de evitar el deterioro de este recurso y mantener una producción sostenible.

c) TIERRAS APTAS PARA PASTOS (P)

Agrupar a las tierras cuyas características climáticas, de relieve y edáficas no son favorables para cultivos en limpio, ni permanentes, pero sí para la producción de pastos naturales o cultivados, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso suelo. Estas tierras según su condición ecológica podrán destinarse también para producción forestal o protección cuando así convenga en concordancia a las políticas e interés social del estado y privado.

Dentro del Grupo Tierras aptas para pastos, se pueden identificar hasta tres clases de tierras aptas para pastos, en este caso sólo se identificó uno.

Calidad Agrologica Alta (P1)

Agrupar tierras con la más alta calidad de suelo de este grupo, con ciertas limitaciones para el crecimiento de pasturas naturales y cultivos que permitan el desarrollo sostenible de ganadería. Requieren de prácticas de manejo de suelos y pastos para evitar el deterioro del suelo. No se encontró en el área de estudio.

Calidad Agrologica Media (P2)

Agrupar tierras de calidad agrologica media en este grupo, con limitaciones y deficiencias más intensas que la clase anterior para el crecimiento de pasturas naturales y cultivadas, que permiten el desarrollo sostenible de una ganadería. Requieren de prácticas moderadas de manejo de suelos y pastos para evitar el deterioro del suelo y mantener una producción sostenible. No se encontró en el área de estudio.

Calidad Agrologica Baja (P3)

Esta clase de suelos presenta fuertes limitaciones y deficiencias para el crecimiento de pastos naturales y cultivados, que permiten el desarrollo sostenible de una determinada ganadería. Requieren prácticas intensas de manejo de suelos y pastos, para el desarrollo de ganadería evitando el deterioro del suelo. Esta Clase de tierras se ha encontrado en el área de estudio.

d) TIERRAS APTAS PARA PRODUCCIÓN FORESTAL (F).

Se establecen las siguientes clases de aptitud F1, F2 y F3. La calidad agrologica de estas tierras disminuye progresivamente de la clase F1 a la F3.

Calidad Agrologica Alta (F1)

Agrupar a las tierras con la más alta calidad agrologica de este grupo, con ligeras limitaciones de orden climático, edáfico o de relieve, para la producción de especies forestales maderables. Requieren de prácticas

sencillas de manejo y conservación de suelos y bosques para la producción forestal.

Calidad Agrologica Media (F2)

Agrupar tierras de calidad agrologica media, con restricciones o deficiencias de orden climático, edáfico que la clase anterior para la producción de especies forestales maderables. Requiere de prácticas moderadas de manejo, conservación de suelos y bosques para la producción forestal sin deterioro.

Calidad Agrológica Baja (F3)

Agrupar tierras de calidad agrologica baja, con fuertes limitaciones de orden climático, edáfico y de relieve para la producción forestal de especies maderables. Requiere de prácticas más intensas de manejo y conservación de suelos y bosques para la producción forestal, sin deterioro del recurso suelo.

e) CLASES DE TIERRA DE PROTECCIÓN (X)

Estas tierras no presentan clases de capacidad de uso , debido a que presentan limitaciones tan severas de orden edáfico, climático o de relieve, que no permiten la producción de cultivos en limpio, permanentes, pastos ni producción forestal.

SUB CLASES DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS

Constituye la tercera categoría del presente sistema de Clasificación de Tierras, establecida en función a factores limitantes, riesgos y condiciones especiales que restringen el uso de las tierras. La subclase de capacidad de uso agrupa tierras de acuerdo al tipo de limitación o problema de uso. Lo importante es este nivel categórico es puntualizar la deficiencia o condiciones más relevantes como causal de la limitación del uso de las tierras. En el sistema establecido se han reconocido 6 tipos de limitación que caracterizan a las subclases de capacidad:

– **Limitación por suelo (s)**

Las limitaciones por este factor están referidas a las características intrínsecas del perfil edáfico de la unidad de suelo, tales como la profundidad efectiva, textura dominante, presencia de grava o piedras, reacción del suelo (pH), salinidad, así como las condiciones de fertilidad y riesgo de erosión.

– **Limitaciones por sales (l)**

Si bien el exceso de sales es nocivo para el crecimiento de las plantas, es un componente del factor edáfico, en la interpretación es tratada separadamente por constituir una característica específica de naturaleza química, cuya identificación en la clasificación de las tierras especialmente en la región árida de la costa tiene notable importancia en el uso, manejo y conservación de los suelos.

– **Limitaciones por Topografía – riesgo de erosión (e).**

La longitud, forma y sobre todo el grado de pendiente de la superficie del suelo influye regulando la distribución de las aguas de escorrentía. Por consiguiente, los grados más convenientes son determinados considerando la susceptibilidad de los suelos a la erosión. Se considera como pendientes adecuadas aquellas de relieve suave, que no favorecen los escurrimientos rápidos ni lentos.

– **Limitación por Drenaje (w)**

Esta limitación está íntimamente relacionada con el exceso de agua en el suelo, regulado por las características topográficas, de permeabilidad del suelo, la naturaleza del sustrato y la profundidad del nivel freático. Las condiciones de drenaje son de importantes porque influyen considerablemente en la fertilidad, productividad, en los costos de producción y en la fijación de los cultivos.

– **Limitación por riesgo de inundación o anegamiento (i)**

Este es un aspecto que podría estar incluido dentro del factor drenaje. Los riesgos por inundación fluvial involucran los aspectos de

frecuencia, amplitud del área inundada y duración de la misma, afectando la integridad de los suelos por efecto de la erosión lateral y comprometiendo seriamente el cuadro de especies a cultivarse.

– **Limitación por clima (c).**

Este factor está relacionado con las características particulares de cada zona de vida o bioclima tales como heladas o bajas temperaturas, sequías prolongadas, deficiencias o excesos de lluvias y fluctuaciones térmicas significativas durante el día. Estas características comprometen el cuadro de especies a desarrollarse.

CONDICIONES ESPECIALES

– **Uso temporal (t)**

Referida al uso temporal de los pasos debido a las limitaciones en su crecimiento y desarrollo por efecto de la escasa humedad presente en el suelo (baja precipitación).

– **Presencia de Terraceo – Andenería (a)**

Está referida a las modificaciones realizadas por el hombre, en pendientes pronunciadas construyendo terrazas (andenes), lo cual reduce la limitación por erosión del suelo y cambia el potencial original del suelo.

– **Riego permanente o suplementario (r).**

Referida a la necesidad de aplicación de riego para el crecimiento y desarrollo del cultivo, debido a las condiciones climáticas áridas.

4.4.6 CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA EL RIEGO

A. GENERALIDADES

El proceso de seleccionar y clasificar tierras con fines de riego es interpretar características, cualidades y predecir acerca de su comportamiento, por lo que cierta subjetividad y error están envueltos en dicho proceso, sin embargo, este es uno de los pasos esenciales en la decisión de establecer el riego o mejorarlo en áreas de interés agrícola, para lo cual es necesario poseer un levantamiento o estudio de suelos, como:

Información básica que es útil no solo en el proceso de selección, sino también la operación y evaluación futura de estas áreas regadas.

La clasificación de los suelos del área en atención, con fines de riego es determinar la cantidad y calidad de las tierras que serán beneficiadas con el presente Proyecto; así mismo incrementar su valor económico mediante el riego, esta clasificación se aplica primordialmente con fines económicos, el fin es separar las tierras aptas para el riego de las que no poseen capacidad productiva.

Sin embargo, esta evaluación no debe limitarse al estudio de las características y cualidades del suelo; debe incluir además, un análisis de las condiciones climáticas y las exigencias hídricas de los cultivos, para determinar los requerimientos de riego, y un análisis de la calidad y el caudal de las fuentes hídricas para determinar la disponibilidad de agua para riego.

En el proceso de evaluación, las tierras son agrupadas en clases y subclases de riego definidas en base a características de suelo, la topografía y el drenaje. Una clase de tierra consiste en una agrupación de tierras con características físicas similares que determinan su grado de limitación para el uso bajo riego.

B. CLASE DE APTITUD PARA LA IRRIGACION

Las clases de tierras para la irrigación son seis (6), las cuatro primeras son se denominan “regables” o “cultivables”, la quinta como de segregación tentativa sujeta a estudios especiales y la sexta “no cultivable” o “no regable”.

Cada una de estas clases representa en orden decreciente de la primera a la tercera, una mayor aptitud para ser regada y lógicamente una mayor capacidad de pago; la clase IV es de uso especial debido a una serie de deficiencias que conllevan a destinar estos suelos a la producción de determinados cultivos o plantaciones; la clase V se considera de segregación tentativa que requiere de estudios especiales para su incorporación al regadío y la clase VI no es apta para el riego.

En el cuadro de Representación cartográfica se puede observar las áreas de la Clasificación de Tierras según su Aptitud para el Riego.

Conforma una categoría establecida en función de los factores limitantes y riesgos que restringen el uso del suelo. Seis factores limitantes fundamentales han sido reconocidos para caracterizar a las (factor relieve), por drenaje (factor humedad), por inundación y por clima.

a) CLASE I – CULTIVABLE Y REGABLE

Los suelos de la clase I tienen muy pocas limitaciones que restringen su uso. Son adecuadas para variedad de plantas; pueden ser usadas para toda clase de cultivos agrícolas. Son suelos casi planos o planos y sin problemas de erosión o son muy pequeños; profundos, de buena textura generalmente bien drenados y fáciles de trabajar, retención de agua buena, responden positivamente a los programas de abonamiento. Esta clase de tierra no se encontró en el área de estudio.

b) CLASE II – CULTIVABLE Y REGABLE

Tienen limitaciones que reducen la elección de las plantas o requieren moderadas prácticas de conservación y manejo para prevenir su deterioro o para mejorar las condiciones de drenaje a un costo razonable. La textura de estos suelos puede ser moderadamente gruesa a moderadamente fina; las limitaciones de estos suelos pueden incluir, aisladas o combinadas las siguientes causas:

- Pendiente suave a ligeramente inclinada.
- Susceptibilidad moderada a la erosión por el agua o el viento.

- Profundidad al enraizado menor que un suelo de clase I.
- Suelos libres o con más del 1 % de pedregosidad superficial.

Pueden requerir algunos sistemas especiales de cultivo, prácticas de conservación, control de agua o métodos especiales de laboreo.

c) CLASE III – CULTIVABLE Y REGABLE

Esta clase tiene severas limitaciones, requieren prácticas especiales de conservación. Tienen más restricciones de uso que los suelos de clase II y las prácticas de conservación son generalmente más difíciles de aplicar y mantener.

Las limitaciones de los suelos en la clase III, restringen la cantidad de cultivos, época de siembra, labores y cosechas, elección de cultivos o alguna combinación de estas limitaciones, determinara una mayor inversión para la obtención de cosechas económicamente rentables y satisfactorias.

La textura de estos suelos puede variar desde moderadamente gruesa a fina; las limitaciones pueden resultar por efecto de una de las siguientes limitaciones:

- Pendientes moderadamente inclinadas
- Susceptibilidad considerable a la erosión por el agua
- Presencia de modificadores texturales en el perfil
- Presencia de pedregosidad superficial hasta porcentajes no mayores de 10 %, lo que hace necesario una limpieza costosa, pero que se justifica económicamente

d) CLASE IV – APTITUD LIMITADA

Esta clase es también llamada de “uso especial”. Tiene limitaciones muy severas que restringen la elección de plantas y requieren de laboreo muy cuidadoso. Las restricciones son mayores que para la clase III. Sus condiciones de textura van desde suelos muy ligeros hasta suelos muy

pesados, pero permeables, pueden presentar modificadores texturales (grava, guijarros y piedras).

El uso de cultivo es limitado como resultado de las siguientes características:

- Pendientes muy pronunciadas
- Susceptibilidad severa a la erosión por el agua o por el viento
- Suelos con baja capacidad para retener la humedad
- La pedregosidad tanto superficial como en el perfil puede ser considerable.

De acuerdo a las condiciones del suelo, topografía y drenaje que hacemos mención para los suelos de clase IV, se concluye la necesidad de inversiones significativas pero justificables, para permitir su adecuación o condiciones generales que los ubique entre los aptos para ser regados.

e) CLASE V – NO CULTIVABLE Y NO REGABLE

En esta clase se incluyen tierras que no reúnen los requerimientos mínimos para incluirlas en otras clases, ya que deben ser desechadas por influir algún factor limitante de gran importancia, como puede ser la excesiva pendiente o la excesiva pedregosidad, de tal manera que su habilitación resulte antieconómica.

Las limitaciones son tan severas, que las hacen inadecuadas para los cultivos y limita su uso principal para especies vegetales naturales, que funcionan como vegetación natural de vida silvestre; pero no justifican su irrigación.

C. SUB CLASE

Las diferentes clases de suelos según su aptitud para el riego se diferencian según el grado de influencia que puedan tener las sub clases de suelos, que están referidas al factor suelo (s), al factor topografía (t) y al factor drenaje (w); estas letras que simbolizan a cada sub clase se anexan al número de la clase (I al VI). La interacción o efectos de las deficiencias

justifican la categorización de una determinada tierra en una clase más baja; las sub clases básicas son: s, t, d, st, sw, td, stw. Se han considerado los siguientes factores limitantes para identificar las subclases de suelo:

- s.- Deficiencia de suelo profundidad, textura, salinidad, pH, modificador textural.
- t.- Deficiencia de topografía: pendiente, micro relieve.
- w.- Deficiencia de Drenaje.

D. REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LAS CLASES, SUB CLASE Y PARÁMETROS EXPLICATIVOS

Para la representación cartográfica de la aptitud para el riego de los suelos, se utilizó una representación que se asemeja a un quebrado, en cuyo numerador se registra la Clase y Sub Clases que identifican a un determinado espacio; y en el denominador se anota los símbolos que corresponden a los Parámetros explicativos: Uso Actual de la Tierra, Productividad Costo de desarrollo de las tierras, Demanda de agua y Drenabilidad. A continuación, se muestra la representación cartográfica utilizada:

FIGURA 37: Representación cartográfica utilizada

		Sub clase	Sub clase	
Clase de Aptitud para el riego		Suelo	Topografía	Sub clase Drenaje
		3 s t w		
		C 3 3 C X		
Uso de la Tierra			Demanda de	Drenabilidad
	Productividad		Agua	
		Costo de desarrollo de la tierra		

Fuente: Elaboración propia

a) DETALLE DE LOS PARÁMETROS EXPLICATIVOS

Uso de la tierra:

Cultivada no regada (C).- Está conformada por tierras de cultivo, que se conducen en seco, aprovechando las lluvias temporales que caen anualmente.

Pasturas no regadas (P).- Sobre estas tierras se desarrollan pasturas naturales que desarrollan aprovechando las lluvias que ocurren anualmente.

Bosques no regados (B).- Estas tierras están cubiertas por bosque de árboles constituidas por especies nativas y exóticas, que se desarrollan o mantienen aprovechando las lluvias que caen temporalmente cada año.

Productividad

Alta (4).- Estas tierras tienen alta productividad, son suelos con pendiente casi plana; son suelos profundos; tienen buena textura; sin pedregosidad superficial; de buena fertilidad; buen drenaje; sin problemas de erosión; sin peligro de inundación; sin problemas de salinidad.

Media (3).- Estas tierras tienen una productividad media, presentan algunas limitaciones limitaciones, son suelos con pendiente ligeramente inclinada; Suelos moderadamente profundos; textura moderadamente gruesa o moderadamente fina; con moderada pedregosidad superficial; de fertilidad media; con ligero problema de erosión; con ligeros problemas de salinidad.

Baja (2).- Estas tierras tienen una baja productividad, presentan limitaciones como: pendiente moderadamente inclinada; suelos moderadamente profundos a superficiales; textura gruesa o fina; son suelos pedregosos; de fertilidad baja; con moderado problema de erosión; con moderado problema de salinidad.

Muy Baja (1).- Estas tierras son de muy baja productividad, debido a que los suelos presentan limitaciones extremas como pendientes

fuertemente inclinadas; son superficiales; textura gruesa o fina; son suelos muy pedregosos; de baja fertilidad; con severos problemas de erosión; fuertemente afectados por problemas de salinidad.

Costos de desarrollo de la tierra

Baja (1).- Las tierras consideradas dentro de estos costos, requieren mínimas inversiones. Se puede decir que poseen mejores cualidades para la producción de cultivos, por lo que no requieren mayor inversión para el regadío.

Media (2).- Significa que las tierras para ponerlas para la producción de cultivos bajo un sistema de regadío, requiere inversión de regular magnitud; los trabajos a realizar pueden ser de nivelación de suelos; desempiedre; programas de abonamiento; control de erosión, lavado de sales y acondicionamiento de drenes.

Alta (3).- Estas tierras mucha mas inversión, en cuanto a nivelación de tierras que puede incluir construcción de andenes; el trabajo de desempiedre; de igual manera para los programas de abonamiento; el control de la erosión, trabajo de lavado de sales y acondicionamiento de drenes.

Muy Alta (4).- Los costos que demanda estas tierras para su acondicionamiento para el regadío son los más altos, debido a que estas tierras presentan severas limitaciones; por lo que los trabajos de acondicionamiento del nivel de los suelos; el trabajo de desempiedre; los programas de abonamiento; control de la erosión; el lavado de sales y acondicionamiento de drenes requerirá fuerte inversiones.

Requerimiento de agua (demanda)

Requerimiento Bajo (A).- Estas tierras se caracteriza por estar bien niveladas, cuyo perfil presenta texturas con buen contenido de materia orgánica; estas cualidades influyen en que se facilite el trabajo del regadío

y optimice el aprovechamiento del recurso hídrico; además de favorecer el aprovechamiento de agua para los cultivos.

Requerimiento medio (B).- Estas tierras debido al grado de inclinación, durante el regadío el agua no se aprovecha óptimamente, resultando así que el riego no es uniforme y exista pérdidas de agua en cantidades regulares; por otro lado la textura moderadamente gruesa y el contenido bajo de materia orgánica limita la retención de agua. Estos suelos requieren regular cantidad de agua.

Requerimiento Alto (C).- Estas tierras debido a la pendiente ligera a moderadamente empinada, motivan que las aguas durante el regadío, sean de difícil manejo así como que el riego no sea uniforme y existía pérdida de agua en excesiva cantidad; por lo tanto estos suelos requieren mayor cantidad de agua.

Drenabilidad

Muy excesiva (W).- Las tierras que tienen esta característica tienen un drenaje externo que tiende a ser excesivamente rápido, condicionada por las pendientes de los suelos que pueden ser ligeramente a moderadamente empinado; lo que de alguna manera altera el normal funcionamiento del drenaje interno.

Excesiva (X).- Las tierras que tienen esta característica tienen un drenaje externo que tiende a ser rápido, condicionada por las pendientes de los suelos que pueden ser ligeramente a moderadamente inclinada, lo que de alguna manera altera el normal funcionamiento del drenaje interno.

Buena (Y).- Las tierras que tienen estas características tienen un drenaje tanto externo como interno bueno, son terrenos con pendiente y textura adecuada, que permite el flujo moderado del agua.

Restringido (Z).- Estas tierras tienen generalmente pendientes planas y textura con apreciable

4.4.7 USO ACTUAL DE LA TIERRA

El Uso Actual de la Tierra incluye diferentes categorías de uso, en este espacio está conformado por diversas configuraciones geográficas, las que se distribuyen desde los, 3720 a 4360 m.s.n.m. Los usos que se dan a estas tierras son para diferentes fines. El Uso Actual de la Tierra se clasifica, según el sistema establecido por la Unión Geográfica Internacional (UGI 1949), que establece nueve grandes categorías:

- Terrenos con Hortalizas
- Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos perennes
- Terrenos con Cultivos extensivos (papa, maíz, etc.)
- Áreas de praderas mejoradas permanentes
- Áreas de praderas naturales
- Terrenos con bosques
- Terrenos hidromorficos pantanos, ciénagas, bofedales.
- Terrenos sin uso o improductivos.

Algunas de las categorías anotadas no se encontraron en el área de influencia; el trabajo realizado se apoyó en imágenes satelitales, la que fue complementada con trabajos de campo. El Uso Actual de la Tierra del Área de Estudio del Proyecto se determina con el fin de conocer los diferentes usos que se da a las tierras:

Las tierras fueron agrupadas en seis categorías.

A. ÁREAS URBANAS

Localidades Rurales (LR)

Ocupa una superficie de 14.24 ha., que representa el 2.81 % del área de estudio. Está conformado por pequeños centros poblados como Ccaraccoto, La población dispone de algunos servicios como luz y agua, además cuentan con una carretera de acceso

B. TERRENOS CON CULTIVOS EXTENSIVOS

Terrenos con cultivos transitorios (CE)

Estas tierras ocupan una superficie de 73.34 ha, lo que representa el 14.46 % del área de estudio. Estas tierras son aptas para la producción de cultivos transitorios de corto periodo vegetativo, como el maíz, papa, habas, quinua, cebada, trigo y avena.

C. ÁREAS CON PRADERAS NATURALES

Áreas de pastos naturales y/o cultivados (PC)

Estas tierras suman 331.62 ha., lo que representa el 65.38 % del área de estudio. Está conformado por áreas que incluyen pastos cultivados y naturales que corresponden a especies de corto y mediano crecimiento vegetativo y se desarrollan aprovechando las precipitaciones que ocurren de diciembre a abril.

4.5 DISEÑO HIDRAULICO

Luego del haber realizado los análisis correspondientes procedemos al dimensionamiento hidráulico de la bocatoma.

Tomando en cuenta la topografía del lugar, y los análisis realizados en la Quebrada Ccaraccoto, que tiene un ciclo variable, se optó por una bocatoma con barraje con el fin de garantizar la captación de agua para riego en época de estiaje y de máximas avenidas. Considerando también que, en época de avenida, el río no solo trae consigo agua, si no también materiales con dimensiones considerables, por lo que se dotara a la estructura con un canal de limpia en la zona de captación.

4.5.1 DIMENSIONES DE LA QUEBRADA

A. CARACTERISTICAS DEL CAUCE

En la zona de captación el cauce del río presenta una sección irregular por lo que se tendrá que uniformizar de forma rectangular, las principales características del cauce son la siguientes:

a.- Pendiente (s). - Viene a ser la que presenta el perfil longitudinal del cauce o que resulta de la uniformización del mismo, este valor se obtiene de los planos topográficos (Ver Plano: Detalles Bocatoma Ccaraccoto), que para este caso tiene el valor de:

$$S = 0.012$$

b.- Coeficiente de Rugosidad (n). - Cada cauce tiene un valor característico para este coeficiente, y depende de la resistencia que oponga al fluido, siendo fundamental el tipo de material por el que está compuesto el cauce, y material de arrastre etc. Para el tramo que tenemos en el presente caso es un valor de:

$$N = 0.014$$

c.- Ancho del Cauce. - tratándose de una bocatoma con barraje mixto, se considerará para el barraje fijo un ancho de 3.00 Mts. Y proporcionando espacio para el canal de limpia, obteniendo así un ancho total de:

$$B = 3.50 \text{ m.}$$

4.5.2 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS E HIDRAULICAS DEL CAUCE DEL RIO

Con los valores ya antes establecidos aplicamos la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (4.51)$$

A. AGUAS ARRIBA DE LA TOMA: Obtenemos lo siguientes valores.

Q= 1.675	d = 0.195
n = 0.014	A = 0.68
s = 0.012	P = 3.89
b = 3.5	R = 0.18
	F = 1.77

B. AGUAS ABAJO DE LA TOMA: Obtenemos lo siguientes valores.

Q= 1.675	d = 0.20
n = 0.014	A = 0.74
s = 0.01	P = 4.19
b = 3.8	R = 0.18
	F = 1.62

Donde:

Q: caudal del río

n: coeficiente de Manning

A: área de la sección transversal

Rh: radio hidráulico

S: pendiente del Río

d: tirante normal del río

P: perímetro mojado

b: ancho o cauce del río

4.5.3 DETERMINACION DEL CAUDAL DE DERIVACION

Del cálculo obtenido de Modulo de Riego cuadro, que presenta el máximo módulo de riego con 0.97 lts/seg/Há; en el mes de agosto, multiplicando este

factor por el área a irrigar que es de 31.65 Há se obtiene el caudal de derivación que es de.

$$Q \text{ derivación} = \text{Modulo de riego} \times \text{Área irrigable} \quad (4.52)$$

Remplazando estos valores en la ecuación 4.52

$$Q \text{ derivación} = 0.97 \text{ lts/seg/Há} \times 31.65 \text{ Há} = 30.61 \text{ lts/seg.}$$

$$Q \text{ derivación} = 0.032 \text{ m}^3/\text{seg}$$

4.5.4 DIMENSIONAMIENTO DEL BARRAJE

A. LONGITUD DEL BARRAJE

La longitud del barraje depende del ancho del cauce, y de la carga de agua que pasa sobre el. Para este caso se optó por un barraje mixto, cuyo ancho de cauce es de 3.50m, así es que tomaremos como barraje fijo.

$$L = 3.15 \text{ m.}$$

Quedando para el canal de limpia la longitud restante.

B. ALTURA DE BARRAJE:

La altura del barraje eleva el nivel de agua, de manera que, derive el caudal necesario hacia el canal de derivación. Y debe permitir también que el agua excedente pase por encima de su cresta, de manera que permita irrigar las tierras servidas por la bocatoma.

La cota de la cresta es igual a la cota del lecho del río detrás del barraje, más la altura necesaria para evitar el ingreso de material de arrastre (se recomienda de 0.6 – 1.2 m.), más la altura que necesita la ventana de captación para captar el caudal de derivación y adicionar 0.20m. de seguridad para corregir efectos de oleaje y de coeficientes de la fórmula.

Dicha cota de la cresta del barraje "Cc" viene dada por la siguiente expresión:

$$Cc = Co + ho + h + 0.20 \text{ (en metros)} \quad (4.53)$$

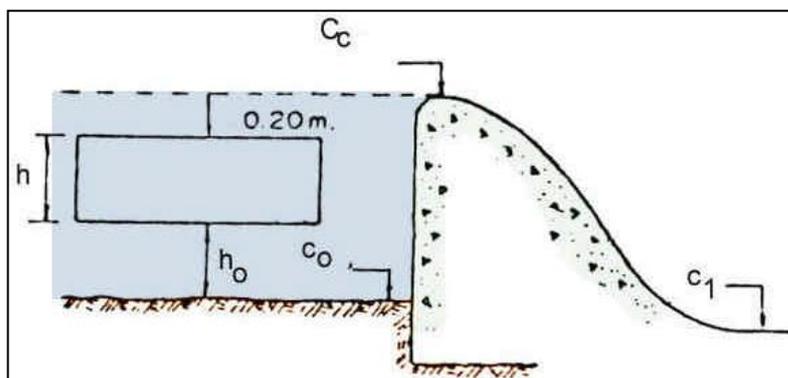
Donde

C_o : cota del lecho detrás del barraje vertedero (del plano topográfico)

h_o : altura necesaria para evitar el ingreso de material de arrastre (se recomienda $h_o \geq 0.60$ m).

h : altura que necesita la ventana de captación para poder captar el caudal de derivación Q_d (asumir que funciona como vertedero.)
0.20m. sumando de seguridad con el fin de corregir efectos de oleaje y de coeficientes de la fórmula, pudiendo ser mayor de ser posible.

FIGURA 38: Perfil Tipo Creager



Fuente: Mansen Valderrama Alfredo

Reemplazando estos valores en la ecuación 4.53.

$$C_c = 4074 + 0.70 + 0.15 + 0.20 = 1.05 \quad \text{m.}$$

Siendo la cota del cauce en esta zona de 4074 Mts. Que resulta una altura de barraje de:

$$P = 4075.05 \text{ m.s.n.m}$$

C. CARGA SOBRE LA CRESTA DEL VERTEDERO

Esta carga es igual al caudal vertiente sobre la cresta, dividido entre un coeficiente y multiplicado por la longitud del vertedero y la fórmula se expresa mediante la siguiente relación:

$$H_o = \left(\frac{Q}{CL} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4.54)$$

Donde:

Q = Caudal vertiente sobre la cresta

C = Coeficiente de descarga en barraje

L = Longitud del vertedero

Ho = Carga total sobre la cresta

Carga total sobre la cresta (Ho):

$$H_o = \left(\frac{1.675}{2.15 \times 3.15} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.40$$

Carga neta sobre la cresta

$$P + H_e = d + H_v \quad (4.55)$$

Donde $H_v = h_a = \frac{q^2}{2gd^2} = \frac{0.012}{d^2}$ (4.56), para $q = \frac{1.675}{3.5} = 0.48$

Reemplazando estos valores en (4.55)

$$1.05 + 0.4 = d + \frac{0.012}{d^2}$$

$$d = 1.44$$

Reemplazando en (4.56), carga de velocidad de llegada

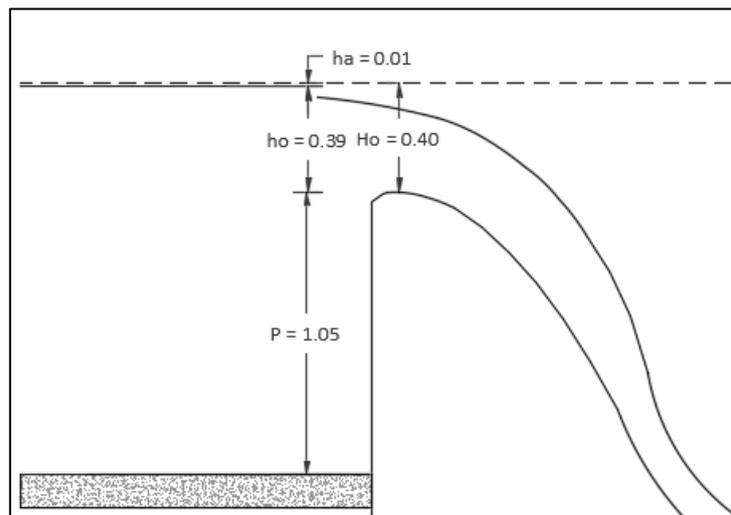
$$h_a = \frac{0.012}{1.44^2} = 0.01$$

Carga neta de agua sobre la cresta:

$$h_o = H_o - h_a$$

$$h_o = 0.39$$

FIGURA 39: Carga total y carga neta sobre la cresta



Fuente: Elaboración propia

- **VELOCIDAD DE LLEGADA**

Es la velocidad del agua que se acerca al barraje y que se presenta antes de la cresta del barraje para el que se tiene la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{L \times d} \quad (4.57)$$

$$V = \frac{1.675}{3.5 \times 1.44} = 0.33 \text{ m/seg}$$

D. CAUDAL SOBRE ALIVIADERO DE DEMASIAS

Aplicamos la fórmula de vertederos:

$$Q = 0.55 \times C \times L \times H_o^{3/2} \quad (4.58)$$

Donde:

C = Coeficiente de descarga, 2.78

H_o = Carga sobre la cresta incluyendo h_a

L = Longitud neta de la cresta m.

Reemplazando los valores en la ecuación (4.58)

$$Q = 0.55 \times 2.78 \times 3.15 \times 0.40^{3/2}$$

$$Q = 1.218 \text{ m}^3/\text{seg}$$

E. PERFIL DE LA CRESTA

Para el perfil es recomendable dar formas a la cresta de manera que al evacuar las aguas sobre ella se evite la formación de vacíos entre la cara inferior del filete de agua y el perfil de la misma, de modo que se evite la presencia de presiones negativas que produce el deterioro de la estructura.

Es así que se debe tomar para el diseño los cálculos obtenidos por la ecuación (4.7), para el talud de la cara aguas arriba del barraje y cualquier profundidad del canal de accesos, se tiene la siguiente relación:

$$\frac{Y}{h_o} = -k \left(\frac{X}{h_o} \right)^n \quad (4.59)$$

Donde:

Hd: Carga de agua sobre la cresta

n, K: Constantes que cuyos valores dependen de la inclinación de aguas arriba.

De la figura N°9-21 (BUREAU OF RECLAMATION) para talud vertical, los valores de n y K son:

$$n = 1.857$$

$$K = 0.505$$

Remplazando estos valores en la expresión (4.59), para $h_o = 0.39$

$$Y = 1.13 X^{1.857} \quad X = 0.9437 Y^{0.54}$$

Tabulando estos valores se obtiene el siguiente cuadro que determina el valor del perfil del barraje:

TABLA 50: Valores de Perfil de la Cresta

Y	X
0.1	0.272
0.2	0.396
0.3	0.493
0.4	0.575

0.5	0.649
0.6	0.716
0.7	0.778
0.77	0.820

Fuente : Elaboración propia

De la figura N° 9-21 Pag. 440 (BUREAU OF RECLAMATION) para la determinación de las secciones que definen el perfil del vertedero se tiene:

$$\frac{R2}{ho} = 0.218, \quad R2 = 0.218 \times 0.39 = 0.087m$$

$$\frac{R1}{ho} = 0.517, \quad R2 = 0.517 \times 0.39 = 0.207 m$$

$$\frac{Xc}{ho} = 0.271, \quad R2 = 0.271 \times 0.39 = 0.108 m$$

$$\frac{Yc}{ho} = 0.115, \quad R2 = 0.115 \times 0.39 = 0.046 m$$

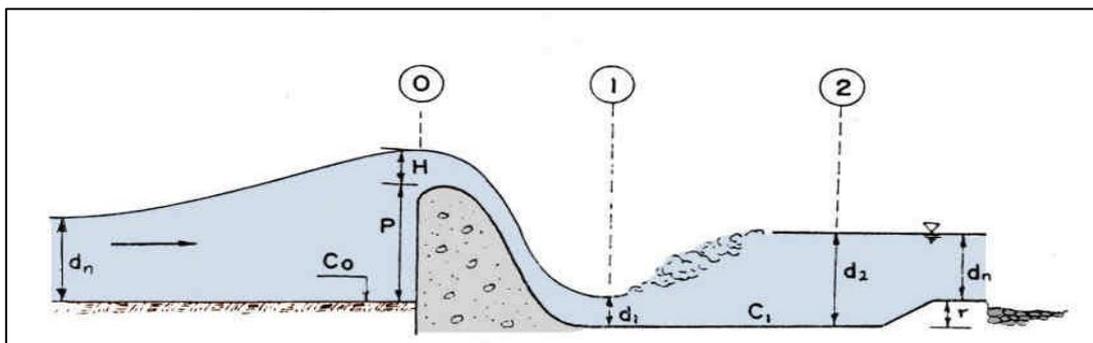
4.5.5 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE DISIPACION DE ENERGIA

Resultado de la sobreelevación del nivel de las aguas, originado por el barraje, que genera un cambio, de energía potencial que al momento descender se transforma en energía cinética que causa erosión, es necesario disipar parte de esta energía, por lo que se construye una estructura de disipación aguas abajo del barraje para de esta manera formar un salto hidráulico para disipar la energía cinética que se gana por el barraje vertedero.

A. TIRANTES CONJUGADOS

Para calcular el tirante mayor y menor se debe hacer un balance de energía y analizar la ecuación de resalto hidráulico.

FIGURA 40: Tirantes conjugados



FUENTE: Mansen Valderrama Alfredo

DONDE:

- C_0 : cota del terreno en 0
 C_1 : cota del colchón disipador
 P : altura del barraje
 H : altura de lámina vertiente
 d_1 : tirante del río al pie del talud
 hf_{0-1} : pérdida por fricción entre 0 y 1
 V_H : velocidad en la cresta del barraje vertedero
 V_1 : velocidad al pie del talud

a.- CALCULO DEL TIRANTE MENOR (d_1): es el tirante de agua antes del salto hidráulico.

Balance de energía entre (0) y (1)

$$E_0 = E_1 + hf_{0-1}$$

$$C_0 + P + h_0 + \frac{V_0^2}{2g} = C_1 + d_1 + \frac{V_1^2}{2g} + 0.1 \frac{V_1^2}{2g}$$

Despejando (V_1)

$$V_1 = (2g \times (C_0 - C_1 + P + h_0 - d_1 + \frac{V_0^2}{2g} - hf_{0-1}))^{1/2} \quad (4.60)$$

Para resolver la formula se debe asumir ciertos valores tales como:

$$r = (C_0 - C_1), \text{ entre } 0.5 \text{ y } 1.0$$

hf_{0-1} pérdida de carga por fricción entre 0 - 1

$$D_1 \geq 0.1 \text{ m. asumimos}$$

Reemplazando en la ecuación (4.60).

$$V1 = (2g \times (r + P + h_o - d1 + V_o^2/2g - 0.5))^{1/2}$$

$$V1 = 4.07 \text{ m/seg}$$

Este valor necesita una comprobación donde tirante menor ($d1$).

$$d1 = q^1/V1$$

$$d1 = 0.10 \text{ m.}$$

b.- CÁLCULO DEL TIRANTE MAYOR ($d2$): es el tirante de agua después del salto hidráulico.

De la conservación de la fuerza específica o momento entre la sección 1 y 2 se tiene:

$$d2 = -\frac{d1}{2} + \left(\frac{d1^2}{4} + 2 \times \frac{V1}{g} \times d1 \right)^{1/2} \quad (4.61)$$

Reemplazando valores para la ecuación (4.61)

$$d2 = 0.53 \text{ m.}$$

Comprobando, para buscar un salto sumergido en el colchón disipador, se acepta que:

$$Dn + r = 1.15 \times d2$$

Donde:

d_n : tirante normal en el río

r : profundidad del colchón disipador

B. LONGITUD DEL COLCHON DISIPADOR

Conocidos los tirantes conjugados ($d1$ y $d2$) es posible calcular la longitud necesaria para que se produzca el salto hidráulico.

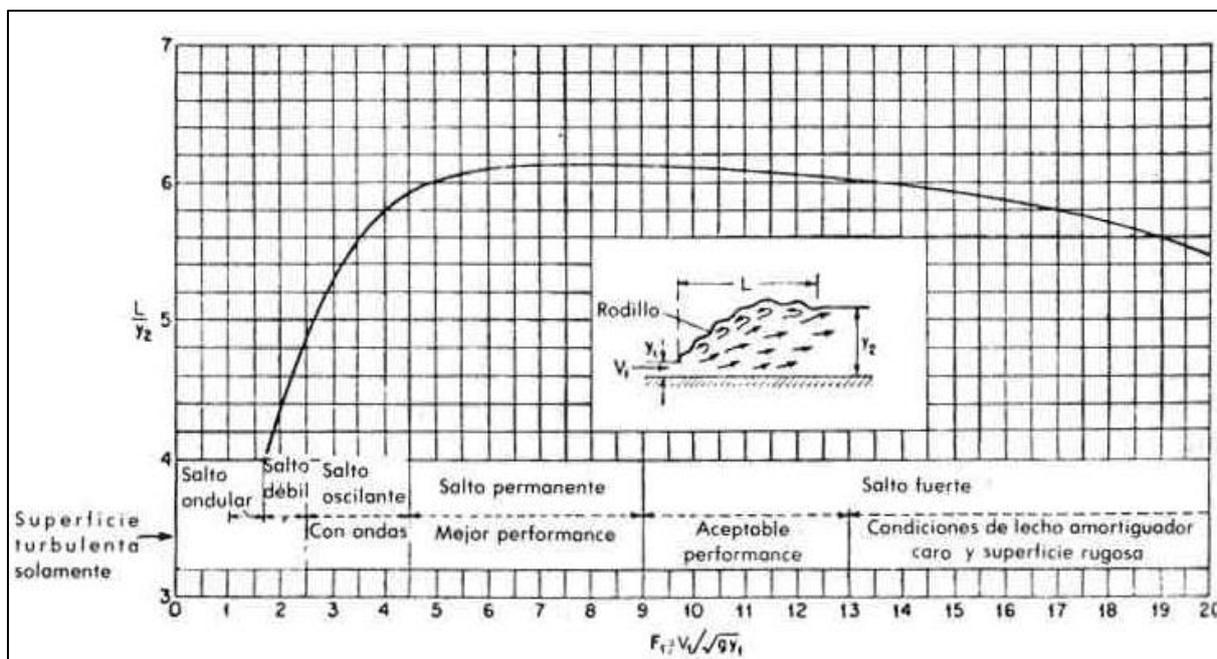
Existen fórmulas empíricas y experimentales que dan valores conservadores que ayudan a poder calcularlo:

$$\text{SCHOKLITSCH: } L_b = 5 \text{ a } 6 (d_2 - d_1) \quad (4.62)$$

$$\text{SAFRANEZ: } L_b = 6d_1 * F_1, \quad \text{Siendo } F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g * d_1}} \quad (4.63)$$

USBR, método gráfico: L vs F1 (la siguiente figura)

FIGURA 41: Longitud de resalto hidráulico, Método grafico U.S.B.R



FUENTE: Bureau of reclamation

De estos valores se usará el mayor de los tres.

TABLA 51: Calculo de longitud de colchón disipador

SCHOKLITSCH	2.58
SAFRANEZ	2.47
USBR	3.50
Lb	3.50

Fuente : Elaboración propia

C. CONTROL DE INFILTRACIONES

La bocatoma se construye sobre un suelo permeable, que permite el desplazamiento de agua por debajo de la toma que se infiltra por los poros y recorre el cimiento hasta hallar una salida al final de la estructura aguas abajo.

Después de un análisis entre estructuras que fallaron y las que funcionaban bien Lane plantea la siguiente expresión:

$$L_c = \frac{1}{3} \sum L_H + \sum L_V > C_L \cdot \Delta h \quad (4.64)$$

Donde:

L_c = Longitud compensada

L_H = Longitud horizontal (inclinaciones $\leq 45^\circ$)

L_V = Longitud vertical (inclinaciones $>45^\circ$)

C_L = Coeficiente de Lane

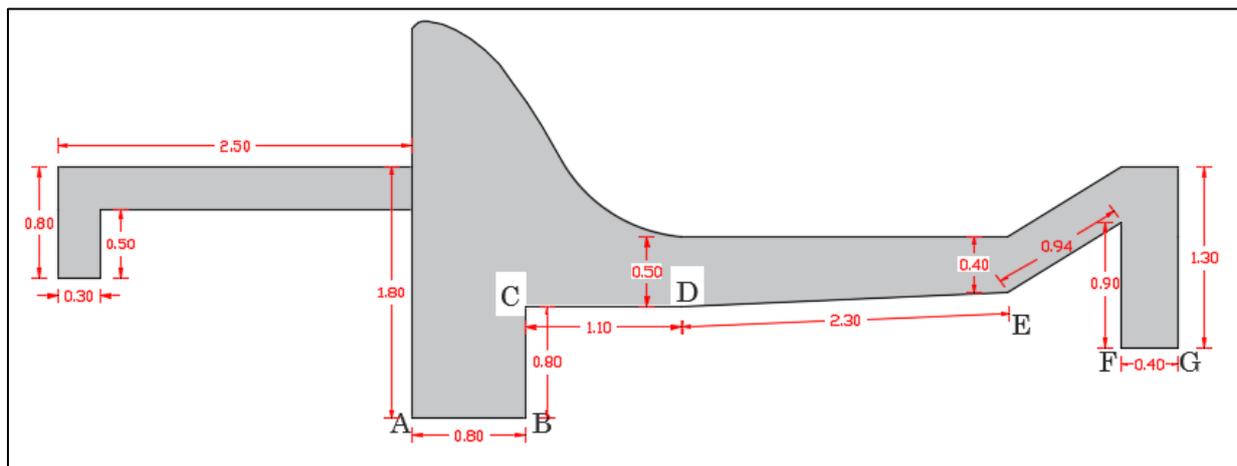
Δh = Carga hidráulica sobre la estructura

TABLA 52: Coeficientes de lane

Material	C
<i>Arena fina o limo</i>	8.5
<i>Arena fina</i>	7
<i>Arena tamaño medio</i>	6
<i>Arena gruesa</i>	5
<i>Grava fina</i>	4
<i>Grava media</i>	3.5
<i>Grava gruesa</i>	3
<i>Bloques con grava</i>	2.5
<i>Arcilla plástica</i>	3
<i>Arcilla de consistencia media</i>	2
<i>Arcilla dura</i>	1.8
<i>Arcilla muy dura</i>	1.6

Fuente: *Apuntes de clase, Hidráulica*

FIGURA 42: Grafico del solado - secciones



Fuente: Elaboración Propia

Calculamos el valor de la longitud compensada con la figura 02

$$L_H = 8.04$$

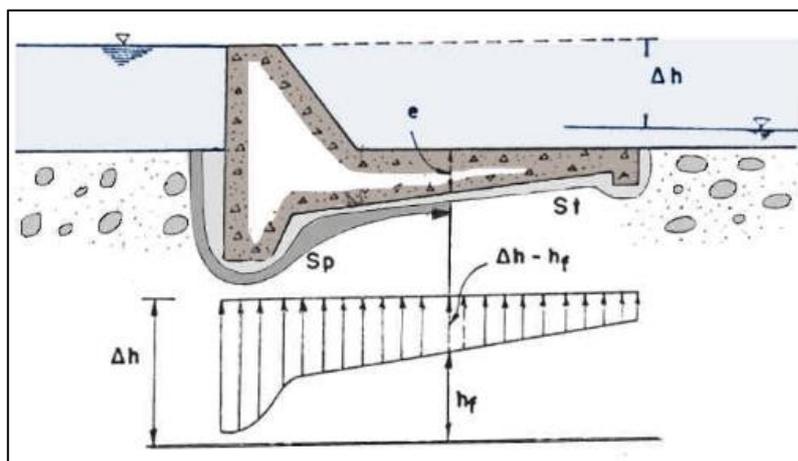
$$L_v = 5.80$$

$$L_C = \frac{8.04}{3} + 5.80 = 8.50 \text{ m}$$

D. ESPESOR DEL SOLADO O COLCHON DISIPADOR

Se recomienda que el espesor que tenga el colchón disipador resista el empuje que ocasiona la fuerza de subpresión.

FIGURA 43: Efectos de subpresión



Fuente: Bureau of Reclamation

La siguiente expresión determina el espesor del solado:

$$e = \left(\frac{4}{3}\right) \cdot \left(\frac{h}{SGS-1}\right) \quad (4.65)$$

$$SGS = \left(\frac{\gamma_C}{\gamma_A}\right) = 2.4$$

a) ANALISIS DE LAS SUBPRESIONES

Para calcular la subpresión, primero determinamos la longitud compensada, luego calculamos la subpresión según la Figura 02 para 2 casos:

a.1) MAXIMA AVENIDA

Para este caso la carga hidráulica será:

$$\Delta h = 1.44 - 0.20 = 1.24 \text{ m.}$$

Luego realizamos el cálculo de subpresiones para las diferentes secciones que se muestra en la figura 02

- SECCION A

$$L_H = 2.50$$

$$L_v = 2.80$$

$$L_C = \frac{2.50}{3} + 2.80 = 3.63 \text{ m}$$

$$L_i = 8.50 - 3.63 = 4.87$$

Luego por semejanza de triángulos

$$\frac{X_i}{1.24} = \frac{4.87}{8.50} = 0.71 \text{ m}$$

La subpresión en A es:

$$S_{PA} = 0.71 + 0.20 = 0.91$$

- SECCION B

$$L_H = 3.30$$

$$L_v = 2.80$$

$$L_C = \frac{3.3}{3} + 2.80 = 3.90 \text{ m}$$

$$Li = 8.50 - 3.90 = 4.60$$

Luego por semejanza de triángulos

$$\frac{Xi}{1.24} = \frac{4.60}{8.50} = 0.67 \text{ m}$$

La subpresión en B es:

$$S_{PB} = 0.67 + 0.20 = 0.87$$

- SECCION C

$$L_H = 3.30$$

$$L_v = 3.60$$

$$L_C = \frac{3.30}{3} + 3.60 = 4.70 \text{ m}$$

$$Li = 8.50 - 4.70 = 3.80$$

Luego por semejanza de triángulos:

$$\frac{Xi}{1.24} = \frac{3.80}{8.50} = 0.55 \text{ m}$$

La subpresion en C es:

$$S_{PC} = 0.55 + 0.20 = 0.75$$

- SECCION D

$$L_H = 4.40$$

$$L_v = 3.60$$

$$L_C = \frac{4.40}{3} + 3.60 = 5.07 \text{ m}$$

$$Li = 8.50 - 5.07 = 3.43$$

Luego por semejanza de triángulos

$$\frac{X_i}{1.24} = \frac{3.43}{8.50} = 0.50 \text{ m}$$

La subpresion en D es:

$$S_{PB} = 0.50 + 0.20 = 0.70$$

a.2) AGUAS MINIMAS

Para este caso la carga hidráulica será la diferencia entre la cresta del barraje y el nivel del lecho de rio aguas abajo:

$$\Delta h = 1.05 \text{ m}$$

Luego calculamos las subpresiones en las diferentes secciones para aguas mínimas:

- SECCION A

$$\frac{S_{PB}}{1.05} = \frac{4.87}{8.50} \quad S_{PB} = 0.60 \text{ m}$$

- SECCION B

$$\frac{S_{PB}}{1.05} = \frac{4.60}{8.50} \quad S_{PB} = 0.57 \text{ m}$$

- SECCION C

$$\frac{S_{PC}}{1.05} = \frac{3.80}{8.50} \quad S_{PC} = 0.47 \text{ m}$$

- SECCION D

$$\frac{S_{PD}}{1.05} = \frac{3.43}{8.50} \quad S_{PD} = 0.42 \text{ m}$$

b) ESPESOR

Calculamos el espesor con la fórmula (4.65) para cada sección y obtenemos:

- SECCION A

$$E_A = \frac{4}{3} \times \frac{0.91}{2.4} = 0.50m$$

Siendo este valor menor al planteado

- SECCION B

$$E_A = \frac{4}{3} \times \frac{0.87}{2.4} = 0.48m$$

Siendo este valor menor al planteado

- SECCION C

$$E_c = \frac{4}{3} \times \frac{0.75}{2.4} = 0.41m$$

Siendo este valor menor al planteado

- SECCION D

$$E_D = \frac{4}{3} \times \frac{0.70}{2.4} = 0.39m$$

Siendo este valor menor al planteado.

En conclusión. - de acuerdo a los cálculos realizados se elige un espesor de 0.50 metros, hasta la sección "D" y de 0.40 metros hasta el final del barraje, que resulta el espesor que va resistir las subpresiones, de acuerdo a los cálculos realizados.

c) SIFONAMIENTO

En la tabla que corresponde a los coeficientes de Lane se muestran valores según el tipo de material para este caso $C= 4$, para neutralizar la probabilidad de sifonamiento se debe obtener una carga compensada superior a este coeficiente y aplicamos la siguiente expresión:

$$C = \frac{Lc}{\Delta h} > 4 \quad (4.66)$$

Reemplazando valore en la ecuación (4.66)

$$C = \frac{8.4}{1.24} = 6.77 > 4$$

Se cumple; por lo tanto, el perfil de cimentación que se asume satisface lo requerido para neutralizar el sifonamiento.

4.5.6 ENROCADO DE PROTECCION O ESCOLLERA

A. CALCULO DE LONGITUD DE ESCOLLERA

Para contrarrestar el material fino y disminuir el efecto erosivo Bligh recomienda colocar al final del colchón disipador un enrocado o escollera.

La longitud de enrocado sugerido por Bligh, está dado por la siguiente expresión:

$$L_s = L_t - L_o \quad (4.67)$$

Donde:

- **Longitud total de escollera (Lt)**

$$L_t = 0.67 C (D_b \cdot q)^{1/2} \quad (4.68)$$

D_b = altura que comprende cota fondo aguas abajo y cota y cota de la cresta de barraje 1.05 m.

C = Coeficiente de Bligh para este caso 9

q = caudal unitario del vertedero

Remplazando estos valores en la expresión (4.68)

$$L_t = 0.67 \times 9 (1.05 \times 0.39)^{1/2}$$

$$L_t = 3.86 \text{ m.}$$

- **Longitud del colchón disipador (Lo)**

$$L_o = 0.6 C (D_1 \cdot q)^{1/2} \quad (4.69)$$

D_1 = altura comprendida entre la cota de la cresta de barraje y el nivel de agua del colchón disipador aguas abajo.

Remplazando estos valores en la expresión (4.69)

$$L_o = 0.6 \times 9 (0.85 \times 0.39)^{1/2}$$

$$L_o = 3.11 \text{ m.}$$

Reemplazando en la ecuación (4.67)

$$L_s = 3.86 - 3.11 = 0.75 \text{ m.}$$

B. CALCULO DEL ESPESOR DEL ENROCADO

$$d1 = 0.6 q^{1/2} \left(\frac{H}{g} \right)^{1/4} \quad (4.70)$$

Donde:

q = caudal unitario 0.39

h = carga hidráulica 1.45 m.

g = 9.8 m/seg^2

Reemplazando estos valores en la expresión (4.70):

$$d1 = 0.6 \times 0.39^{1/2} \left(\frac{1.45}{9.8} \right)^{1/4}$$

$$d1 = 0.23 \text{ m.}$$

Por criterio el espesor de enrocado $d1 = 0.80 \text{ m.}$

4.5.7. CALCULO DE LONGITUD DE SOLADO DELANTERO

Para alargar el recorrido de líneas de filtración y disminuir la subpresión se coloca un solado delantero que es igual:

$$L_{min} = 5. H_o \quad (4.71)$$

$$L_{min} = 5 \times 0.40$$

La longitud del solado delantero será de 2.50 m. y de un espesor de 0.30 m.

4.5.8 CANAL DE LIMPIA

El canal de limpia es una estructura que tiene como finalidad derivar y reducir los sedimentos y material que es arrastrado y es acumulado antes de

la ventana de captación. La ubicación de esta estructura está entre el barraje fijo y la ventana de captación y debe ser perpendicular al eje del barraje del vertedero y de flujo paralelo al río.

Recomendaciones que se toman en cuenta sobre las características del canal de limpia:

A. LONGITUD DEL CANAL DE LIMPIA

Se sugiere que el ancho del canal de limpia sea un décimo la longitud del barraje.

$$A1 = \frac{A2}{10} \quad (4.72)$$

Donde:

$$A1 = h \times L = 1.05 \times L \quad (4.73)$$

$$A2 = h \times (3.50 - L) = 1.05 \times (3.50 - L) \quad (4.74)$$

Reemplazando (4.73) y (4.74) en la ecuación (4.72)

$$1.05 \times L = \frac{1.05 (3.50 - L)}{10}$$

$$10.5 L = 3.675 - 1.05 L$$

$$L = 0.32$$

$$L = 0.35 \text{ m}$$

Adoptamos $L = 0.35\text{m}$. Para mayor trabajabilidad en la ejecución de dicho proyecto.

B. CAUDAL EN LA ZONA DE LIMPIA

$$Q_{CL} = C \times L \times h i^{\frac{3}{2}} \quad (4.75)$$

Donde:

Q_{CL} = Caudal en el canal de limpia

C = Coeficiente de descarga de orificio = 0.75

L = longitud del canal de limpia

$H_i = P + H_o = 1.45$

Reemplazando en la ecuación (4.75)

$$Q_{CL} = 0.75 \times 0.35 \times 1.45^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_{CL} = 0.457 \text{ m}^3/\text{seg}$$

C. VELOCIDAD DE ARRASTRE

Es la velocidad que se requiere para arrastrar los sedimentos depositados y se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_c = 1.5 \times C \sqrt{d} \quad (4.76)$$

Donde:

V_c = Velocidad requerida para iniciar el arrastre

C = Coeficiente según el tipo de material; para este caso $c = 3.2$

D = Diámetro del grano mayor

TABLA 53: Coeficientes según el tipo de material

Material	C
Arena y grava redonda	3.2
Sección cuadrada	3.9
Mezcla de grava y arena	3.5 a 4.5

Fuente: Bureau of Reclamation

Reemplazando valores en la ecuación (4.76):

$$V_c = 1.31 \text{ m}/\text{seg}$$

C. PENDIENTE DEL CANAL DE LIMPIA

Se considera que el canal de limpia tenga una pendiente que permita llegar a la velocidad de arrastre.

La expresión que se recomienda para calcular la pendiente crítica es:

$$S_c = n^2 \times \frac{g^{10/9}}{q^{2/9}} \quad (4.77)$$

Donde:

I_c = Pendiente crítica

g = Aceleración de la gravedad en m/s^2

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

q = Caudal unitario $1.31 m^2/seg$

Remplazando estos valores en la expresión (4.77):

$$S_c = 0.04^2 \times \frac{9.8^{10/9}}{1.31^{2/9}}$$

$$S_c = 0.019$$

D. DIMENSIONAMIENTO DE COMPUERTA DE LIMPIA

- La compuerta se dimensiona para un caudal de $0.457 m^3/seg$
- La compuerta será una plancha de 1.05×0.35 m y de tipo deslizante
- La velocidad en la compuerta es mayor a velocidad de arrastre por tanto se produce arrastre de sedimentos.

4.5.9 MURO DE ENCAUZAMIENTO

Los muros son estructuras que se colocan en el margen del río, para delimitar dicho caudal. La dimensión de la estructura debe evitar que la socavación dañe la estructura de captación y derivación, controlando el probable desborde de máximo nivel de agua.

La altura de muros está dada por la siguiente expresión:

$$H_M = 1.25 (P + H_o) \quad (4.78)$$

Donde:

P = altura de barraje

H_o = Carga total sobre la cresta

Remplazando estos valores en la expresión (4.78):

$$H_M = 1.25 (1.45)$$

$$H_M = 1.85 \text{ m.}$$

Según el estudio geotécnico realizado la profundidad de la cimentación será de 1.80 m.

4.5.10 VENTANA DE CAPTACION

La dimensión de la ventana de captación está en función al caudal que se quiere captar y tiene la siguiente expresión:

$$Q = C.L.h^{\frac{3}{2}}$$

Despejando "h"

$$h = \left(\frac{Q}{C \times L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (4.79)$$

Donde:

Q = Caudal a derivar

H = altura de ventana de captación

L = Longitud de la ventana de captación, se asume L=0.40 m.

C = Coeficiente de vertedero, en este caso 1.84

Reemplazando estos valores en la expresión (4.79).

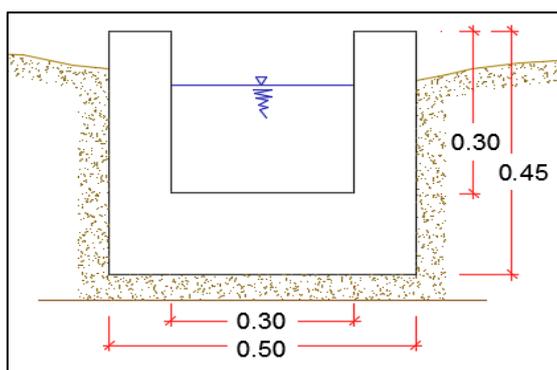
$$h = \left(\frac{0.032}{1.84 \times 0.40} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.15 \text{ m.}$$

La ventana de captación será de $L = 0.30$ y $h = 0.20$, La ventana de captación tiene una cota inferior de 4074.65 y una cota superior de 4074.85 mts.

A. CANAL DE DERIVACION

El canal de derivación que tiene una sección rectangular de base de 0.30 mts. y altura de 0.35 mts. construido en tierra, revestido de concreto con espesor de 0.15 mts.

Figura 44: Sección del Canal de derivación



Fuente: Elaboración Propia

Determinamos sus características aplicando la fórmula de Manning.

$Q = 0.032 \text{ m}^3/\text{seg}$	$d = 0.1327$
$n = 0.014$	$A = 0.0398$
$s = 0.005$	$P = 0.5654$
$b = 0.30$	$R = 0.0704$
	$F = 0.7045$

El canal de derivación tiene una cota fondo de 4074.65 mts.

4.5.11 DISEÑO DE DESARENADOR

El desarenador, es una obra hidráulica que sirve para separar (decantar) y remover (evacuar) después, el material sólido que lleva el agua de un canal. El desarenador se diseña para un diámetro de partículas determinado, se ha optado por decantar partículas de diámetro de 0.5 mm. Que es más recomendado para obras de riego.

DATOS

Q=	0.032	m^3/seg	Caudal captado
n =	0.015		rugosidad de Manning
s =	0.005		pendiente de entrada
d =	0.5	mm	Diámetro de la partícula

A. CALCULO DE VELOCIDAD DE FLUJO

La velocidad de decantación se determina con la siguiente expresión:

$$V = a \sqrt{d} ; \quad (4.80) \quad \text{en cm/seg}$$

Donde:

V_s : Velocidad de decantación (cm/seg)

a : Coeficiente que depende del diámetro de partículas, tabla 55.

d : diámetro de la partícula

Tabla 54: Coeficiente según diámetro de partículas

Diametro D (mm)	a
D < 0,1mm	51
0.1mm < D < 1mm	44
D > 1mm	36

Fuente: Máximo Villón Béjar

Reemplazando en la expresión (4.80)

$$V_d = 44 \sqrt{0.5}$$

$$V_d = 31.11 \text{ cm/seg} = 0.31 \text{ m/seg}$$

B. ANCHO DE CAMARA

B asumido = 0.40

Donde:

B: Ancho de cámara asumida

C. ALTURA DE CAMARA DE SEDIMENTACION

Se determina por la siguiente ecuación:

$$H = \frac{Q}{V_s * B} \quad (4.81)$$

Donde:

Q: Caudal captado de $0.032 \text{ m}^3/\text{seg}$

V_s : Velocidad de sedimentación

B : Ancho de cámara

Reemplazando los valores en la ecuación (4.81)

$$H = \frac{0.032}{0.31 * 0.4} = 0.28$$

Altura de cámara de sedimentación será de 0.30 m.

D. CALCULO DE VELOCIDAD DE DECANTACIÓN

Velocidad de sedimentación según el diámetro de la partícula (Arkhangelski).

Tabla 55: Velocidad de Sedimentación(w)

d(mm)	w(cm/s)
0.05	0.18
0.1	0.69
0.15	1.56
0.2	2.16
0.25	2.7
0.3	3.24
0.35	3.78
0.4	4.32
0.45	4.86
0.5	5.4
0.55	5.94
0.6	6.48
0.7	7.32
0.8	8.07
1	9.44

Fuente: Máximo Villón Béjar

Velocidad de sedimentación para $d = 0.5 \text{ mm}$.

$$W = 5.40 \text{ cm}/\text{seg} = 0.054 \text{ m}/\text{seg}$$

E. TIEMPO DE RETENCION

$$T_s = \frac{H}{W} \quad (4.83)$$

Donde:

H : Altura de cámara de sedimentación 0.30

W : Velocidad de sedimentación $0.054 \text{ m}/\text{seg}$

Reemplazando estos valores en (4.83)

$$T_s = 6.00 \text{ seg}$$

F. LONGITUD DE LA CAMARA

$$L = K \times V_d \times T_s \quad (4.84)$$

Donde:

L : Longitud de la cámara (m)

K: es un coeficiente de seguridad usado en desarenadores de bajas velocidades para tomar en cuenta los efectos de la turbulencia y depende de la velocidad de escurrimiento de acuerdo a la siguiente tabla 57:

Tabla 56: Coeficiente de seguridad

Velocidad de escurrimiento (m/s)	K
0.2	1.25
0.3	1.5
0.5	2

Fuente: Máximo Villón Béjar

Reemplazando estos valores (4.84):

$$L = 1.5 \times 0.31 \frac{m}{seg} \times 6.00 \text{ seg} = 2.58 \text{ m}$$

Asumimos L = 2.60 m.

G. TRANSICION DE ENTRADA

$$L_T = \frac{T_2 - T_1}{2 \times \tan(22.5^\circ)} \quad (4.85)$$

Donde:

L_T : Longitud de la transición (m)

T_2 : Espejo de agua en la cámara de sedimentación 0.40 m.

T_1 : Espejo de agua en el canal de entrada (m)

Reemplazando estos valores en (4.85):

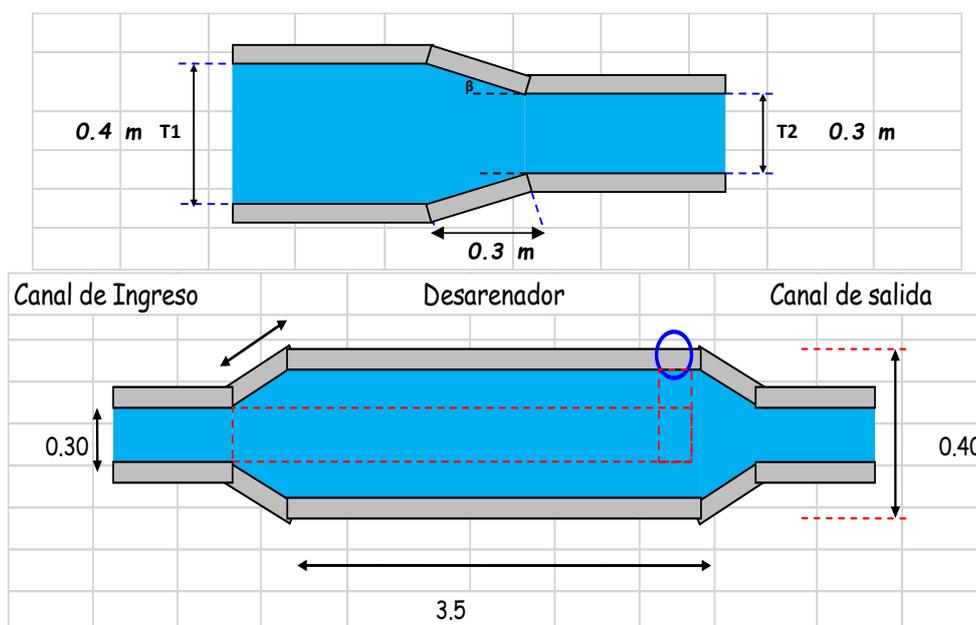
$$L_T = \frac{0.40 - 0.30}{2 \times \tan(22.5^\circ)}$$

$$L_T = 0.12$$

Para fines constructivos $L_T = 0.20 \text{ m}$.

H. DIMENCIONAMIENTO FINAL

Figura 45: Planta - Desarenador



Fuente: Elaboración propia

4.5.12 DISEÑO DEL CANAL DE CONDUCCION

La función principal del canal de conducción es conducir el agua hasta las áreas agrícolas aptas para la zona de riego en el sector denominado "Ccaraccoto".

El canal de conducción se encuentra en la progresiva 0+049.10 km, tiene las siguientes características y calculo hidráulico, el Tramo I con una pendiente de 9.86% y el Tramo II pendiente de 9.42%. El canal de conducción tiene una sección de 0.30 de base y 0.25 de altura. Y será

revestido con concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. desde el punto de vista técnico, el revestimiento con concreto se considera la mejor opción.

A. CALCULO HIDRAULICO

Tabla 57: Calculo Hidráulico del Canal de Conducción

TRAMO	Long. (m)	Q m ³ /s	d m	n	S m/m	y m	A m ²	T m	F	Tip. De flujo	p m	R m	v m/s	E m-kg/kg
CANAL DE DERIVACION														
0+000 - 0+040	241.03	0.032	0.3	0.015	0.1613	0.0382	0.0114	0.3000	4.5691	Supercritico	0.3763	0.0304	2.7955	0.4365
0+040 - 0+045	5.00	0.032	0.3	0.015	0.005	0.1261	0.0378	0.3000	0.7603	Supercritico	0.5523	0.0685	0.8457	0.1626
0+045 - 0+049.10	DESARENADOR													
0+049.10 - 0+102	52.40	0.032	0.152	0.009	0.0986	0.0449	0.0135	0.3000	3.5853	Supercritico	0.3897	0.0345	2.3782	0.3331
0+102 - 0+240	158.65	0.032	0.152	0.009	0.0942	0.0455	0.0137	0.3000	3.5051	Supercritico	0.3911	0.0349	2.3426	0.3252

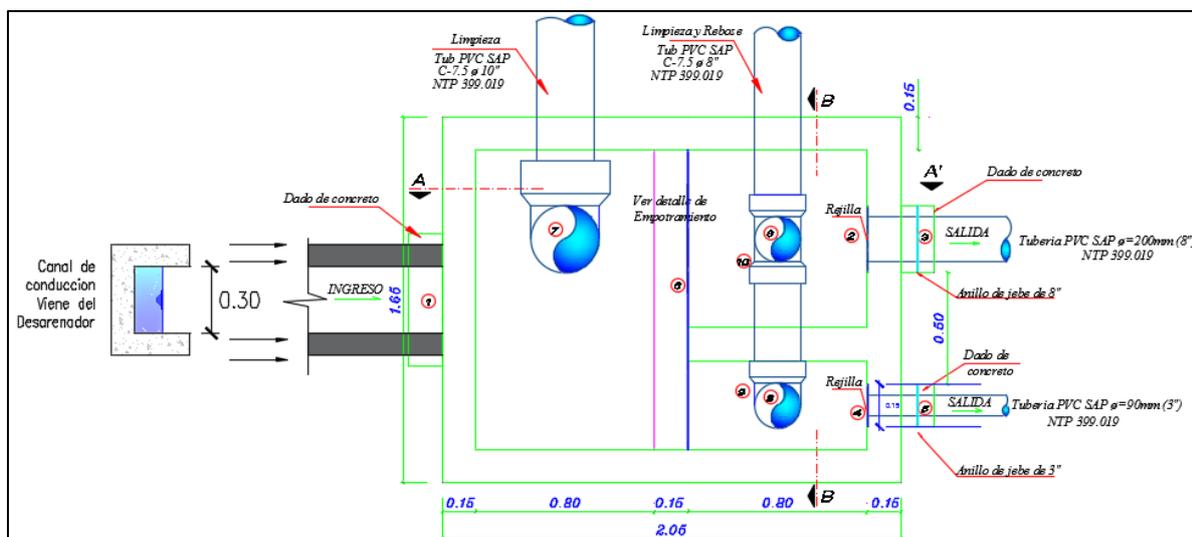
Fuente: Elaboración propia

4.5.13 OBRA DE ARTE

A. CAMARA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES

Es una estructura que nos permite distribuir el caudal captado, y tendrá una dimensión 2.05 m. de largo x 1.65 m. de ancho que va a distribuir un caudal de 27 lt/seg. Por medio de una tubería de 8" (200 mm). y 5 lt/seg. Por una tubería de 3" (90 mm.)

Figura 46: Cámara Distribuidora de Caudales



Fuente: Elaboración propia

4.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

4.6.1 ANALISIS ESTRUCTURAL DE BARRAJE

La estabilidad del barrage se obtiene debido a su propio peso, por eso se realiza el análisis de estabilidad cuando se produce el caudal de máxima avenida y para dicho análisis se desarrolla lo siguiente:

- El peso propio del barrage
- Empuje Hidrostático
- Empuje debido al sedimento
- Calculo de Subpresión

A. PESO PROPIO DEL BARRAJE Y C.G.

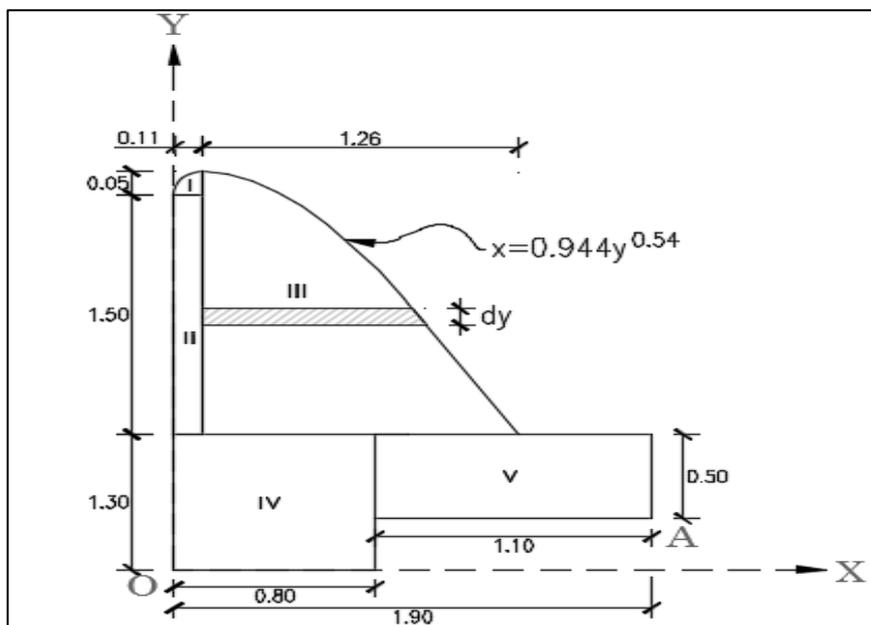
Para determinar el peso propio o fuerza del barrage, se a dividido al perfil de este en 5 secciones como se observa en la figura 09.

Para un peso volumétrico de concreto ciclópeo de $\gamma_c = 2400 \text{ kg/cm}^3$

Se procede a calcular:

a) ÁREA TOTAL (A_T)

Figura 47: Perfil de barrage - Secciones



Fuente: Elaboración propia

– **AREA 1**

$$A_1 = \frac{2}{3} x (0.11 x 0.05) = 0.0037 m^2$$

Punto de aplicación respecto al punto "O"

$$x = 0.11 - \frac{3}{8}(0.11) = 0.07 m.$$

$$y = 2.80 + \frac{2}{5}(0.05) = 2.82 m.$$

– **AREA 2**

$$A_2 = 0.11 x 1.50 = 0.165 m^2$$

Punto de aplicación respecto al punto "O"

$$x = \frac{0.11}{2} = 0.055$$

$$y = 1.30 + \frac{1.50}{2} = 2.05 m.$$

– **AREA 3**

De acuerdo con la figura 09, sección III:

$$- d_A = x \cdot dy$$

Integrando

$$A_3 = \int_0^{1.55} x \cdot dy$$

Reemplazando el valor de x

$$A_3 = \int_0^{1.55} 0.944 y^{0.54} dy$$

$$A_3 = 0.944 \int_0^{1.55} y^{0.54} dy$$

$$A_3 = 0.944 \left[\frac{y^{1.54}}{1.54} \right]_0^{1.55}$$

$$A_3 = 0.944 x 1.28 = 1.21 m^2$$

Determinamos la posición en x

$$\bar{x} = \frac{Mx}{A} \quad (4.86)$$

Donde:

$$Mx = \int_0^{1.26} x \cdot y \cdot dx; \quad \text{para } y = 1.13x^{1.857}$$

$$Mx = \int_0^{1.26} x \cdot 1.13x^{1.857} \cdot dx = 1.13 \int_0^{1.26} x^{2.857} \cdot dx$$

$$Mx = 1.13 \left[\frac{x^{3.857}}{3.857} \right]_0^{1.26}$$

$$Mx = 1.13 \times 0.63 = 0.712$$

Reemplazando en (4.86):

$$\bar{x} = \frac{0.712}{1.21} = 0.59$$

Respecto al punto "O"

$$x = 0.11 + 0.59 = 0.70 \text{ m.}$$

Determinamos la posición en y

$$\bar{y} = \frac{My}{A} \quad (4.87)$$

Donde:

$$My = \int_0^{1.55} y \cdot x \cdot dy; \quad \text{para } x = 0.944 \cdot y^{0.54}$$

$$My = \int_0^{1.55} y \cdot 0.944 \cdot y^{0.54} \cdot dy = 0.944 \int_0^{1.55} y^{1.54} \cdot dy$$

$$My = 0.944 \left[\frac{y^{2.54}}{2.54} \right]_0^{1.55}$$

$$My = 0.944 \times 1.198 = 1.13$$

Reemplazando en (4.87):

$$\bar{y} = \frac{1.13}{1.21} = 0.93$$

Respecto al punto "O"

$$y = 1.30 + (1.55 - 0.93) = 1.92 \text{ m.}$$

– **AREA 4**

$$A_2 = 1.30 \times 0.80 = 1.04 \text{ m}^2$$

Punto de aplicación respecto al punto "O"

$$x = \frac{0.80}{2} = 0.40 \text{ m.}$$

$$y = \frac{1.30}{2} = 0.65 \text{ m.}$$

– **AREA 5**

$$A_2 = 1.10 \times 0.50 = 0.55 \text{ m}^2$$

Punto de aplicación respecto al punto "O"

$$x = 0.80 + \frac{1.10}{2} = 1.35 \text{ m.}$$

$$y = 1.30 + \frac{0.50}{2} = 1.05 \text{ m.}$$

Determinamos el área total

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$A_T = 0.0037 + 0.165 + 1.21 + 1.04 + 0.55$$

$$A_T = 2.969 \text{ m}^2$$

b) PESO PROPIO (W)

$$W = 2.969 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$W = 7125.60 \text{ kg} = 7.13 \text{ Tn}$$

c) CENTRO DE GRAVEDAD (C.G)

$$\bar{x} = \frac{\sum A \cdot x}{\sum A_T} \quad ; \quad \bar{y} = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A_T}$$

$$\bar{x} = \frac{0.0037 \times 0.07 + 0.165 \times 0.055 + 1.21 \times 0.70 + 1.04 \times 0.40 + 0.55 \times 1.35}{2.969}$$

$$\bar{x} = 0.679 \text{ m.}$$

$$\bar{y} = \frac{0.0037 \times 2.82 + 0.165 \times 2.05 + 1.21 \times 1.92 + 1.04 \times 0.65 + 0.55 \times 1.05}{2.969}$$

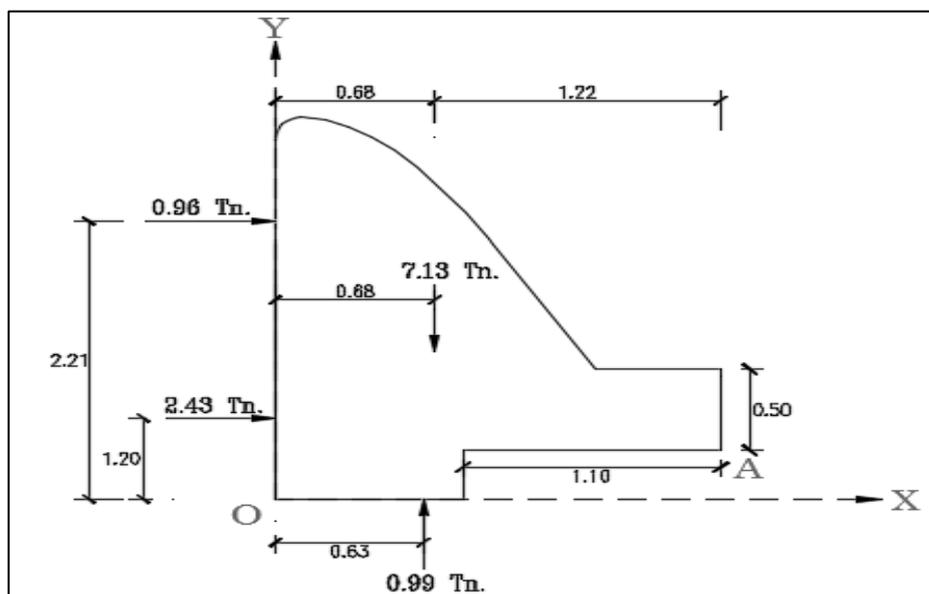
$$\bar{y} = 1.32 \text{ m.}$$

$$\text{C.G.} = (0.68, 1.32)$$

B. EMPUJE HIDROSTATICO

Esta fuerza resulta de las presiones producidas por el agua y se determina con la siguiente figura:

Figura 48: Fuerzas y punto de aplicación



Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Calculo de fuerzas y momentos con respecto a "O"

Sección	Volumen m ³	γ Tn/m ³	F (Tn)	Brazo (m)	Momento (Tn - m)
I	0.41	1.00	0.41	0.53	0.22
II	0.55	1.00	0.55	0.7	0.39
			$\Sigma F= 0.96$		$\Sigma M= 0.61$

Fuente: Elaboración propia

El valor del Empuje Hidrostático es

$$E = 0.96 \text{ Tn.}$$

Esta fuerza actúa respecto a "O":

$$y = 2.85 + \frac{0.61}{0.96} = 2.21 \text{ m.}$$

C. EMPUJE DEBIDO AL SEDIMENTO

Se determina por la siguiente expresión:

$$P_H = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2 \quad (4.88)$$

Donde:

γ_w : Peso volumétrico de agua turbia según Bureau of Reclamation para carga horizontal considerando al solido como un liquido $\gamma_w = 1.4 \text{ Tn/m}^3$

H: Altura de solidos que producen el empuje

Reemplazando en la expresión (4.88)

$$P_H = \frac{1}{2} \times 1.4 \times 1.80^2 = 2.43 \text{ Tn}$$

Respecto al punto "O"

$$y = 1.8 - \frac{1.8}{3} = 1.20 \text{ m.}$$

D. CALCULO DE SUBPRESION

$$S_p = \frac{C \cdot \gamma_w \cdot H \cdot L}{2} \quad (4.89); \quad \text{para } \gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Donde:

C: Factor de subpresión; que varía de 0.25 – 1.00 para este caso C = 0.50

γ_w : Peso volumétrico del agua

L: Ancho de barraje

H: Altura de barraje

Reemplazando en la expresión (4.89)

$$S_p = \frac{0.50 \times 1.00 \times 1.05 \cdot 1.05}{2} = 0.99 \text{ Tn.}$$

Respecto al punto "O"

$$X_{sp} = \frac{1}{3}L = \frac{1}{3} \times 1.90 = 0.63 \text{ m.}$$

ANALISIS DE ESTABILIDAD

Momentos con respecto a "A"

Tabla 59: Calculo de Fuerzas y Momentos respecto a "A"

DESCRIPCION	FUERZA (Tn)	BRAZO (m)	MOMENTO (Tn-m)
E	0.96	1.41	1.35
PH	2.43	0.40	0.97
Sp	0.99	1.27	1.26
w	7.13	1.22	8.70
	$\sum FV = 6.14$		$\sum M_{neg} = 3.58$
	$\sum FH = 3.39$		$\sum M_{posit} = 8.70$

Fuente: Elaboración propia

– ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

$$F.S.D = \frac{\sum FV}{\sum FH} \times 0.70 > 1.2$$

$$F.S.D = \frac{6.14}{3.39} \times 0.70 = 1.27$$

$$F.S.D = 1.27 > 1.20 \text{ (Cumple)}$$

No se produce falla por deslizamiento

– **ESTABILIDAD AL VOLTEO**

$$F.S.V = \frac{\sum Meq}{\sum Mdeseq} > 2.00$$

$$F.S.V = \frac{8.70}{3.58} = 2.43 > 2.00$$

$$F.S.V = 2.43 > 2.00 \text{ (Cumple)}$$

Seguro contra el volteo

– **EXCENTRICIDAD**

La resultante actúa a:

$$X = \frac{\sum Mequ - \sum Mdeseq}{\sum FV}$$

$$X = \frac{8.70 - 3.58}{6.14} = 0.84$$

Debe cumplir que:

$$\frac{1}{3} (1.9) < 0.84 < \frac{2}{3} (1.9)$$

$$0.63 < 0.84 < 1.27$$

La excentricidad tiene el valor de (e):

$$e = 0.84 - \frac{L}{2}$$

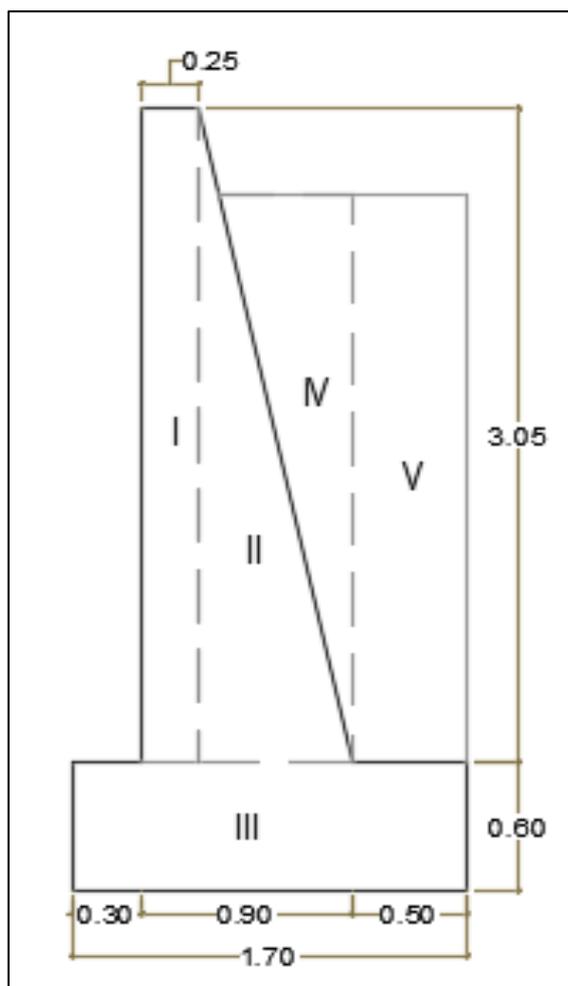
$$e = 0.84 - \frac{1.90}{2} = 0.11 \text{ hacia la Izquierda}$$

4.6.2 MUROS DE ENCAUZAMIENTO

Estas estructuras se colocan al margen del río con la finalidad de proteger las estructuras propuestas, e inundar las áreas que se encuentran ubicadas al margen del río debido a que en tiempo de máximas avenidas se produce una sobreelevación del agua, producto de la azud del barraje.

Determinada la dimensión del muro de encauzamiento luego de varios cálculos se obtuvo el siguiente perfil.

Figura 49: Perfil de muro de encauzamiento



Fuente: *Elaboración propia*

Ahora procedemos a realizar el análisis de estabilidad del muro y obtenemos los siguientes resultados:

FUERZAS VERTICALES ACTUANTES

- $0.25 \times 3.05 \times 2300 = 1753.75 \text{ kg.}$
- $0.65 \times \frac{3.05}{2} \times 2300 = 2279.87 \text{ kg.}$
- $0.60 \times 1.70 \times 2300 = 2346.00 \text{ kg.}$
- $0.56 \times \frac{2.56}{2} \times 1800 = 1335.60 \text{ kg.}$
- $0.50 \times 2.65 \times 1800 = 2385.00 \text{ kg.}$

FUERZAS HORIZONTALES ACTUANTES

$$E = \frac{\gamma_s \times h^2}{2} \times c \quad (4.90)$$

Donde:

E = Empuje activo de la tierra

H = Altura de carga del terreno

γ_s = Peso volumétrico del suelo

C = Factor para suelos que poseen ángulo de reposo de 35°

$$C = \frac{1 - \sin 35^\circ}{1 + \sin 35^\circ} = 0.27$$

Reemplazando estos valores en la ecuación (4.90):

$$E = \frac{1800 \times 3.25^2}{2} \times 0.27 = 2566.69 \text{ kg.}$$

Punto de aplicación:

$$\frac{1}{3} (h) = \frac{1}{3} \times 3.25 = 1.08 \text{ mts.}$$

Tabla 60: Análisis de fuerzas y momentos

Sección	Fuerza (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
I	1753.75	0.43	754.11
II	2279.88	0.77	1755.50
III	2346.00	0.85	1994.10
IV	1335.60	1.01	1348.96
V	2385.00	1.45	3458.25
E	2566.69	1.08	2772.03

$$\sum FV = 10100.23$$

$$\sum FH = 2566.69$$

$$\sum Meq = 9310.92$$

$$\sum Mdesq = 2772.02$$

- **Estabilidad de desplazamiento**

$$FED = \frac{\sum FV}{\sum FH} \times C > 1.5$$

Reemplazando estos valores en la ecuación:

$$FED = \frac{10100.23}{2566.69} \times 0.50 = 1.97 > 1.5$$

No se produce falla por deslizamiento

- **Estabilidad de Volteo**

$$FEV = \frac{\sum Mequil}{\sum Mdeseq} > 2.00$$

Reemplazando estos valores en la ecuación:

$$FEV = \frac{9310.92}{2772.02} = 3.35 > 2.00$$

Es seguro contra volteo

- **Excentricidad**

$$x = \frac{\sum Meq - \sum Mdeseq}{\sum FV}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación:

$$x = \frac{9310.92 - 2772.02}{10100.23} = 0.64$$

Se debe cumplir que: $\frac{1}{3} b < x < \frac{2}{3} b$; $b = 1.70\text{m}$

$$0.56 < 0.64 < 1.13$$

Determinamos la excentricidad

$$e = \frac{1.70}{2} - 0.64 = 0.21 \text{ (hacia la derecha)}$$

- **Chequeo por hundimiento**

$$\sigma = \frac{\sum FV}{a \times b} \left[1 \pm \frac{6 x e}{b} \right]$$

Donde:

σ = esfuerzo permisible

$\sum FV$ = sumatoria de fuerzas verticales

a = Ancho de la estructura (1.70 m)

b = Longitud de la estructura se considera para 1.00 m

e = Excentricidad (0.21)

Reemplazando estos valores en la ecuación:

$$\sigma_1 = \frac{10100.23}{1.70 \times 1.00} \left[1 + \frac{6 \times 0.21}{1.70} \right] = 10344.87 \text{ kg/m}^2 = 1.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{10100.23}{1.70 \times 1.00} \left[1 - \frac{6 \times 0.21}{1.70} \right] = 1537.75 \text{ kg/m}^2 = 0.15 \text{ kg/cm}^2$$

Donde: σ_1 y $\sigma_2 < \sigma$ permisible

$$1.03 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } 0.15 \text{ kg/cm}^2 < 1.21 \text{ kg/cm}^2 \text{ (CUMPLE)}$$

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- 5.1.-** De los resultados obtenidos en el presente estudio “DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO”. La bocatoma comprende un barraje mixto, el barraje fijo con perfil tipo Creager con un ancho de 3.15 metros que conduce un caudal de 1.218 m³/s, y el barraje móvil que es el canal de limpia compuesta por una compuerta deslizante de 0.35 m. por 1.05 m., que se ajusta a la conclusión formulada por (PONCE SAHUINCO, 2015), en su “Diseño Hidráulico de Bocatoma en el Rio Chicama, en la Zona de Facalá”, que sostiene y opta por una bocatoma con barraje mixto, con perfil tipo Creager y un canal de limpia compuesta por una compuerta, tomando en cuenta la topografía y especialmente la época de avenidas máximas.
- 5.2.-** De los resultados obtenidos en el presente estudio “DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO” el desarenador es de lavado continuo, que tendrá como función separar y decantar las arenas que pudiera arrastrar el agua captada, que son partículas de diámetro de 0.50 mm. La longitud de la poza de desarenador será de 2.60 metros y un ancho de 0.40m. Con una pendiente en el fondo del desarenador de 2%, cuyos resultados divergen con la conclusión formulada por (PRADO MARTINEZ, 2009), en su “Estudio Geotécnico para el Diseño y Estructural de la Bocatoma del Río Chacco”, que sostiene que el desarenador es de lavado intermitente para decantar partículas de 0.25mm. Se aplica este valor por tratarse de un sistema de riego por aspersión.

El diámetro de partículas a decantar para este estudio es de 0.50mm que es recomendado por tratarse de un sistema de riego por gravedad.

5.3.- De los resultados obtenidos en el presente estudio “DISEÑO DE BOCATOMA, DESARENADOR Y CANAL DE CONDUCCION PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GRAVEDAD EN EL SECTOR DE CCARACCOTO DE LA COMUNIDAD DE SULLCCA, DISTRITO DE MARANGANI – CANCHIS – CUSCO” El canal de conducción está diseñado para conducir un caudal de 0.032 m³/s, por medio de un canal de concreto de sección rectangular, la dimensión de esta será de 0.25 metros de altura y 0.30 metros de ancho con un espesor de concreto de 0.10 metros, el que será revestimiento con concreto $f'c=210$ kg/cm², que se considera la mejor opción para mejorar la eficiencia de conducción y, aunque posee altos costos iniciales, la duración de este lo hace competitivo ante revestimientos de vida corta y más económicos, que finaliza en una cámara distribuidora de caudales a partir de la progresiva 0+240 km, que se encarga de distribuir el caudal a las diferentes áreas de riego, que coincide con la conclusión formulada por (MARÍN CORDOVA, 2012), en su “Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable para uso didáctico e investigación”, que sostiene que la sección de canal que tiene menor perímetro mojado para un área determinada tiene la máxima conductividad, La sección hidráulica óptima es la sección que da el área mínima para un caudal determinado, una de las secciones hidráulicas óptimas, es la sección rectangular que permite la estabilización del flujo más rápidamente.

CONCLUSIONES

- 1.- La bocatoma que se encuentra ubicada en el sector Ccaraccoto, se trata de una bocatoma con Perfil tipo Creager, un barraje con un ancho de 3.15 metros que conduce un caudal de 1.218 m³/s, un canal de limpia compuesta por una compuerta deslizante de 0.35 x 1.05 m. que conduce un caudal de 0.457 m³/s, y una ventana de captación de 0.30 x 0.20 m. que derivada un caudal de 0.032 m³/s, que beneficiará a 31.56 Hectáreas de demanda de cultivo en la primera y segunda campaña.
- 2.- El desarenador es de lavado continuo, que tendrá como función separar y decantar las arenas que pudiera arrastrar el agua captada, que son partículas de diámetro de 0.50 mm. con una entrada de transición de 0.20 m. la longitud de la poza de desarenador será de 2.60 metros y un ancho de 0.40m. tiene un perfil de cresta aguda y una poza disipadora de longitud de 0.20 m. con una pendiente en el fondo del desarenador de 2% y una compuerta de limpia de 0.35 x 0.35 m que deriva los sedimentos por medio de una tubería PVC de 200 mm. (8)".
- 3.-El canal de conducción está diseñado para derivar un caudal de 0.032 m³/s, por medio de un canal de concreto de sección rectangular, la dimensión de esta será de 0.25 metros de profundidad y 0.30 metros de ancho con un espesor de concreto de 0.10 metros, será revestimiento con concreto f'c=210 kg/cm², que se considera la mejor opción para mejorar la eficiencia de conducción que finaliza en una cámara distribuidora de caudales a partir de la progresiva 0+240 km, que se encarga de distribuir el caudal a las diferentes áreas de riego.

RECOMENDACIONES

- 1.- Para el diseño de la bocatoma el estudio de mecánica de suelos y los ensayos correspondientes son obligatorios para determinar con exactitud el tipo de suelo donde se diseñarán las obras hidráulicas y de esta manera determinar la base de la fundación de estas.
- 2.- La compuerta de Limpia debe estar abierta por completo en épocas de máximas avenidas, y en épocas de estiaje debe mantenerse cerrada por completo para captar el caudal necesario que se requiere derivar.
- 3.- Es importante determinar la demanda hídrica para de esta manera saber la cantidad de recurso hídrico que se va a derivar, este a su vez nos permitirá realizar el adecuado diseño de la ventana de captación.
- 4.- Para el diseño del desarenador se debe tener en cuenta el diámetro recomendado de partículas a sedimentar, para sistemas de riego por gravedad, este valor permite determinar el diseño y características más adecuadas de desarenador.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-Autoridad Nacional del Agua. (2010). "*CRITERIOS DE DISEÑOS DE OBRAS HIDRAULICAS PARA LA FORMULACION DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES Y DE AFIANZAMIENTO HIDRICO*". Lima - Perú.
- 2.-BUREAU OF RECLAMATION U.S.A. (1982). "*DISEÑO DE PEQUEÑAS PRESAS*" Traducción de la 3a Edición Americana . España: Editorial Bellisco, Ediciones Técnica y Científicas.
- 3.-Chow, V. T. (1994). "*HIDROLOGÍA APLICADA*". Santafé de Bogotá - Colombia: McGRAW - HILL INTERNACIONAL, S.A. .
- 4.-CORNEJO CASTRO, C. P. (2014). "*DISEÑO DE UN CANAL DE CONDUCCIÓN DE DIFERENTES SECCIONES TRANSVERSALES Y OBRAS HIDRAULICAS PARA TRANSPORTAR AGUA EN LA ZONA ALTOANDINA DE TACNA*". Tacna - Perú: Universidad Privada de Tacna.
- 5.-Cueva Contreras, J. M. (1997). "*ESTUDIO DE REVESTIMIENTO DE CANALES Y SU EXPLICACION EN PUNO*". Tesis Ingeniero Civil. Lima - Perú. : Universidad Nacional de Ingeniería.
- 6.-FAO. (s.f.). "*GUIA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LOS CULTIVOS*".
- 7.-Kneese, A. (1964). "*THE ECONOMICS OF REGIONAL WATER QUALITY MANAGEMENT*". USA.
- 8.-KROCHIN, S. (1982). "*DISEÑO HIDRAULICO*" (Vol. 2da edición Leningrado). Rusia.
- 9.-MANSEN VALDERRAMA, A. (2010). "*DISEÑO DE BOCATOMAS*", *Apuntes de Clase*. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento Académico de Hidráulica e Hidrología.
- 10.-MARÍN CORDOVA, C. A. (2012). "*DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN CANAL HIDRAULICO DE PENDIENTE VARIABLE PARA USO DIDACTICO E INVESTIGACION*". San Salvador: Universidad de el Salvador.
- 11.-NORMA E.030. (2016). "*DISEÑO SISMORRESISTENTE*". *El peruano*.
- 12.-NORMA E.050. (2006). "*SUELOS Y CIEMNTACIONES*". *El peruano*.
- 13.-OLARTE, W. (1987). "*MANUAL DE RIEGO POR GRAVEDAD*". Lima - Perú: Series manuales técnicos N°1.
- 14.-PONCE SAHUINCO, R. T. (2015). "*DISEÑO HIDRAULICO DE BOCATOMA EN EL RÍO CHICAMA, EN LA ZONA DE FACALÁ*". Lima - Perú: USMP.

- 15.-PRADO MARTINEZ, W. (2009). "*ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL DISEÑO HIDRAULICO Y ESTRUCTURAL DE LA BOCATOMA DEL RIO CHACCO - AYACUCHO*". Chimbote - Perú: Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote.
- 16.-ROCHA FELICES, A. (2003). "La Bocatoma, Estructura Clave en un Proyecto de Aprovechamiento Hidraulico". *XI CONGRESO NACIONAL DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA CIVIL*, (pág. 30). Piura.
- 17.-RUBIO ROJAS, H. A. (s.f.). LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO DE TOMAS DE CAPTACION. "*Manual de Estructuras Hidraulicas*", 71.
- 18.-SOLSOL ROBLES, A. R. (2015). "*ANALISIS DE COSTOS ENEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL CANAL CULLICOCHA - CHAQUICOCHA UBICADO EN AREA PROTEGIDO (PARQUE NACIONAL HUASCARAN)*". Tesis Ingeniero Agrícola. Lima - Peru: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- 19.-VÁSCONEZ CUZCO, J. C. (2013). "*DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE RIEGP AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA UNA FINCA UBICADA EN EL SECTOR POPULAR DE BALERIO ESTACIO*". Guayaquil - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- 20.-VILLÓN BÉJAR, M. (2005). *Diseño de Estructuras Hidráulicas*. Lima - Perú: Editorial Villón.
- 21.-VILLÓN BEJAR, Máximo. (2005). *DRENAJE*. Lima.

LISTA DE ANEXOS

- 1.1.- Anexo Topográfico
- 2.1- Perfil estratigráfico
- 3.1.- Análisis Hidrológico
- 3.2.- Balance Hídrico
- 4.1.- Métodos seguidos para el análisis del suelo
- 4.2.- Resultados del Análisis de Laboratorio
- 4.3.- Parámetros de clasificación de suelos
- 4.4.-Descripción de perfiles
- 4.5.- resultados de análisis de aguas

LISTA DE PLANOS

- 1.- Plano de Ubicación Quebrada Ccaraccoto PU-01.
- 2.- Plano Clave PC-01
- 3.- Plano Hidrológico PH-01.
- 4.- Plano Topográfico Bocatoma PB-01.
- 5.- Detalles Bocatoma PB-02.
- 6.- Plano Topográfico Desarenador PD-01.
- 8.- Plano Detalles Desarenador PD-02.
- 9.- Plano Planta y Perfil Longitudinal de Canal de Conducción PP-01
- 10.- Plano Detalles de Cámara Distribuidora de Caudales. PCD-01