

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TRABAJO DIRIGIDO

**ELABORACIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO
VENTANANI (SANTIAGO DE LLALLAGUA) – PROVINCIA AROMA.**

MARCO EDUARDO CORI SIRPA

LA PAZ – BOLIVIA

2021

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“ELABORACIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO
VENTANANI (SANTIAGO DE LLALLAGUA) – PROVINCIA AROMA”.

*Trabajo Dirigido presentado como requisito
para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.*

MARCO EDUARDO CORI SIRPA

Tutor:

Ing. Raúl Choque Estrada

Asesor:

Ing. M. Sc. Paulino Ruiz Huanca

Tribunal Examinador:

Ing. Ph. D. René Chipana Rivera

Ing. M. Sc. Fanny Bertha Arragán Tancara

Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:

La Paz – Bolivia

2021

DEDICATORIA:

Se lo dedico al forjador de mi camino, a Dios, el que en todo momento está conmigo ayudándome a aprender de mis errores y guiar mi camino.

A mis queridos padres Nicolás Cori Pacohuanca y Benita Sirpa Huanca, que con mucho esfuerzo y sacrificio me brindaron todo su apoyo, cariño y comprensión en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos Iván y Richard, aunque en la mayoría de las veces parece que estuviéramos en una batalla, hay momentos en los que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos olvidándonos de todo y estar juntos para apoyarnos.

A mi compañera de vida Vanessa, por estar conmigo en los peores momentos y aún así apoyarme y darme el aliento para seguir adelante cumpliendo mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios padre celestial, por darme sabiduría, salud, fuerza y guiar mi camino en cada paso que doy.

A la Universidad Mayor San Andrés, Facultad de Agronomía – Ingeniería Agronómica, por la oportunidad de mi formación profesional impartida por el plantel docente y compartir sus conocimientos y experiencias.

A la Gobernación Departamental de La Paz, Dirección de Elaboración de Estudios de Pre Inversión por permitirme realizar el presente trabajo dirigido y ser parte del equipo de trabajo involucrándome en diferentes proyectos.

A mi tutor Ing. Raúl Choque Estrada, por toda la colaboración y enseñanza de sus conocimientos profesionales, la confianza brindada para la elaboración del presente trabajo y su amistad desinteresada.

A mi asesor Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca, por el asesoramiento, colaboración y consejos con su experiencia profesional para que este trabajo se realice de la mejor forma posible

A los tribunales revisores: Ing. Ph.D. René Chipana Rivera, Ing. M.Sc. Fanny Bertha Arragán Tancara e Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas, por la paciencia y el tiempo dedicado para la revisión del trabajo dirigido, por las correcciones y sugerencias para que este trabajo se concluya satisfactoriamente.

A la Unidad Ejecutora de Pozos gestión 2019, donde incursioné mi interés para elaborar, diseñar, evaluar proyectos involucrados en el tema de agua y riego.

Al Servicio Departamental de Riego La Paz, a su Unidad de Registros y Conflictos, Dra. Aydee Olmos e Ing. Rodneyx Huallpa Choque por su amistad, apoyo y sugerencias para que siga creciendo como persona y profesional.

Al Servicio Nacional de Riego (SENARI), por brindarme y abrirme las puertas para ser parte del equipo de trabajo en la Escuela Nacional de Riego (ENR), donde aprendí y amplié mis conocimientos y perspectivas en el área de riegos.

Un agradecimiento especial al Ing. Vladimir Plata Rojas, Jefe de Unidad de la Escuela Nacional de Riego, por toda la confianza, amistad y apoyo brindada a lo largo de este tiempo.

Finalmente agradecer a mis compañeros que tuve durante toda mi etapa de universitario por su apoyo y amistad.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANÉXOS	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Identificación del problema	1
1.2 Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Contexto normativo	3
2.2. Elaboración y Diseño de Proyectos	4
2.2.1 Definición de Proyecto	4
2.2.2 Características de un proyecto	4
2.2.3. Tipos de Proyectos	5
2.2.3.1 Inversión	6
2.2.3.2 Social	6
2.2.3.3 Investigación	6
2.2.4 Fases o ciclo de un Proyecto de Inversión Pública en Bolivia	6
2.2.5 Proyectos de Reinversión Pública en Bolivia	7
2.2.6 Estudios de Diseño Técnico de Preinversión (EDTP) para Proyectos de Riego ..	7
2.3. Recursos Hídricos	8
2.3.1. Agua	8
2.3.1.1. Agua Superficial	9

2.3.1.2. Agua Subterránea.....	9
2.3.2. Recursos Hídricos en Bolivia	9
2.4. Riego	10
2.4.1. Sistema de Riego.....	10
2.4.2. Métodos de Riego.....	11
2.4.3. Riego Tecnificado	11
2.4.3.1 Componentes de un Sistema de Riego Presurizado.....	12
2.4.4. Datos de la Agricultura Bajo Riego en Bolivia	13
2.4.5. Cambios Registrados en los Últimos 12 años (2000-2012).....	14
2.4.6 Categoría de Sistemas de Riego en Bolivia	14
2.5. Cuenca hidrográfica	15
2.5.1. Parámetros morfométricos de una cuenca hidrográfica	16
2.5.2. Coeficiente de escorrentía (c)	17
2.6. Estudio de un Proyecto de Riego	17
2.6.1. Estudio Topográfico	17
2.6.2. Estudio de Suelos	18
2.6.2.1. Propiedades Física del Suelo	18
2.6.2.2. Clasificación de suelos por su aptitud para riego	19
2.6.2.3. El agua en el suelo	20
2.6.2.4. Fases de Agua en el Suelo	21
2.6.2.5. Movimiento del agua en el Suelo	23
2.6.2.6. Velocidad de infiltración del agua	24
2.6.2.6.1 Medición de la velocidad de infiltración.....	24
2.6.3. Estudio de calidad de Agua	25
2.6.4 Estudio Climatológico	27
2.6.4.1 Relación suelo – agua – planta.....	27
2.7 Diseño de componentes de Ingeniería.....	29
2.7.1 Obras de Captación	29
2.7.2 Obras de Conducción (a gravedad o presión).....	29
2.7.3 Diseño de riego tecnificado (aspersión)	30
2.7.3.1 Diseño Agronómico	30
1. Humedad aprovechable (Lam).....	31

2. Cálculo de lámina neta (Ln)	31
3. Cálculo de lámina bruta (Lb)	31
4. Frecuencia de riego (F).....	32
5. Área de influencia (AR).....	32
6. Sectores de riego y ubicación de hidrantes.....	32
7. Elección del tipo de aspersor	33
7.1 Elección de aspersores mediante catálogo	33
7.2 Espaciamiento entre aspersores:	34
2.7.3.2 Diseño Hidráulico.....	35
a) Caudal del emisor.....	35
b) Tasa de aplicación de riego	35
c) Tiempo de aplicación (Tap):.....	36
d) Ecuaciones de pérdida de carga.....	36
1. Hazen – Williams	36
2. Darcy - Weisbach	37
3. Presión mínima en un hidrante	37
2.8 Planillas Parametrizadas.....	38
2.8.1 Organización de las planillas	38
3. SECCIÓN DIAGNÓSTICA	40
3.1. Descripción general de la zona de estudio	40
3.1.1. Localización.....	40
3.1.2. Acceso al sitio del proyecto.....	41
3.2. Características de la cuenca de aprovechamiento	42
3.2.1. Características meteorológicas	43
3.2.1.1 Temperatura	44
3.2.1.2. Precipitación pluvial	45
3.2.1.3. Riesgos Climáticos	45
3.2.2. Características biofísicas	46
3.2.2.1. Fisiografía.....	46
3.2.2.2 Cobertura vegetal	46
3.2.2.3 Fauna	47
3.3. Condiciones socioeconómicas de los beneficiarios	48

3.3.1. Comunidades involucradas en el proyecto.....	48
3.3.2. Población beneficiaria del proyecto.....	48
3.3.4. Pertenencia cultural	49
3.3.5. Actividades económicas principales.....	49
3.3.5.1. Ingresos económicos	50
3.3.5.2. Migración	50
3.3.5.3. Agricultura	50
3.3.5.4. Pecuaria	51
3.4. Situación actual de la producción agropecuaria	51
3.4.1 Cedula de cultivo y calendario agrícola.....	51
s: Siembra	52
3.4.2. Semillas	52
3.4.3. Abonamiento.....	53
3.4.4. Cosecha	53
3.5 Descripción de la infraestructura actual.....	54
3.5.1. Características de la infraestructura.....	54
3.5.1.2. Red de tubería.....	55
4. SECCIÓN PROPOSITIVA.....	56
4.1. Estudios Básico.....	56
4.2. Análisis de alternativas identificados	56
4.2.1 Alternativa 1	56
4.2.2. Alternativa 2	58
4.3 Propuesta de la producción agrícola con proyecto.....	59
4.3.1. Cédula de cultivo	59
4.3.2. Calendario de cultivo	60
4.3.3. Valor de la producción agropecuaria con proyecto.....	61
4.4. Balance Hídrico.....	62
4.4.1. Oferta de agua	62
4.4.2. Demanda de agua	63
4.4.2.1 Eficiencias del sistema.....	63
4.4.2.3 Balance (oferta – demanda)	64
4.4.3. Cálculo de la evapotranspiración real (ETR) situación con proyecto	64

4.4.4. Estimación de área incremental	64
4.5 Diseño de componentes de ingeniería a detalle	65
4.5.1 Diseño Agronómico para riego tecnificado	65
a) Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETo).....	65
b) Cálculo de la humedad aprovechable	66
c) Cálculo de lámina neta (Ln)	66
d) Cálculo de lámina bruta (Lb)	66
e) Frecuencia de riego (Fr).....	67
f) Selección del aspersor	67
g) Espaciamiento entre aspersores o área mojada	67
h) Área del aspersor o área útil	67
i) Intensidad de precipitación del aspersor (PHr).....	68
j) Tiempo de riego del aspersor (Tr).....	68
k) Área de riego por turno	69
l) Usuarios por hilo (Uh)	69
m) Número de hilos (Nh).....	69
n) Caudal por hilo (Qh) y sistema.....	69
4.5.2 Diseño Hidráulico	70
1) Presiones estáticas en hidrantes.....	70
2) Características del aspersor.....	71
3) Cálculo de la presión mínima en hidrante	71
4) Pérdida de carga en tuberías en el primer hidrante.....	72
5) Modelación del diseño hidráulico (Gestar v1. 2016).....	73
4.6 Evaluación socioeconómica y financiera del proyecto.....	76
4.6.1 Presupuesto de los costos de inversión y equipamiento	76
4.6.2 Evaluación Económica del proyecto	76
4.6.3 Indicadores Financieros	77
4.7.4 Indicadores Socioeconómicos.....	77
5. CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen nacional de sistemas de riego Bolivia 2012	13
Tabla 2. Incremento de los sistemas de riego por departamento (2000 -2012).	14
Tabla 3. Sistemas de riego por categoría de magnitud.....	15
Tabla 4. Clasificación de la porosidad del suelo	19
Tabla 5. Clases para evaluar la idoneidad de los suelos para soportar regadio según el USBR	20
Tabla 6. Valores referenciales de la velocidad de infiltración en función de la textura del suelo (mm/h)	24
Tabla 7. Valores considerados normales en su análisis de agua para riego.....	26
Tabla 8. Espaciamiento entre aspersores y condiciones específicas de viento	35
Tabla 9. Coordenadas geográficas de ubicación del proyecto.....	41
Tabla 10. Acceso al área de proyecto	42
Tabla 11. Descripción de la cuenca.....	43
Tabla 12. Temperatura promedio de la zona del proyecto.....	44
Tabla 13. Precipitación promedio de la zona.....	45
Tabla 14. Calendario climático de la zona de riego	46
Tabla 15. Cobertura vegetal que existe en la zona.....	47
Tabla 16. Especies forestales en la zona	47
Tabla 17. Especies silvestres en la zona.....	48
Tabla 18. Comunidades involucradas	48
Tabla 19. Población beneficiaria del proyecto	49
Tabla 20. Calendario festivo y ritual	49
Tabla 21. Valor de producción sin proyecto.....	51
Tabla 22. Producción ganadera promedio por familia de la comunidad Achoco	51
Tabla 23. Cédula de cultivos sin proyecto	52
Tabla 24. Calendario de cultivos sin proyecto	52
Tabla 25. Características de la presa Ventanani	54
Tabla 26. Cédula de cultivos con proyecto	60
Tabla 27. Calendario de cultivo con proyecto	61
Tabla 28. Valor de producción con proyecto	61

Tabla 29. Cálculo de los caudales medios mensuales y anuales según precipitación pluvial (aporte neto).....	62
Tabla 30. Oferta de agua destinado a la comunidad	63
Tabla 31. Demanda de agua destinado a la comunidad.....	63
Tabla 32. Balance hídrico (oferta – demanda).....	64
Tabla 33. Evapotranspiración mensual	64
Tabla 34. Cálculo del área incremental	65
Tabla 35. Cálculo de evapotranspiración.....	65
Tabla 36. Presiones estáticas del sistema.....	70
Tabla 37. Características del emisor (aspersor)	71
Tabla 38. Presupuesto de obras y equipamiento.....	76
Tabla 39. Parámetros complementarios.	77
Tabla 40. Evaluación privada	77
Tabla 40. Evaluación Socioeconómica	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de proyecto de inversión pública en Bolivia	6
Figura 2. Esquema de un sistema de riego por aspersión en ladera	12
Figura 3. Esquema de instalación y distribución de aspersores	13
Figura 4. Área regada según categoría de sistemas (ha)	15
Figura 5. Delimitación de una cuenca hidrográfica	16
Figura 6. Triángulo textural.....	18
Figura 7. Diagrama esquemático del suelo como un sistema de tres fases.....	21
Figura 8. Agua en el suelo.....	22
Figura 9. Diagrama para la clasificación de las aguas para riego	27
Figura 10. Balance hídrico en el sistema suelo - planta - atmósfera.....	28
Figura 11. Elementos consecutivos de una presa	29
Figura 12. Software ABRO 02 ver 3.1	30
Figura 13. Aspersores Wobbler – cobertura total	34
Figura 14. Catálogo de aspersores	34
Figura 15. Software Gestar v.1 2016.....	38
Figura 16. Planillas parametrizadas	39
Figura 17. Ubicación geográfica del proyecto.....	40
Figura 18. Descripción del área de la cuenca.....	42
Figura 19. Selección de estación meteorológicas – Polígonos Thiessen.....	43
Figura 20. Temperaturas medias de la zona de estudio	44
Figura 21. Precipitaciones medias de la zona de estudio.	45
Figura 22. Imagen digital Presa de Gravedad Ventanani	54
Figura 23. Red de tubería principal (13km).	55
Figura 24. Mapa temático de la Alternativa 1	57
Figura 25. Mapa temático de la Alternativa 2	59
Figura 26. Resumen cédula de cultivos con proyecto.....	60
Figura 27. Disposición y esquema de los aspersores en una posición.	68
Figura 28. Identificación y funcionamiento del sistema.....	73
Figura 29. Presión en nodos y caudal del sistema	73
Figura 30. Velocidad de la tubería.....	74
Figura 31. Esquema de distribución del sistema de riego.....	75

ÍNDICE DE ANÉXOS

Anexo 1. Lista de beneficiarios

Anexo 2. Información meteorológica

Anexo 3. Modelación en SIG de la cuenca de aporte y la zona de estudio

Anexo 4. Reporte del área bajo riego óptimo ABRO

Anexo 5. Análisis de suelos y agua

Anexo 6. Diseño agronómico bajo gestión colectiva

Anexo 7. Presupuesto de obras y equipamiento

Anexo 8. Agroeconomía.

Anexo 9. Reporte fotográfico.

RESUMEN

El presente trabajo dirigido se lo realizó en la comunidad Achoco, del Cantón Santiago de Llallagua del municipio Colquencha de la Provincia Aroma en el Departamento de La Paz, donde se elaboró el diseño del proyecto sistema de riego tecnificado Ventanani (Santiago de Llallagua). El objetivo de la misma es el de mejorar las condiciones de vida de 34 familias de la comunidad (Achoco) a través del aumento de sus rendimientos de producción agrícola en un 20%, bajo la implementación de un sistema de riego por aspersión, puesto que a la actualidad se va culminando una presa en la zona con una capacidad de 380.000 m³.

La fase agronómica determinó una lámina de agua (35mm), lámina neta (34,34 mm), lámina bruta (47,73mm), frecuencia de riego de 8 días, con una eficiencia de aplicación del 75%, con un área bajo riego óptimo de 5,58 ha, utilizando un aspersor de baja presión y caudal (Xcel Wobbler Boquilla #10) con un área mojada o área útil por turno de 1.563 m² con 4 aspersores en 5 posiciones bajo una intensidad de precipitación de 6,45 mm/hora, asumiendo el tiempo de riego del aspersor de 7 horas. El sistema cuenta con 5 hilos y cada hilo con 8 usuarios, teniendo así un caudal por hilo de 0,59 l/s y un caudal de diseño para el sistema de 2,97 l/s.

El diseño hidráulico determinó las pérdidas de carga y presiones en cada nodo o hidrante determinando una presión dinámica mínima en cada hidrante de 12,67 m.c.a., con un 20% de H_f admisible. Y para el modelamiento en el software Gestar v.1 2016, con la fórmula de Darcy – Weisbach se determinó presiones en cada hidrante, así como también las velocidades de tuberías; teniendo como mínimas 0,5 m/s y máxima de 2 m/s con diferentes diámetros y clases de acuerdo a norma boliviana NB 213, al catálogo de tuberías de alta presión de PLAMAT; las diferentes clases (6,9,12 y 15) y diámetros de tubería desde ½" a 3".

La evaluación de indicadores de rentabilidad socioeconómica y financiera del proyecto se tiene un RBC Privado de 1,42 y RBC Social de 2,3 bajo un TIR del 10% en ambas situaciones.

SUMMARY

This directed work was carried out in the Achoco community, of the Santiago de Llallagua Canton of the Colquencha municipality of the Aroma Province in the Department of La Paz, where the design of the Ventanani technified irrigation system project (Santiago de Llallagua) was prepared. Its objective is to improve the living conditions of 34 families in the community (Achoco) by increasing their agricultural production yields by 20%, under the implementation of a sprinkler irrigation system, since at present, a dam in the area with a capacity of 380,000 m³ is being completed.

The agronomic phase determined a sheet of water (35mm), net sheet (34.34 mm), gross sheet (47.73mm), irrigation frequency of 8 days, with an application efficiency of 75%, with an area under irrigation optimum of 5.58 ha, using a low pressure and flow sprinkler (Xcel Wobbler Nozzle # 10) with a wet area or useful area per shift of 1,563 m² with 4 sprinklers in 5 positions under a rainfall intensity of 6.45 mm / hour, assuming the sprinkler irrigation time of 7 hours. The system has 5 wires and each wire with 8 users, thus having a flow rate per wire of 0.59 l / s and a design flow for the system of 2.97 l / s.

The hydraulic design determined the head and pressure losses in each node or hydrant, determining a minimum dynamic pressure in each hydrant of 12.67 m.c.a., with 20% of admissible H_f. And for the modeling in the Gestar v.1 2016 software, with the Darcy-Weisbach formula, pressures were determined in each hydrant, as well as the pipe velocities; having a minimum of 0.5 m / s and a maximum of 2 m / s with different diameters and classes according to Bolivian standard NB 213, to the PLAMAT high pressure pipes catalog; the different classes (6,9,12 and 15) and pipe diameters from ½" to 3".

The evaluation of indicators of socioeconomic and financial profitability of the project has a Private RBC of 1.42 and Social RBC of 2.3 under an IRR of 10% in both situations.

PARTE I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación del problema

El catón Santiago de Llallagua se encuentra dentro del Altiplano boliviano, caracterizado por las bajas temperaturas y bajas precipitaciones atmosféricas, con un clima adverso por la presencia de heladas y una vegetación reducida; y al no tener presencia ni uso frecuente de las fuentes de agua destinadas para la producción agrícola.

El déficit hídrico existente en la zona, restringe la producción agrícola a la época de lluvias, incidiendo en bajos rendimiento y menores superficies de cultivo. El potencial de la zona, la ganadería, requiere que se fortalezca la producción de forraje y pasturas esto implica una inversión en el mejoramiento de tecnologías productivas, relacionadas directamente con el riego.

1.2 Justificación

El uso de los suelos es intensivo en la actividad agrícola, siendo la actividad económica principal de estas comunidades (Central, Jalzuri, Acerfujo, Huancarami, Juiracollo, Achoco, Q'últani y Kollpani) la agricultura que viene a ser base de las actividades socioeconómicas y culturales principales de la zona de estudio.

La existencia de recursos hídricos en la zona del proyecto, permiten la implementación de un sistema de riego compuesto por un sistema de almacenamiento y regulación de agua y un sistema de distribución por tuberías a presión.

El cantón cuenta con una presa de gravedad de hormigón ciclópeo con capacidad de almacenamiento de 380.000 m³. El cual se pretende aprovechar al máximo la fuente de agua destinado a la producción agropecuaria de las comunidades beneficiarias. Se ha elegido construir un sistema de riego nuevo, un sistema de tuberías de conducción y distribución en ramales con sus ramales con sus correspondientes cámaras de distribución, infraestructura que pretende coadyuvar al mejoramiento de los ingresos económicos y por tanto el nivel de vida de los pobladores de las comunidades beneficiarias.

Con el diseño del proyecto de riego tecnificado, se asegura la oferta de agua durante el ciclo productivo en todas las parcelas de producción de todos los beneficiarios, reduciendo el déficit hídrico en los momentos críticos, mejorando la aplicación de riego tecnificado por aspersión en todos los cultivos que se pretende producir.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar y diseñar el proyecto del Sistema de Riego Tecnificado para mejorar las condiciones de vida de familias de las ocho comunidades: Central, Jalzuri, Acerfujó, Huancarami, Juiracollo, Achoco, Q'ultani y Kollpani, mediante la incorporación de parcelas bajo riego e incremento producción agrícola elevando los actuales ingresos económicos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar la descripción y diagnóstico de la situación actual del área del proyecto.
- Diseñar el sistema de riego del estudio del proyecto en su fase de ingeniería (agronómica e hidráulica).
- Evaluar los indicadores de rentabilidad socioeconómica y financiera del proyecto

PARTE II

2. MARCO TEORICO

2.1 Contexto normativo

Según el Ministerio de Planificación del Desarrollo (2015), indica en el Artículo 10 del reglamento básico de Preinversión, señala que el Estudio de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Apoyo al Desarrollo Productivo es el estudio para Proyectos orientados a crear y/o mejorar las condiciones para la actividad productiva del país, incrementado el capital físico mediante inversiones realizadas principalmente en infraestructura y equipamiento, y en capacitación si corresponde, tales como: caminos, puentes, aeropuertos, represas, plantas hidroeléctricas, sistemas de riego, centros de extensión agropecuaria y otros. Agregando en el segundo párrafo el contenido referencial de los Estudios de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Apoyo al Desarrollo Productivo (Tipo III).

Según la Constitución Política del Estado (2009), hace mención en el Parágrafo I del Artículo 16, dispone que toda persona tiene derecho al agua y a la alimentación.

Según la Constitución Política del Estado (2009), hace mención en el Parágrafo I del Artículo 373, establece que el agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad. Agregando en el Parágrafo II que: “Los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos, vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros y autorizaciones conforme a Ley”.

Según el MMAYA (2004), se crea la Ley Riego N° 2878 – Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal, establece las normas generales que regulan el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en las actividades del riego para la producción agropecuaria y forestal, su política, el marco

institucional, regulación y de gestión de riego, para otorgar y reconocer derechos, establecer obligaciones y garantizar la seguridad de las inversiones comunitarias, familiares, públicas y privadas. Que el ámbito de aplicación de la indicada Ley, comprende la regulación del uso y aprovechamiento del agua para riego, la infraestructura e inversiones relacionadas con estas actividades, así como el rol y funciones de las instituciones públicas y privadas del sector riego, en el territorio nacional.

- Decreto Supremo Nº 28817 Marco Institucional.
- Decreto Supremo Nº 28818 Reconocimiento y otorgación de derechos de uso y aprovechamiento de recurso hídricos para riego.
- Decreto Supremo Nº 28819 Gestión de riego, proyectos y servidumbres.

2.2. Elaboración y Diseño de Proyectos

2.2.1 Definición de Proyecto

Según la Metodología de Gestión de Proyectos de la Cooperación Española (2001), indica que un proyecto es un conjunto autónomo de inversiones, actividades, políticas y/o medidas institucionales o de otra índole, diseñado para lograr un objetivo específico de desarrollo en un período determinado, en una región geográfica delimitada y para un grupo predefinido de beneficiarios, que continúa produciendo bienes y/o prestando servicios tras la retirada del apoyo externo, y cuyos efectos perduran una vez finalizada su ejecución.

Según Fernández (2002), el proyecto es la unidad elemental de intervención en cualquier sector social, y constituye la forma de actuación más cercana a la realidad sobre la que se pretende operar.

Según Murillo (2018), estudio que establece indicadores por medio de los cuales se puede determinar la viabilidad técnica, económica y social de una inversión

2.2.2 Características de un proyecto

Carrión y Berastegi (2010), indican que las características de los proyectos son las siguientes:

a) Entidad, Tamaño y Alcance: un proyecto es algo importante para la entidad bien porque requiere inversiones cuantiosas y/o bien porque está encaminado a producir un resultado de gran entidad y consecuencias trascendentes para la empresa o para el conjunto de la sociedad.

b) Discontinuidad: un proyecto tiene un comienzo y un final determinado y se trata de un conjunto de actividades secuenciales que se ejecuta una vez de forma excepcional y no de manera repetitiva; es decir, estas actividades que se han realizado en este proyecto van relacionadas con un/os objetivo/s concreto/s para generar un servicio, un prototipo, etc. Si el resultado es bueno y se convierten en actividades destinadas a que ese servicio o prototipo se transforme en un producto concreto, ya no estamos hablando de proyecto sino de un proceso de producción cíclico. Por ello, el proyecto es discontinuo porque una vez ejecutado no se repite de manera continuada.

c) Irreversibilidad: a lo largo de la vida del proyecto es necesario tomar muchas decisiones para poder progresar y avanzar. Estas decisiones son generalmente irreversibles o con un grado de irreversibilidad mayor que en una producción rutinaria. En algunos casos es necesario dar marcha atrás a la decisión y esto acarrea importantes perjuicios económicos o retraso en el plazo de ejecución.

d) Influencias externas: es frecuente, sobre todo en proyectos de gran envergadura, que estén sometidos a influencias externas ejercidas por el entorno social, político o económico. Estas presiones pueden afectar al resultado del proyecto, aunque técnicamente y en su gestión éste haya sido totalmente correcto.

e) Riesgo: casi todo proyecto implica riesgos importantes que es necesario analizar para prevenirlos y estar preparados para tomar medidas que permitan minimizar el impacto. A veces se piensa solo en los riesgos derivados de las dificultades técnicas, pero hay que tener en cuenta otros factores de riesgo: pérdidas económicas producidas por retrasos, averías, daño a la imagen de la empresa, consecuencias sociales, pérdida de clientes, etc.

2.2.3. Tipos de Proyectos

Según Murillo (2018), los proyectos de forma general pueden dividirse en tres:

2.2.3.1 Inversión:

En los cuales lo más importantes es la rentabilidad económica.

2.2.3.2 Social:

En los cuales la importancia no es fundamentalmente económica, sino más bien la mejora en las condiciones de vida y condiciones sociales de los sectores objetivos.

2.2.3.3 Investigación:

Los cuales tienen una rentabilidad a futuro y en relación a los resultados logrados en el trabajo. Ejemplos claros de proyectos de investigación son los “Proyectos de Tesis”, los cuales son expresados por medio de un documento llamado perfil, el cual describe objetivos, métodos, procedimientos, tiempos y recursos requeridos para el logro de los primeros.

2.2.4 Fases o ciclo de un Proyecto de Inversión Pública en Bolivia

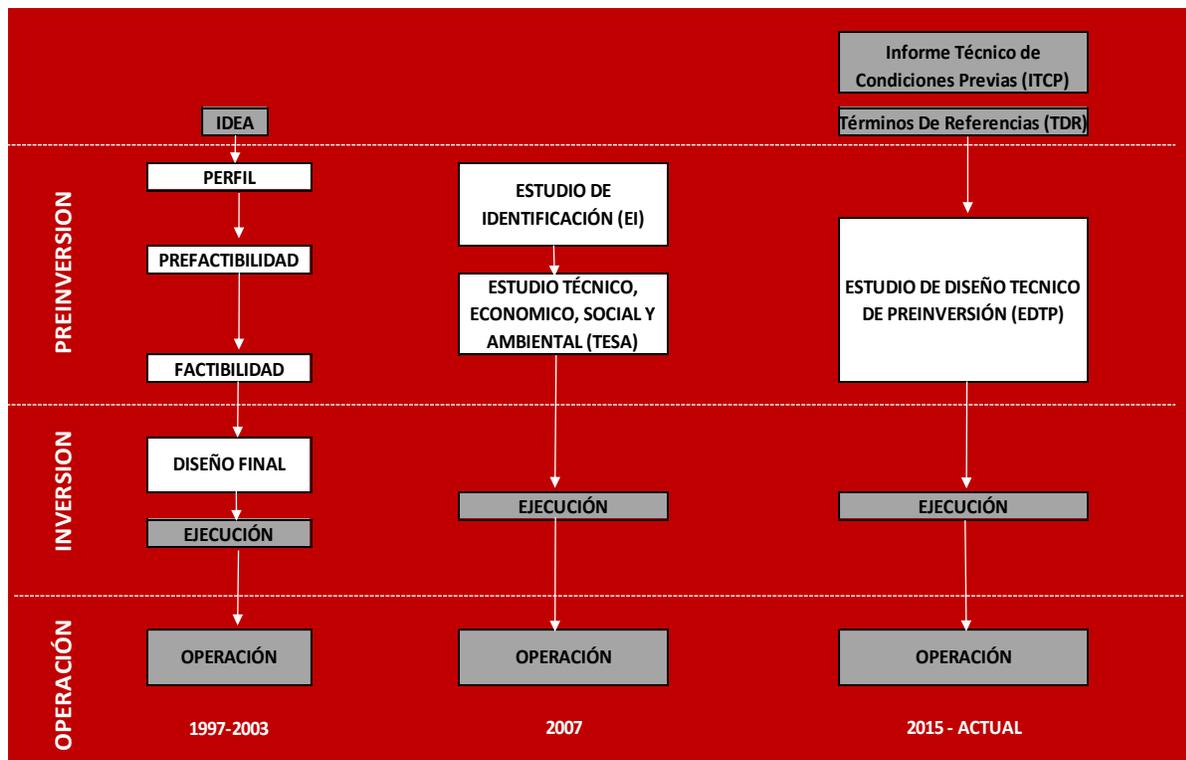


Figura 1. Ciclo de proyecto de inversión pública en Bolivia

Fuente: VIPFE – Reglamento Básico de Preinversión, (2015).

2.2.5 Proyectos de Reinversión Pública en Bolivia

Según el VIPFE (2015), indica en el Reglamento Básico de Preinversión; Artículo 1. Preinversión: Es la fase del ciclo del proyecto en la cual se elaboran estudios para la ejecución de proyectos de inversión pública, a través de una única etapa expresada en el “Estudio de Diseño Técnico de Preinversión”, estableciendo la viabilidad técnica, económica, financiera, legal, social, institucional, medio ambiental, de gestión de riesgos y adaptación al cambio climático. Esta fase se desarrolla a través de la preparación y evaluación de proyectos de inversión pública.

Artículo 8. Estudio de Diseño Técnico de Preinversión por Tipología de Proyectos; de acuerdo a sus objetivos y características, los estudios de preinversión responderán a la siguiente clasificación tipología de proyectos:

- I. Estudio de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Desarrollo Empresarial Productivo.
- II. Estudio de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Apoyo al Desarrollo Productivo.
- III. Estudio de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Desarrollo Social
- IV. Estudio de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Fortalecimiento Institucional
- V. Estudio de Diseño Técnico de Preinversión para Proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

2.2.6 Estudios de Diseño Técnico de Preinversión (EDTP) para Proyectos de Riego

El VIPFE (2015), indica en su Artículo 10. Estudio de Diseño de Preinversión para Proyectos de Apoyo al Desarrollo Productivo.

Es el estudio para proyectos que están orientados a crear y/o mejorar las condiciones para la actividad productiva del país, incrementando el capital físico mediante inversiones realizadas principalmente en infraestructura y equipamiento, y en

capacitación si corresponde, tales como: caminos, puentes, aeropuertos, represas, plantas hidroeléctricas, sistemas de riego, centros de extensión agropecuaria, etc.

Según MMAYA (2018), señala en la categorización de estudios de preinversión para proyectos de riego se tiene:

- ✚ Proyecto de Riego Menor: menos a 60 ha incrementales
- ✚ Proyecto de Riego Mediano: 60 a 500 ha incrementales
- ✚ Proyecto de Riego Mayor: mayor a 500 ha incrementales

2.3. Recursos Hídricos

Según Rocha (1993), para conocer el estado actual de los recursos hídricos de una región se tiene que empezar por hacer un inventario de ellos. Un inventario implica la recolección y procesamiento de datos obtenidos en la naturaleza, así como la interacción entre ellos. La recolección es la acumulación pasiva de datos: precipitación, caudales de los ríos, temperaturas, velocidad del viento, transporte de sedimentos y muchos otros más.

2.3.1. Agua

Según FPS (2011), el agua está presente en la naturaleza en varias formas (en los ríos, en las nubes, en los glaciares, en el mar), pero sólo algunas fuentes de agua pueden ser aprovechadas por el ser humano. Las aguas provenientes de estas fuentes se llaman Recursos Hídricos; por ejemplo, ríos, lagos y el agua subterránea.

Según Alicia (2012), el agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima.

Según Avilés (2006), la creciente necesidad de lograr el equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población se logrará armonizando la

disponibilidad natural con las extracciones del recurso mediante el uso eficiente del agua. La obtención del agua se da través de fuentes tales como ríos, arroyos y acuíferos del subsuelo.

2.3.1.1. Agua Superficial

Según Doménech & Peral (2012), indican que; el agua dulce superficial se encuentra en aguas de escorrentía como ríos y torrentes; donde en el curso alto el río se alimenta de agua de precipitación directa o indirecta por lo que su mineralización es baja. En los cursos bajos de mineralización es alta, producto de la disolución de sales, arrastre de partículas sólidas por erosión o de aportaciones antropogénicas diversas; es importante mencionar factores como velocidad del agua, etc.

2.3.1.2. Agua Subterránea

Según Duque (2017), las aguas subterráneas son las que se encuentran bajo la superficie del terreno o dentro de los poros o fracturas de las rocas, o dentro de las masas de regolito; en zonas húmedas a metros de profundidad, en desiertos a cientos de metros.

2.3.2. Recursos Hídricos en Bolivia

Van Damme (2002), indica; Bolivia pertenece a tres grandes cuencas hidrográficas: la Cuenca del Amazonas, la Cuenca del río de La Plata y la Cuenca Endorreica o Cerrada del Altiplano. Esta división generalmente es adoptada en la mayoría de los libros generales sobre el tema.

La FAO (2015), menciona que; la precipitación media anual en el Estado Plurinacional de Bolivia es de 1.146 mm, que aporta de 1.259 km³/año. Los recursos hídricos internos renovables (RHIR) se estiman a 303.5 km³/año. El sistema hidrográfico se divide en tres grandes vertientes:

- Amazonas, cubriendo el 66% de la superficie total del país, con los siguientes ríos principales: Madre de Dios, Orthon, Abuna, Beni, Grande, Mamoré e Itenéz.
- Plata, cubriendo el 20% de la superficie total del país, con los siguientes ríos principales: Pilcomayo, Bermejo, San Juan y Paraguay.

- La Cuenca cerrada del Altiplano, cubriendo el 20% de la superficie total del país, con los siguientes ríos principales: Desaguadero, Lago Titicaca, Poopó, Salares de Uyuni y Coipasa.

2.4. Riego

Según Gurovich (1985), define lo siguiente: el riego agrícola puede definirse como una técnica o práctica de producción; el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en éste el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

Según Demin (2014), los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber el agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario regar para reponerla y que quede disponible para las plantas. Existen diferentes métodos de riego. No existe uno mejor que otro, sino que cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en las eficiencias de aplicación del agua.

2.4.1. Sistema de Riego

Según Gurovich (1985), el sistema de riego es el conjunto de instalaciones técnicas que garantizan la organización y realización del mejoramiento de tierras mediante el riego. Y las parte que integran los sistemas como ser:

- a) Fuente de regadío (río, presa, pozo).
- b) Toma de agua cabecera.
- c) El canal principal o tubería.
- d) Los canales distribuidores o tuberías (primario, secundario, terciario).
- e) Red de drenaje destinada a evacuar excedentes de agua y de sales, así como de niveles freáticos excedentes.
- f) Las obras hidrotécnicas del sistema de riego (compuertas, válvulas, medidores, aliviadores).
- g) Las instalaciones adecuadas para garantizar el riego durante todo el ciclo.

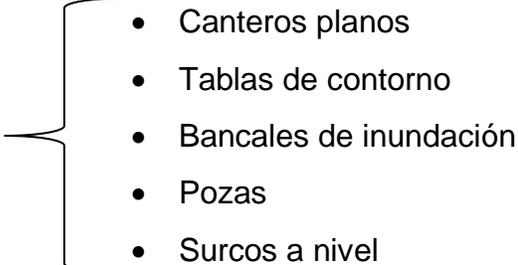
2.4.2. Métodos de Riego

Según Serrano (2010), indica; de acuerdo al régimen de circulación del agua, los métodos pueden agruparse en las siguientes modalidades:

a. Riego por Gravedad o Superficie

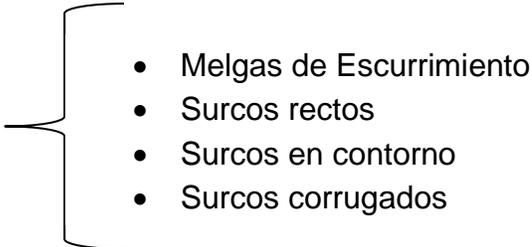
Riego por Inundación

El Suelo a nivel:

- 
- Canteros planos
 - Tablas de contorno
 - Bancales de inundación
 - Pozas
 - Surcos a nivel

Riego por Surcos

El Suelo con declive:

- 
- Melgas de Escurrimiento
 - Surcos rectos
 - Surcos en contorno
 - Surcos corrugados

b. Riego Presurizado

- Aspersión
- Goteo
- Microaspersión
- Microjeet

c. Riego Subterráneo o Sub – irrigación

- Sub – irrigación Natural
- Sub – irrigación Artificial

2.4.3. Riego Tecnificado

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2013), indica que; en estos sistemas de riego el agua se conduce a presión por tuberías y laterales de riego hasta las plantas, donde es aplicada desde emisores en forma de gotas (Goteo) o de fina

lluvia (microaspersión). También permiten la aplicación de fertilizantes junto con el agua de riego (fertiirrigación).

Presentan una alta eficiencia de aplicación (90-95%) del agua de riego y para su instalación, por lo general, no necesariamente de gran preparación del terreno por lo que se pueden emplear en terrenos con pendientes fuertes, sin necesidad de elevación.

2.4.3.1 Componentes de un Sistema de Riego Presurizado

- Fuente de abastecimiento de agua (toma de pozo directo o desde un reservorio)
- Cabezal de riego: compuesto por la bomba, filtros, unidad de fertirriego, válvulas y aparatos de control y medición.
- Tuberías de conducción (primaria, secundaria y/o terciaria).
- Válvulas de campo.
- Laterales de riego (de pared gruesa o cintas) con sus emisores (goteros o microaspersores).

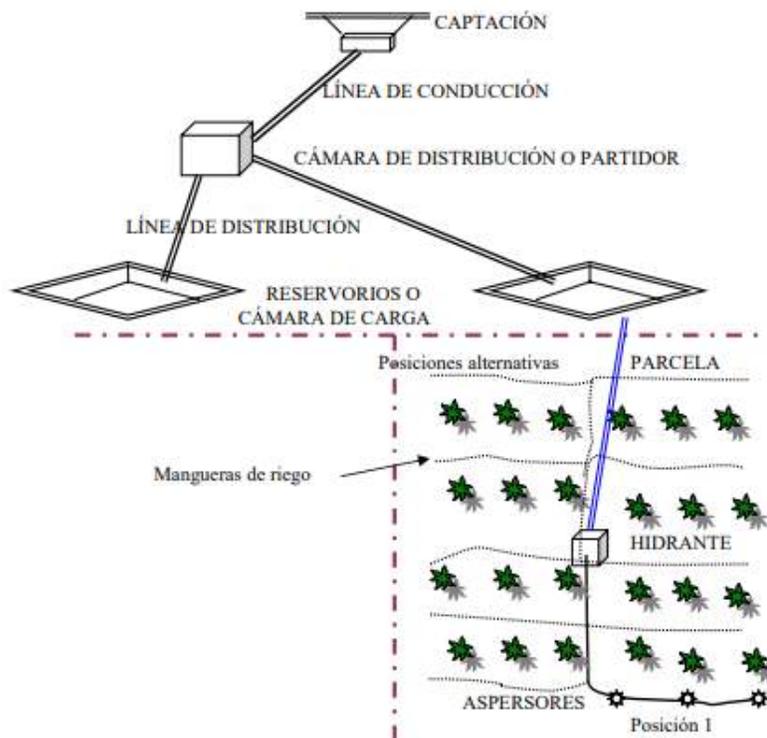


Figura 2. Esquema de un sistema de riego por aspersión en ladera

Fuente: Manual para el diseño y gestión de pequeños sistemas de riego por aspersión en laderas. Soto, (2012).

Para la instalación y distribución de aspersores, se muestra en la siguiente figura:

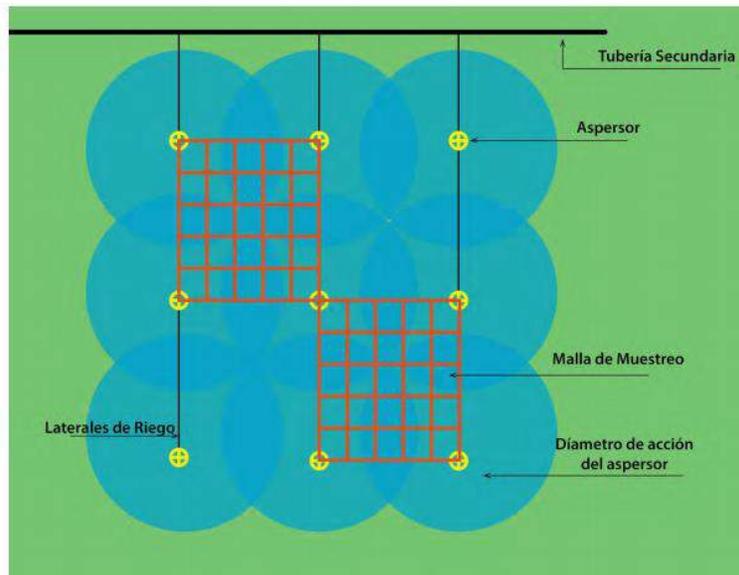


Figura 3. Esquema de instalación y distribución de aspersores

Fuente: Sistema de Riego Tecnificado. Huallya, (2019).

2.4.4. Datos de la Agricultura Bajo Riego en Bolivia

Según VRHR (2013), al año 2012 se cuenta un registro de 5.669 sistemas de riegos en el país, que riegan más de 303.000 hectáreas y son utilizados por más de 283.000 familias de agricultores, en las zonas secas de 215 municipios que se encuentran dentro de siete departamentos del país (Chuquisaca, Cochabamba, La Paz, Oruro, Potosí, Santa Cruz y Tarija). No se registraron sistemas de riego en Beni y Pando debido a que se encuentran en regiones de mayor pluviosidad, con una muy pequeña producción de hortalizas bajo riego.

Tabla 1. Resumen nacional de sistemas de riego Bolivia 2012

Número de Sistema de Riego	Regantes con Derechos (mujeres y varones)	Área Regada por año (ha) (invierno y verano)
5.669	283.427	303.201

Fuente: Sistema de Información de Riego. VRHR-PROAGRO, (2012).

2.4.5. Cambios Registrados en los Últimos 12 años (2000-2012)

Según el VRHR (2013), a nivel de país se observan incrementos en más de 76.00 hectáreas adicionales y 66.000 familias, que corresponden a 949 nuevos registros de sistemas de riego. Los detalles en el Tabla siguiente:

Tabla 2. Incremento de los sistemas de riego por departamento (2000 -2012).

Departamento	Sistemas Riego			Familias regantes			Área regada año (ha)		
	2000	2010	Incremento	2000	2012	Incremento	2000	2010	Incremento
Chuquisaca	678	746	68	17.718	21.071	3.353	21.168	29.721	8.553
Cochabamba	1.035	1.333	298	81.925	112.223	30.298	87.534	95.950	8.416
La Paz	961	1.072	111	54.618	64.969	10.351	35.993	54.002	18.009
Oruro	312	469	157	9.934	16.288	6.354	14.039	18.442	4.403
Potosí	956	1.068	112	31.940	36.567	4.627	16.240	27.785	11.545
Santa Cruz	232	306	74	5.865	9.663	3.798	15.239	31.645	16.406
Tarija	550	675	125	15.975	22.646	6.671	36.351	45.656	9.305
TOTAL	4.724	5.669	945	217.975	283.427	65.452	226.564	303.201	76.637

Fuente: Sistema de Información de Riego. VRHR-PROAGRO, (2012).

Actualmente, los departamentos con más sistemas de riego son: Cochabamba, La Paz y Potosí, siendo proporcional la cantidad de familias regantes. Nótese que por área total bajo riego destacan Cochabamba (32%), La Paz (18%) y Tarija (15%).

2.4.6 Categoría de Sistemas de Riego en Bolivia

Se ha utilizado el tamaño del área regada para establecer las categorías de sistemas de riego. Se observa que los sistemas pequeños (con áreas entre 10 y 100 ha.) son los más frecuentes en el país, cubren mayor proporción de superficie y atienden más regantes. Siguen en importancia los medianos y grandes.

Sin embargo, son los sistemas medianos (entre 100 y 500 ha.) los que ofrecen una mayor superficie: 1,60 hectáreas por familia regante. No se ha registrado información sobre los sistemas con menos de 2 hectáreas por familia.

Tabla 3. Sistemas de riego por categoría de magnitud

Departamento	Micro de 2 a 10 ha			Pequeños de 11 a 100 Ha			Medianos de 101 a 500 Ha			Grandes más de 501 ha		
	Sist.	Flias.	Área	Sist.	Flias.	Área	Sist.	Flias.	Área	Sist.	Flias.	Área
Chuquisaca	212	1.917	1.323	490	13.342	15.424	49	3.717	6.101	5	2.095	6.873
Cochabamba	343	5.697	2.247	791	40.841	28.873	270	32.698	35.597	29	32.987	29.233
La Paz	196	4.505	1.301	776	42.397	24.783	91	10.548	18.276	9	7.519	9.642
Oruro	221	3.835	1.302	230	8.956	6.576	14	1.110	2.485	4	2.387	8.079
Potosí	487	8.845	2.042	541	21.806	16.785	39	5.871	7.430	1	45	628
Santa Cruz	48	315	303	181	3.143	7.181	70	5.105	14.357	7	1.100	9.804
Tarija	11	1.055	749	450	11.744	17.437	105	7.421	20.724	9	2.426	6.746
TOTAL	1.618	26.169	10.167	3.459	142.229	117.059	528	66.470	104.970	64	48.559	71.005
Área/Familia	0,4 ha/flia			0,8 ha/flia			1,6 ha/flia			1,5 ha/flia		

Fuente: Sistema de Información de Riego. VRHR-PROAGRO, (2012).

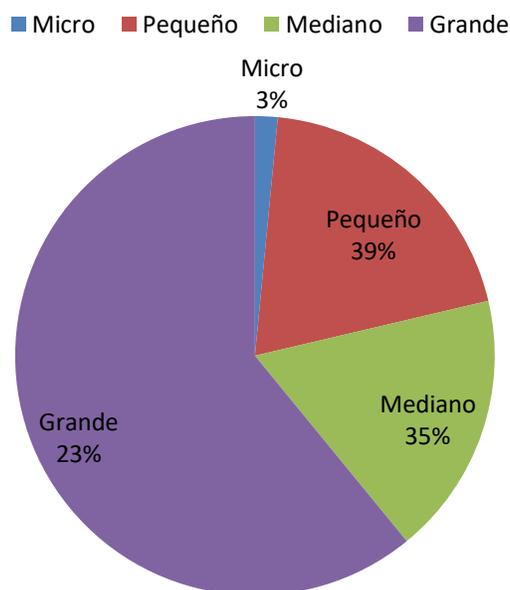


Figura 4. Área regada según categoría de sistemas (ha)

Fuente: Sistema de Información de Riego. VRHR-PROAGRO, (2012).

2.5. Cuenca hidrográfica

Según Cotler et al. (2013), las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica). En estos

territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre le medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructuras geomorfológicas y geológica).

2.5.1. Parámetros morfométricos de una cuenca hidrográfica

El análisis de las características morfométricas y funcionales de una cuenca hidrográfica a través de parámetros de forma, relieve y red de drenaje, es básico en la modelación hidrológica para determinar el movimiento y captación del agua de lluvia. (Gaspari et al. 2009)

Considerando que desde el punto de vista hidrológico se define cuenca hidrográfica como el territorio que ocupa el río principal y sus afluentes, cuyos límites (LC) son definidos por la topografía del terreno a partir de la divisoria de aguas topográfica. Esta divisoria de agua engloba en un mismo territorio a las vertientes o laderas (desde las cabeceras de cuenca y subcuencas hasta las cercanías del curso de aguas), a la llanura aluvial (rodeando al río y su cauce en todo su recorrido) y al río propiamente dicho.

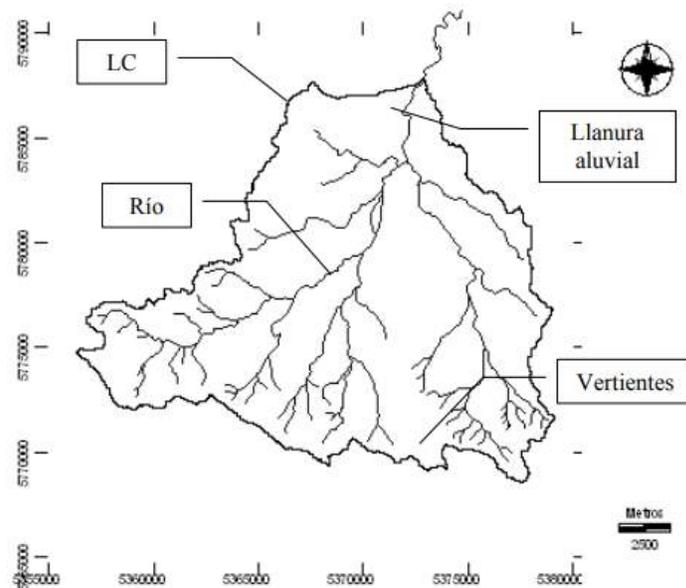


Figura 5. Delimitación de una cuenca hidrográfica

Fuente: Gaspari. et al, (2013).

Dentro de los parámetros de forma se tiene:

- **Perímetro (p).** Es la medición de la línea envolvente de la cuenca hidrográfica por la divisoria de aguas topográficas.
- **Longitud Axial (La).** Es la distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca. Es el mismo eje de la cuenca.
- **Área (A).** es la superficie encerrada por la divisoria de aguas. Su unidad de medida es kilómetro cuadrado.
- **Ancho promedio (Ap).** Es la relación entre la superficie de una cuenca con longitud axial.

2.5.2. Coeficiente de escorrentía (c)

Según Ibáñez, Moreno & Gilbert. (2000), citado por Mamani. (2016), el coeficiente de escorrentía (c) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo.

2.6. Estudio de un Proyecto de Riego

2.6.1. Estudio Topográfico

Según la FAO (2014), las restricciones impuestas por la topografía comprenden: ubicación de la fuente de agua, pendiente de la parcela, relieve y micro relieve del terreno. En general, el riego por superficie puede adaptarse a terrenos con relieve que va de plano a ondulado. Así, una topografía plana con pendiente de 0.2% es ideal para el riego por surcos y melgas rectas; contrariamente una topografía irregular con fuerte pendiente (8-10%), la alternativa sería el riego en contorno.

El riego presurizado se adapta a varias condiciones de topografía y pendiente. Así por ejemplo el riego por aspersión se puede implementar en suelos con pendientes hasta del 20%; en tanto que el riego por microaspersión y goteo en terrenos con pendientes de hasta 60%.

2.6.2. Estudio de Suelos

Según Soto (2002), el término “suelo” se usa a menudo de una forma vaga y significa cosas diferentes según la gente que lo emplea, incluyendo los científicos de suelo. Para los ingenieros civiles representa la parte no consolidada del material terrestre, para distinguirlo de la roca, para el agrónomo, el suelo es un medio para el crecimiento de las plantas, la producción de cultivos y está especialmente interesado en las condiciones de la parte superior de los mismos.

2.6.2.1. Propiedades Física del Suelo

- a) **Textura.** La textura se refiere al contenido porcentual de arena, limo y arcilla que un suelo presenta. Como estas fracciones tienen diferentes cualidades para transmitir o retener el agua, aire, nutrientes y otros, consiguientemente las combinaciones de estas fracciones en diferentes proporciones le proporcionan al suelo una fertilidad variada. (Orsag, 2010)

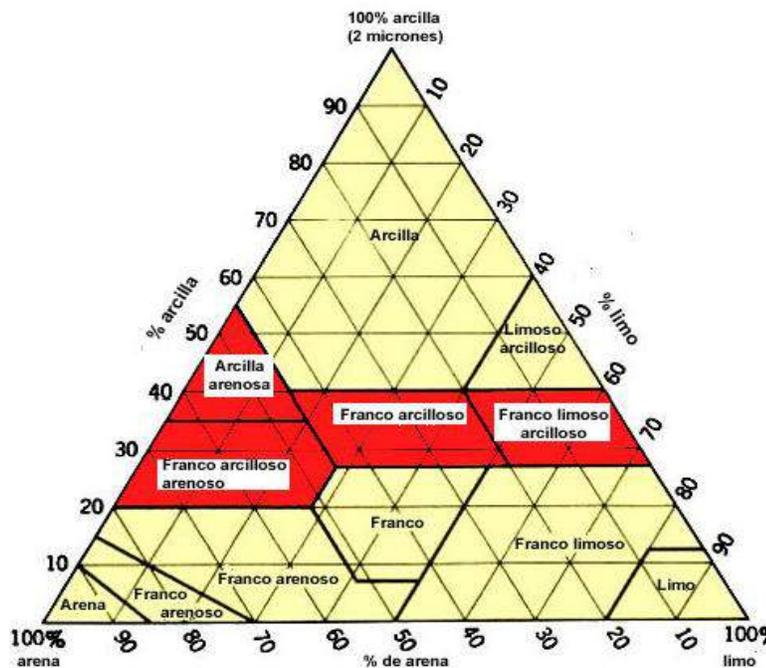


Figura 6. Triángulo textural

Fuente: Guía para la descripción de suelos. FAO. (2009).

- b) **Estructura:** se llama así a la disposición de las partículas para formar otras unidades de mayor tamaño o agregados. La estructura de un suelo se puede

modificar mas no así la textura. Los suelos pueden ser laminares, prismáticos, columnares, angulares, sub angulares o granulares. (Soto, 2002)

Según FAO (2001), describe las diferentes formas de la estructura:

- Laminar: los agregados del suelo se disponen en forma de lámina horizontal (en suelos vírgenes y subsuelo).
- Prismático: se orientan verticalmente en forma de columnas, los cuales son más comunes en los horizontes inferiores de las regiones áridas y semiáridas.
- Cuboides: los agregados se arreglan en forma de cubo o de bloques rectangulares. Casi todos se encuentran en los horizontes inferiores.
- Granular: los agregados son redondeados, sueltos y fácilmente separables. Es la estructura más común de las capas superficiales y ricas en materia orgánica.

c) Porosidad: Según Cairo (1995), la porosidad total se refiere a todo el espacio que no está ocupado por fracciones sólidas, minerales u orgánicas; diferentemente si éste está ocupado por agua o por aire en el momento del muestreo.

Tabla 4. Clasificación de la porosidad del suelo

Unidad (%)	Propiedades
<40%	Muy bajo
40 – 45	Bajo
45 – 55	Medio
55 – 65	Alto
>65	Muy alto

Fuente: Cairo, (1995).

2.6.2.2. Clasificación de suelos por su aptitud para riego

Según la FAO (1990), la estimación de la capacidad de la tierra para la irrigación es especialmente interesante para las regiones áridas y semiáridas. Las características y cualidades de la tierra, necesarias en la evaluación con fines de irrigación, son de

carácter climático, edáfico, de drenaje, hidrológicas, topográficas, de vegetación, técnicas, económicas, sociales y políticas. Es por ello que la planificación regional de un proyecto de irrigación necesita de soluciones multidisciplinarias.

La clasificación de suelos por su aptitud USBR, es un sistema clásico muy utilizado, que se basa en la existencia de correlaciones entre los diferentes factores que afectan la productividad bajo riego. La consideración de condicionantes económicos, como base de partida, dan lugar a unas clases de capacidades más realistas.

Tabla 5. Clases para evaluar la idoneidad de los suelos para soportar regadío según el USBR

Clase	Denominación	Evaluación
1	Arable	<ul style="list-style-type: none"> • Muy adecuada para el riego. • Nivel más alto de aptitud. • Producciones altas dentro del intervalo climatológico a un coste razonable.
2	Arable	<ul style="list-style-type: none"> • Conveniente para el riego. • Exige seleccionar los cultivos. Mayores gastos para producir.
3	Arable	<ul style="list-style-type: none"> • Marginalmente apta para riego. • Deficiencias importantes. Restringido número de cultivos.
4	Limitadamente arable	<ul style="list-style-type: none"> • Usos restringidos. Requieren estudios complementarios para verificar si son regables. • Puede ser regable para usos especiales (en ciertos casos frutales). • Clase provisional que agrupa los suelos de aptitud dudosa para ser transformados.
5	No arable	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere estudios posteriores.
6	No transformable	<ul style="list-style-type: none"> • No cumple las condiciones mínimas exigidas. • La capacidad de pago estimada se hace menor que los costes previstos de la transformación

Fuente: FAO, (1990).

2.6.2.3. El agua en el suelo

Según Gurovich (1985), presente el diagrama esquemático del suelo, útil para definir las relaciones de volumen y de masa entre sus tres fases. El histograma completo representa la masa y el volumen totales del suelo y está dividido en tres secciones que en general son cuantitativamente desiguales; la sección más baja representa la fase sólida, la sección media la fase líquida y la sección superior la fase gaseosa.

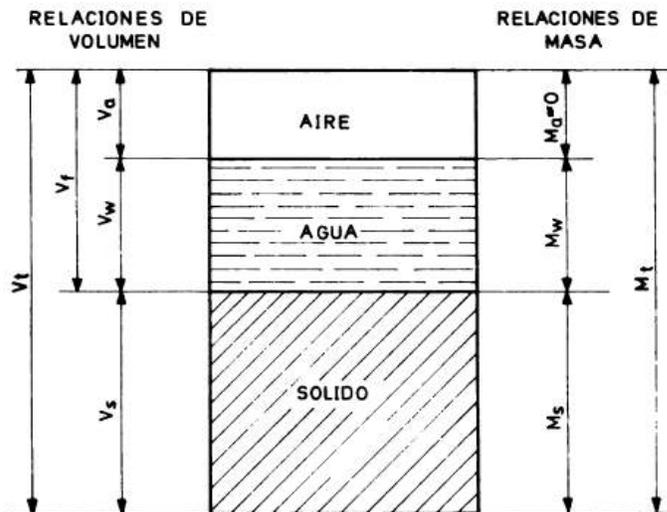


Figura 7. Diagrama esquemático del suelo como un sistema de tres fases

Fuente: Gurovich, (1985).

Según Serrano (2010); el porcentaje de agua y aire en el suelo es bastante dinámico, sufre modificaciones con el tiempo. Si el volumen de vacíos está totalmente ocupado por el agua, estaremos en el punto de saturación.

2.6.2.4. Fases de Agua en el Suelo

Es importante conocer la capacidad que tiene un suelo para almacenar agua, a efectos de reponer la cantidad necesaria para la evapotranspiración.

Los suelos arenosos tienen una gran proporción de poros grandes, que están ocupados por mucho aire y poca agua, mientras que los suelos arcillosos tienen una gran proporción de microporos, por lo tanto, los suelos arcillosos retienen más agua que los suelos arenosos.

Según Tarajuelo (1999) mencionado por Serrano. (2010), propone que el agua en el suelo puede agruparse mediante tres estados de fijación siguientes:

- **Agua Gravitacional:** es aquella que momentáneamente llena los grandes poros del suelo, pero que es arrastrada por la acción de la gravedad en los suelos correctamente drenados.

- **Agua Capilar:** es el agua retenida en los poros del suelo venciendo la acción de la gravedad. De ésta una parte es más móvil y disponible por las plantas y otra está unida con más fuerza a las partículas del suelo.
- **Agua Higroscópica:** es el agua fuertemente fijada por las partículas del suelo. No es disponible por las plantas.

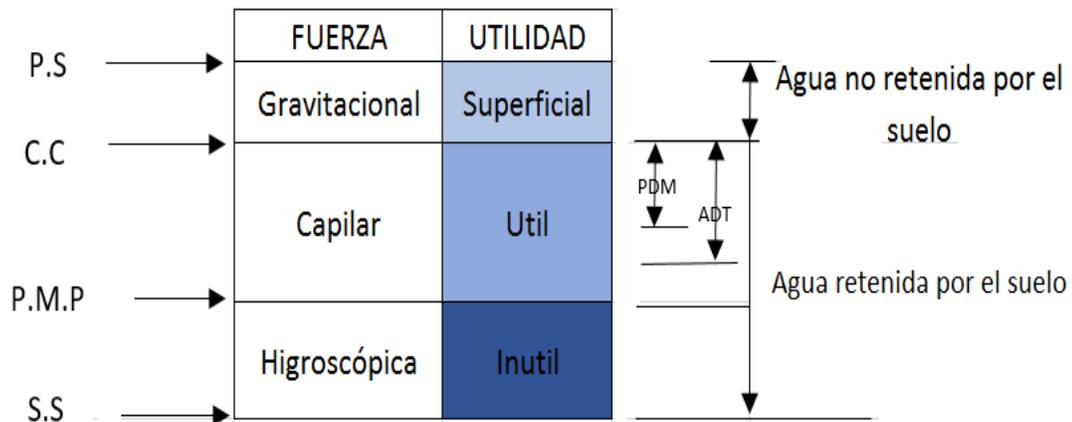


Figura 8. Agua en el suelo

Fuente: Serrano, (2010).

Se dice que el suelo está saturado, cuando todos los poros del suelo están ocupados por el agua después de un riego abundante o una precipitación copiosa, por tanto, la fórmula anterior nos determina la cantidad de agua que está en exceso.

- Capacidad de Campo (C.C.);** un suelo se encuentra a Capacidad de Campo luego de haber eliminado por gravedad la mayor cantidad de agua, por lo general se llega a CC en aproximadamente 48 horas después del punto de saturación, en tanto que en suelos arcillosos se puede llegar a CC en 72 horas aproximadamente.
- Punto de Marchitez Permanente (P.M.P);** de acuerdo con Pizarro (1987) mencionado por Serrano (2010), el P.M.P. se caracteriza por que las plantas absorben el agua del suelo con mucha dificultad y experimentan una marchitez irreversible. Esta marchitez no depende sólo de la humedad del suelo, ya que intervienen también las condiciones meteorológicas, densidad de raíces, condiciones osmóticas de la conclusión del suelo, etc. Sin embargo, numerosas

mediciones han mostrado que ese estado corresponde a un potencial mátrico comprendido entre -10 y -20 bares, con un valor aproximado de -15 bares.

- c) **Suelo Seco (S.S.);** a partir del punto de marchitamiento, el suelo pierde agua por evapotranspiración cuando se deja secar al aire, pero todavía queda cierta cantidad de agua que solamente se puede sacar sometiendo al suelo a un secado de varias horas en una estufa.

2.6.2.5. Movimiento del agua en el Suelo

Según la FAO (1999), la cantidad de agua presente en el suelo que está disponible para la producción de cultivos dependerá de cuánta agua de lluvia permanece en el suelo después de las pérdidas por escorrentía, evaporación y drenaje profundo. La cantidad de lluvia que llega a las capas subterráneas y que contribuye de esta manera a la seguridad hídrica, dependerá de la medida en que la cantidad de agua de lluvia que se infiltra en el suelo sea excesiva para reabastecer la capacidad de retención de agua y satisfacer las necesidades de transpiración de los cultivos.

Cuando un suelo bien drenado está saturado hasta el límite de su zona radical, el agua de lluvia que no drena fuera de esa zona es un plazo de 48 horas será retenida en los poros del suelo menores de 0,05 mm de diámetro (el tamaño crítico de los poros puede variar entre 0,03 y 0,1 mm de diámetro). Cantidad de agua retenida después de 48 horas corresponde a la capacidad de campo del suelo. Las fuerzas (o succiones) con las cuales esta agua es retenida variará de acuerdo al tamaño de los poros.

Según Serrano (2010), el movimiento cíclico del agua en el suelo comienza con su entrada en el perfil a través de los procesos de infiltración o ascenso desde el nivel freático, continua con su almacenamiento temporal en la zona de enraizamiento y termina con su remoción del suelo por el drenaje, la absorción por las plantas y/o evaporación. En resumen, los procesos implicados en este movimiento son:

- Entrada del agua en el suelo (infiltración y ascenso capilar desde la capa freática).
- Redistribución del agua entre los diferentes puntos del suelo.
- Salida del agua del suelo (evaporación, percolación y absorción por las plantas).

2.6.2.6. Velocidad de infiltración del agua

Según PRONAMACHCS (2005), el proceso a través del cual el agua ingresa al suelo, se denomina infiltración. En otras palabras, es la capacidad del suelo para absorber el agua aplicada mediante el riego o en forma natural, mediante la lluvia.

Este concepto es uno de los más importantes en la práctica de riego porque interviene en la determinación de “cuánta agua” se debe aplicar al suelo. Por otro lado, la velocidad de infiltración del suelo es un factor fundamental en el diseño de los diferentes sistemas de irrigación, ya sean estos gravitacionales (surcos, melgas, etc.) a presión (aspersión, microaspersión, goteo o exudación)

La velocidad de infiltración indica la capacidad del suelo de absorber agua. Al principio (cuando el suelo está más seco) la velocidad de infiltración es más rápida, luego disminuye hasta que llega un momento en que se hace más o menos constante

Tabla 6. Valores referenciales de la velocidad de infiltración en función de la textura del suelo (mm/h)

Textura	Velocidad infiltración (mm/h)
Arenoso	20 – 25
Franco arenoso	15 – 20
Franco	10 – 15
Franco arcilloso	8 – 10
Arcilloso	<8

Fuente: PRONAMACHCS, (2005).

2.6.2.6.1 Medición de la velocidad de infiltración

Según Gurovich (1985), describe dos métodos de medición las cuales son:

- a) **Cilindros infiltrómetros;** el movimiento de agua desde un cilindro infiltrómetro se produce en dirección descendente, a causa de la aplicación de una lámina de agua medida en el cilindro a diferentes tiempos. Los resultados que se obtienen indican a menudo una considerable variación en los valores de infiltración, en áreas aparentemente uniformes los instrumentos más usados en el estudio de la

velocidad de infiltración del suelo. Dobles cilindros (con el objetivo de minimizar el flujo lateral del cilindro central), con una determinada lámina de agua, instalados en diferentes lugares del predio según variaciones de suelo, permiten el movimiento de agua en dirección descendente.

- b) **Surcos infiltrómetros;** el método de surcos infiltrómetros también se denomina de entrada y salida de agua. Este método, descrito por Shockley, determina la velocidad de infiltración mediante el aforo de agua a la entrada y salida de un surco. La diferencia entre la cantidad de agua que entra y la que sale puede considerarse representativa de la infiltración. En este caso sólo una parte del suelo se encuentra en contacto con el agua; la infiltración total del terreno regado dependerá tanto de la infiltración vertical como la infiltración lateral entre surcos consecutivos

2.6.3. Estudio de calidad de Agua

Según Heredia (2002), la calidad de agua queda definida por su composición y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de sus componentes, sólo o en conjunto, permitiendo de esta forma establecer posibilidades de utilización.

La “calidad” debería ser una característica determinada para cada zona, donde se tuvieran en cuenta los sistemas de riego a usar, los suelos y las aguas presentes en cada región, es decir, deberían surgir parámetros de uso adaptados a cada situación específica.

En esta clasificación, se combinan los valores de CE y RAS, teniendo en cuenta, además, la concentración de iones tóxicos para los cultivos. Si bien la combinación de la misma que hace reversible, en ésta se considera, que ha mediad que aumenta la concentración salina en el agua (CE) de riego, disminuye el riesgo de sodificación y por consiguiente se mantiene la estabilidad coloidal, no habiendo un efecto negativo sobre la infiltración.

La fórmula de RAS es la siguiente:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg/2}} \quad (1)$$

Donde:

RAS: Relación de Adsorción de Sodio

Na: Sodio⁺

Ca: Calcio⁺⁺

Mg: Magnesio⁺⁺

Tabla 7. Valores considerados normales en su análisis de agua para riego

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores normales en aguas de riego
SALINIDAD			
<u>Contenido en sales</u>			
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	0 - 3
Total, sólidos en solución	TSD	mg/l	0 - 2000
<u>Cationes y aniones</u>			
Calcio	Ca	meq/l	0 - 200
Magnesio	Mg	meq/l	0 - 5
Sodio	Na	meq/l	0 - 40
Carbonatos	CO	meq/l	0 - 0,1
Bicarbonatos	HCO ₃	meq/l	0 - 10
Cloro	Cl	meq/l	0 - 30
Sulfatos	SO ₄	meq/l	0 - 20
NUTRIENTES			
Nitrato-nitrógeno	NO ₃ - N	mg/l	0 - 10
Amonio-nitrógeno	NO ₄ - N	mg/l	0 - 5
Fosfato-fósforo	PO ₄ - P	mg/l	0 - 2
Potasio	K	mg/l	0 - 2
VARIOS			
Boro	B	mg/l	0 - 2
Acidez o basicidad	pH	1- 14	6 - 8,5
Relación de adsorción de sodio	RAS	meq/l	0 - 15

Fuente: Monge, (2020).

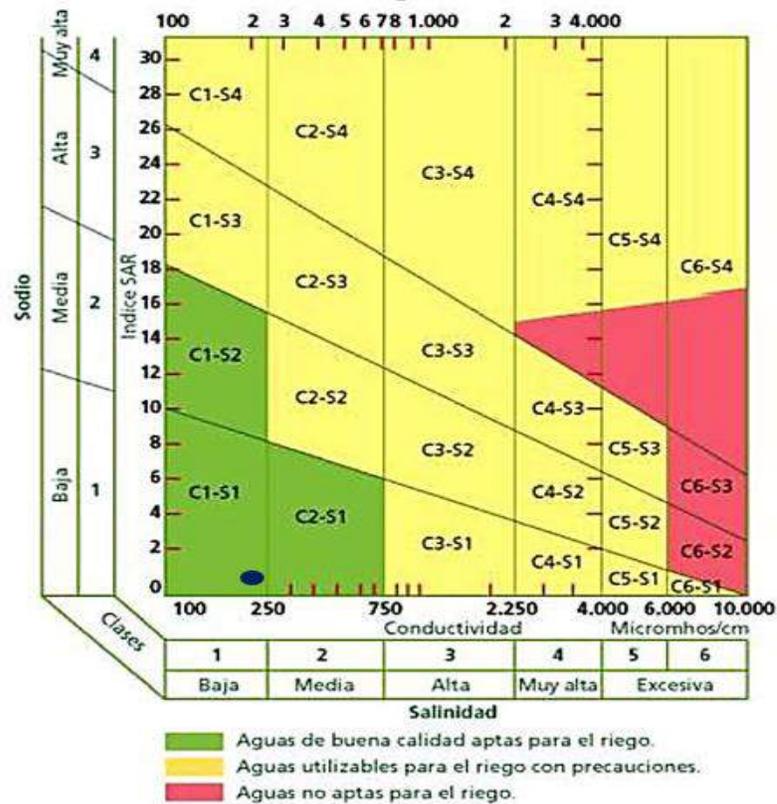


Figura 9. Diagrama para la clasificación de las aguas para
Fuente: Riego y Drenaje. FAO, (1996).

2.6.4 Estudio Climatológico

El clima es fundamental para establecer las posibilidades de producción agrícola en un lugar específico, por lo que se debe disponer de información básica necesaria en cuanto a elementos meteorológicos prevalecientes de la zona, con datos de varios años. Esto permite la aplicación de una serie de fórmulas empíricas para determinar las necesidades de agua de los cultivos a establecer en el proyecto (Valverde, 1988 citado por Vargas, 2016).

2.6.4.1 Relación suelo – agua – planta

Según PRONAMACHCS (2005), comprende aquellas propiedades físicas del suelo y fisiológicas de la planta que afecten el movimiento, retención y consumo de agua por los cultivos y que deben ser consideradas en el diseño, instalación, operación y conservación de los sistemas de riego.

Para la planificación de un sistema de riego, debe considerarse algunos factores básicos como son:

- La velocidad de infiltración de agua en el suelo
- La capacidad de retención de agua en el suelo
- Las características del flujo del agua en el suelo
- La magnitud en profundidad del sistema de raíces, que es característica de cada especie
- La cantidad de agua que necesita el cultivo para su crecimiento y desarrollo.

El conocimiento de todos estos procesos y de sus relaciones mutuas es de fundamental importancia para el uso más eficiente del recurso hídrico y para tecnificar y modernizar la práctica agronómica más importante en la producción de cultivos; el riego.

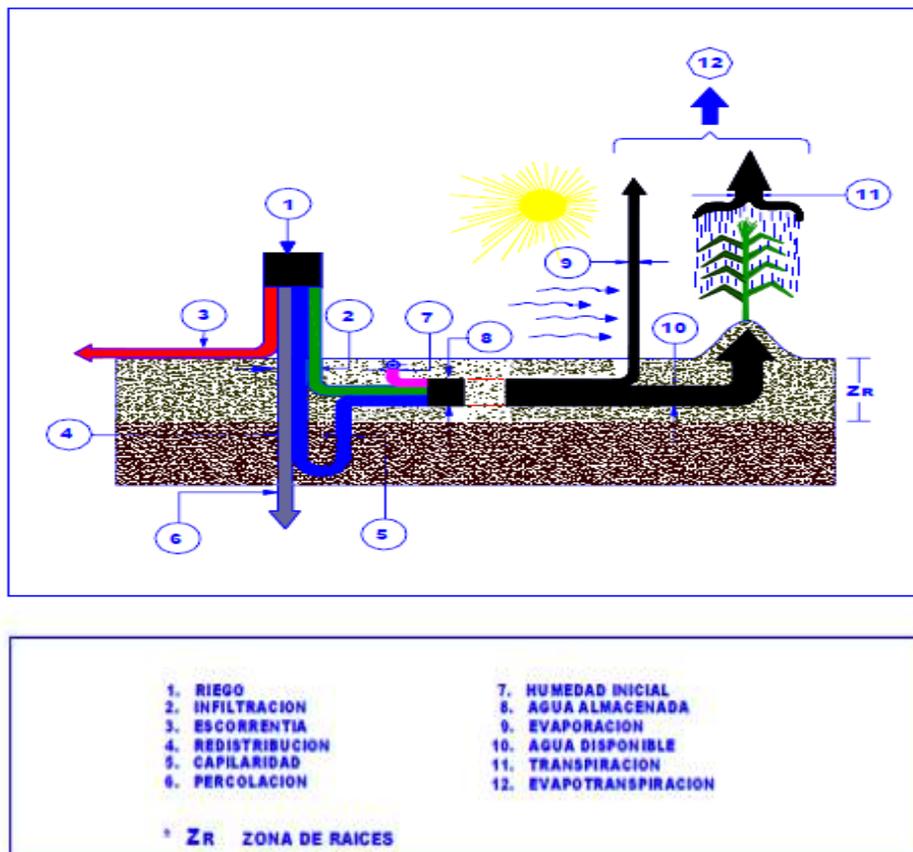


Figura 10. Balance hídrico en el sistema suelo - planta -

Fuente: PRONAMACHCS (2005).

2.7 Diseño de componentes de Ingeniería

2.7.1 Obras de Captación

Una presa está constituida principalmente por la presa misma, apoyada en el terreno a través de los estribos laterales y de su fundación (hay distintos tipos de presa según los materiales con que se construye).

- El embalse que contiene cierto volumen de agua, aguas arriba de la presa.
- La obra de toma y su conducción hacia aguas abajo, que permite toma y conducir el agua hacia el uso que este tiene asignado.
- El aliviadero o vertedero, que permite evacuar sin daños por erosión los excesos de agua, evitando que el nivel del embalse suba más de lo permitido e impidiendo con cello el sobrepaso de presa.

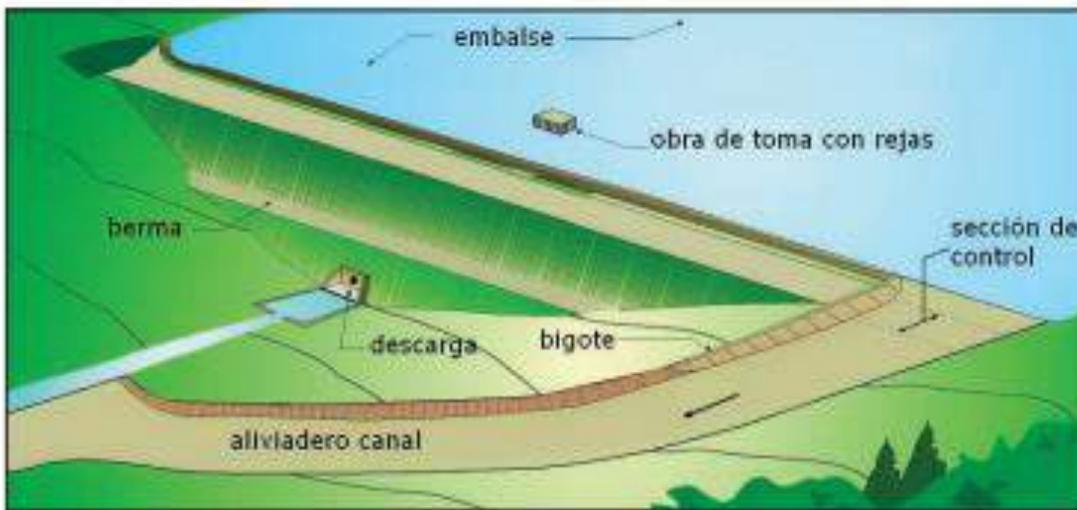


Figura 11. Elementos consecutivos de una presa

Fuente: Manual de construcción de presas pequeñas, MVOTMA (2011).

2.7.2 Obras de Conducción (a gravedad o presión)

La conducción consiste en transportar el agua desde el sitio de captación hasta el área de riego. Como generalmente la disponibilidad de agua en las zonas de laderas es reducida, se hace necesario transportarla por medio de ductos cerrados, que pueden ser tubería de P.V.C., etc. o canales revestidos que garanticen una buena eficiencia en la conducción.

En los sistemas de riego por aspersión, la red de riego se encuentra constituida normalmente por una o dos tuberías principales, y varias tuberías secundarias o ramales, con varios hidrantes destinados a proveer de agua a las de riego las cuales van los aspersores. (MINAGRI, 2014).

2.7.3 Diseño de riego tecnificado (aspersión)

2.7.3.1 Diseño Agronómico

Según Hoogendam & Ríos (2008), indican; el diseño del sistema tecnificado debe responder a los requerimientos de reposición de agua a los cultivos y al suelo. Los valores de requerimientos provienen del diseño agronómico, que combina datos de los cultivos y del suelo para así determinar láminas de aplicación y los intervalos entre las aplicaciones.

1. **Balance Hídrico** el balance hídrico expresa la relación entre la oferta y demanda de agua para riego. Normalmente se calcula por mes. Para el diseño es un parámetro que ayuda a evaluar si en toda la época de crecimiento hay suficiente agua en la fuente para satisfacer la suma de requerimientos de los cultivos en el área de influencia.

Se tiene softwares donde se realiza el cálculo del balance hídrico como el ABRO 02 ver. 3.1.

Figura 12. Software ABRO 02 ver 3.1

Fuente: Dirección General de Riego, (2003).

1. **Humedad aprovechable (Lam):** en base a los datos obtenidos del suelo, ya sea de manera directa o indirecta o estimados a partir de la textura, de capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente y densidad aparente de cada extracto de perfil y con la profundidad de raíces de los cultivos se determina la lámina de riego.

$$\mathbf{Lam} = \mathbf{HA} \frac{(\mathbf{CC-PMP})}{100} * \mathbf{Dap} * \mathbf{Pr} \quad (2)$$

Donde:

Lam : Lámina de agua (mm)
 Ha : Humedad aprovechable
 CC : Capacidad de Campo (%)
 PMP : Punto de Marchitez Permanente (%)
 Dap : Densidad aparente (gr/cm³)
 Pr : Profundidad de raíces (m)

Fuente: Guías para la elaboración de estudios de diseños técnico de preinversión. MMAYA, 2018).

2. **Cálculo de lámina neta (Ln):**

$$\mathbf{Ln} = \mathbf{Lam} = \mathbf{HA} * \mathbf{NR} * \mathbf{PAR} \quad (3)$$

Donde:
 Ln : Lámina neta (mm)
 Lam : Humedad fácilmente aprovechable (mm)
 HA : Humedad aprovechable (%)
 NR : Nivel de reposición (Criterio de riego)
 PAR : Porcentaje de área a regar (1 para riego por aspersión)

Fuente: Guías para la elaboración de estudios de diseños técnico de preinversión. MMAYA, (2018).

3. **Cálculo de lámina bruta (Lb):**

$$\mathbf{Lb} = \frac{\mathbf{Ln}}{\mathbf{Ea}} \quad (4)$$

Donde:

Lb : Lámina bruta de riego (mm)
Ln : Lámina neta de riego (mm)
Ea : Eficiencia de aplicación (%)

Fuente: Guías para la elaboración de estudios de diseños técnico de preinversión. MMAYA, (2018).

4. Frecuencia de riego (F): dada por la siguiente fórmula:

$$F = \frac{Ln}{ETc} \quad (5)$$

Donde:

F : Frecuencia (día)
Ln : Lámina neta de riego (mm)
ETc : Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/día)

Fuente: Guías para la elaboración de estudios de diseños técnico de preinversión. MMAYA, (2018).

5. Área de influencia (AR): se debe estimar el área el área de influencia que puede regarse con el volumen disponible con la siguiente fórmula:

$$AR = \frac{\text{Volumen disponible (m}^3\text{)}}{\text{Lámina bruta (mm)}} \quad (6)$$

Fuente: Manual de riego tecnificado para los valles. Hoogendam & Rios, (2008).

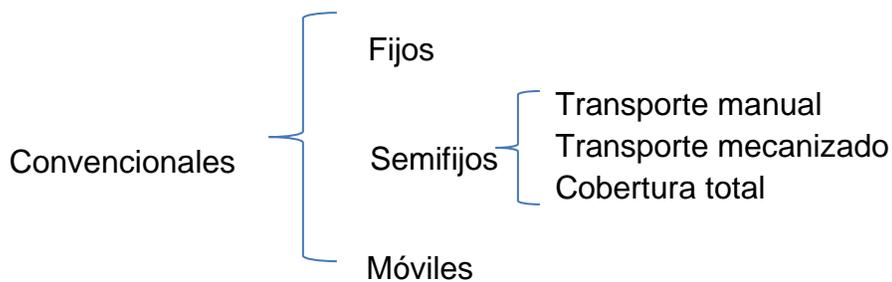
6. Sectores de riego y ubicación de hidrantes: se define el sector de riego como un conjunto de parcelas próximas que son regadas simultáneamente y bajo las mismas modalidades de entrega de agua (frecuencia, tiempos de aplicación y lámina).

Al definir los sectores, se busca equilibrar áreas de similar tamaño, consumo de agua y carga de presión para facilitar la futura operación del sistema.

Un sector cuenta con uno o varios hidrantes. La ubicación de los hidrantes está en función de límites de parcelas y radios de cobertura de los laterales. Como un hidrante normalmente tiene que abastecer a varios terrenos y usuarios, los mismos agricultores tienen que consensuar su ubicación dentro de los límites físicos existentes.

- 7. Elección del tipo de aspersor:** la irrigación por aspersión constituye en uno de los métodos más utilizados, debido a su versatilidad, facilidad de manejo, adaptación a diversos cultivos y topografía de terreno. En su mecanismo de funcionamiento y formas de instalación también son variados, desde los convencionales hasta los sistemas mecanizados con funcionamiento automático.

Es importante clasificar los sistemas de riego por aspersión en función a su movilidad:



Fuente: Serrano, (2013).

- 7.1 Elección de aspersores mediante catálogo:** se tiene los siguientes catálogos para la elección de aspersores de acuerdo a las características que se requieran para la elaboración de proyectos de riego tecnificado

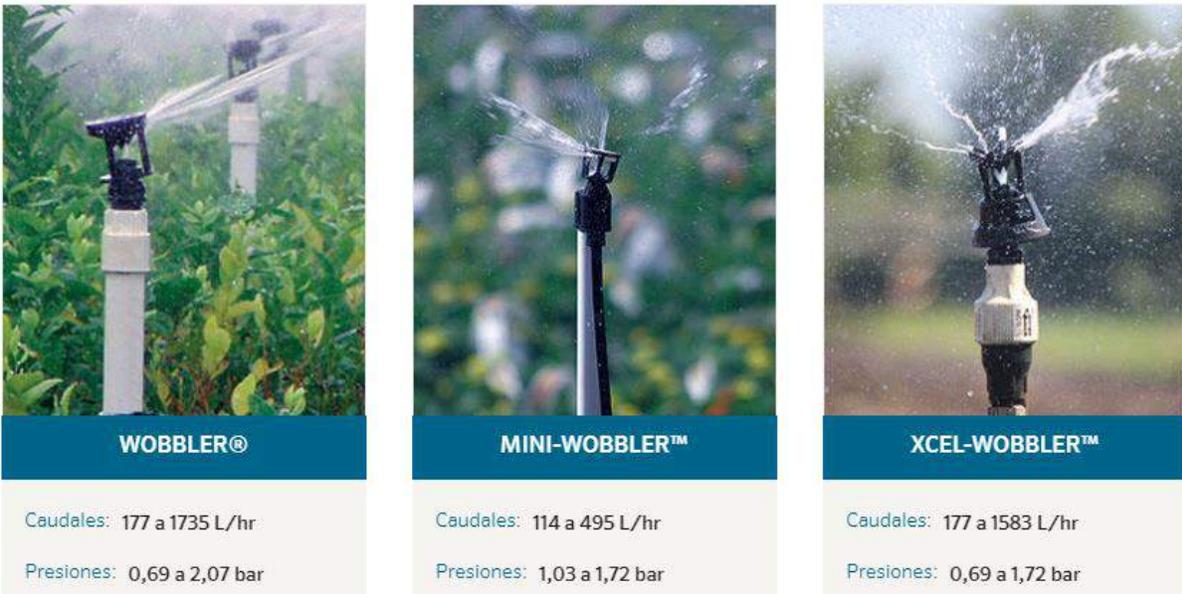


Figura 13. Aspersores Wobbler – cobertura total

Fuente: Productos para riego agrícola Aspersores Wobbler. Senninger®, (2020).



Figura 14. Catálogo de aspersores

Fuente: Catálogo de aspersores. Naandanjain Irrigation, (2020).

7.2 Espaciamiento entre aspersores: el espaciamiento es determinado por la cobertura circular del aspersor en el suelo y la velocidad del viento.

Tabla 8. Espaciamiento entre aspersores y condiciones específicas de viento

Tipo de espaciamiento	Velocidad de viento	Distancia entre aspersores
Espaciamiento cuadrangular y rectangular	Sin viento 2 m/seg 3.5 m/seg Más de 3.5 m/seg	65% del diámetro 60% del diámetro 50% del diámetro 30% del diámetro
Espaciamiento triangular o escalonado	Sin viento 2 m/seg 3.5 m/seg Más de 3.5 m/seg	75% del diámetro 70% del diámetro 60% del diámetro 35% del diámetro

Fuente: Manual de información Técnica de NANN, citado por Soto. (2002).

2.7.3.2 Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico de un sistema se entiende como la selección y el dimensionamiento de todos los equipos, piezas y estructuras que conforman la red de captación, conducción y distribución. En el diseño hidráulico se definen y calculan: presiones en hidrantes, sectores de presión similar, longitudes y dimensiones de laterales, secundarios y de la tubería principal, accesorios, cámaras y obras complementarias.

La clave para el diseño hidráulico de sistemas de aspersión radica en el emisor que se utilice, por lo que es necesario otorgar principal atención a su selección y propuesta de operación.

- a) Caudal del emisor:** los emisores de riego tienen descargas de caudal en función de la presión que son sometidos y las características de fabricación del emisor.

$$q_e = k * P_e^x \quad (7)$$

Donde:

- q_e : Caudal del emisor (l/h)
 k : Características del emisor (adimensional)
 P_e^x : Presión del emisor (mca)

Fuente: Manual de riego tecnificado para los valles. Hoogendam & Rios, (2008).

- b) Tasa de aplicación de riego:** con el dato de caudal de emisor (q_e) es posible obtener la tasa de aplicación en mm/hr del emisor:

$$I = \frac{q_e}{b*r} * 1000 \quad (8)$$

Donde:

I : Tasa de aplicación (mm/hr)
 q_e : Caudal del emisor (l/h)
 b : Espaciamiento entre emisores en el lateral (m)
 r : Espaciamiento entre laterales (m)

Fuente: Manual de riego tecnificado para los valles. Hoogendam & Rios, (2008).

c) Tiempo de aplicación (Tap): la tasa de aplicación calculada debe ser menor a la velocidad básica de infiltración del terreno, de manera que todo el flujo que ingrese al perfil del terreno y no exista empozamiento o escurrimiento superficial. El tiempo requerido para aplicar una lámina deseada este dado por:

$$Tap = \frac{Lb}{I} \quad (9)$$

Donde:

Tap : Tiempo de aplicación (hr)
 Lb : Lámina bruta (mm)
 I : Tasa de aplicación (mm/hr)

Fuente: Manual de riego tecnificado para los valles, Hoogendam & Rios, (2008).

d) Ecuaciones de pérdida de carga

1. Hazen – Williams

$$H_f = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,871} * L \quad (10)$$

Donde:

H_f = Pérdidas de carga por fricción (mca)
 Q = Caudal (m³/h)
 C = Coeficiente de rugosidad (para PE y PVC = 140)
 D = Diámetro interior (mm)
 L = Longitud (m)

Fuente: Guías para la elaboración de estudios de diseños técnico de preinversión. MMAYA, (2018).

2. Darcy - Weisbach

$$H_f = f \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g} = 8f \frac{L \cdot Q^2}{d^5 \cdot g \pi^2} \quad (11)$$

Donde:

- H_f** = Pérdidas por fricción (m.c.a)
- Q** = Caudal (m³/s)
- C** = Factor o coeficiente de rugosidad
- g** = Aceleración de la gravedad (m/s²)
- d** = Diámetro de tubo (m)
- L** = Longitud de tubería (m)
- v** = Velocidad media (m/s)

Fuente: Ingeniería del riego tecnificado. Serrano, (2014).

3. Presión mínima en un hidrante

$$P_H = P_n + 0,77 * \Delta H_L \mp \Delta Z \quad (12)$$

Donde:

- P_H** : Presión nominal en hidrante (m.c.a.)
- P_n** : Presión nominal del aspersor (m.c.a.)
- ΔZ** : Diferencia de altura entre hidrante y primer hidrante (m.c.a.)

Fuente: Manual de riego tecnificado para los valles. Hoogendam & Rios, (2008).

2.7.3.4 Software Gestar

Según la Universidad de Zaragoza (2016), Gestar se constituye en el paquete informático de referencia para la ingeniería de sistemas de riego a presión (redes de distribución colectivas y sistemas de aplicación del riego en parcela). Sus herramientas y módulos, específicamente concebidos para el contexto de los riegos a presión, y largamente contrastados, faculta para su mejor diseño, ejecución y gestión, con una amplia integración de recursos, muchos de ellos disponibles de forma exclusiva, y una larga trayectoria de innovaciones y aplicaciones a grandes y pequeños sistemas.

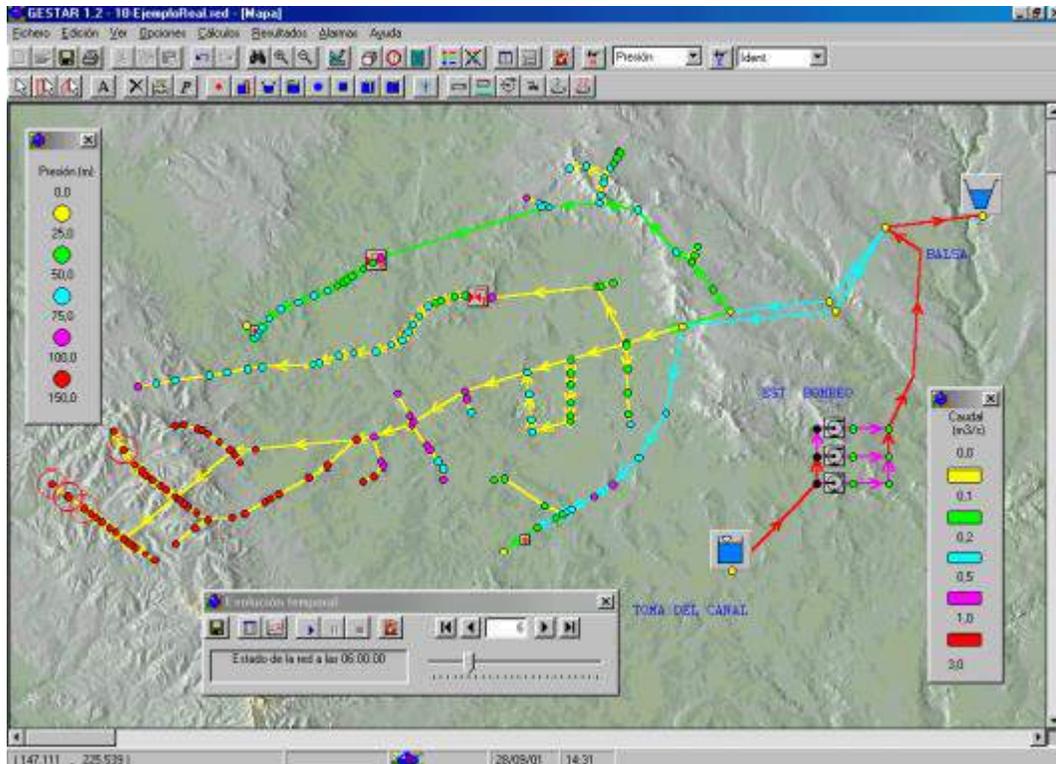


Figura 15. Software Gestar v.1 2016

Fuente: Universidad de Zaragoza, (2016).

2.8 Planillas Parametrizadas

Según VIPFE (2010), las Planillas Parametrizadas tienen como objeto el proveer una herramienta ágil y eficiente en el proceso de formulación y evaluación de los Proyectos de Inversión. Ellas reflejan los contenidos de los diferentes manuales metodológicos elaborados para cada sector, y deben ser utilizadas en concordancia con los mismos, pues en los manuales están consignados todos los elementos teóricos que es necesario tener en cuenta para la formulación de un proyecto y la planilla solamente es eficaz como ayuda computacional para la parametrización de los mismos.

Las planillas permiten al usuario consignar la información básica de los Proyectos y ejecutan automáticamente las operaciones necesarias para el cálculo de indicadores que permitan decidir sobre la viabilidad y eficacia de ellos.

2.8.1 Organización de las planillas

Las planillas se dividen en ocho hojas:

- Preparación
- Alternativas
- Evaluación privada
- Evaluación socioeconómica
- Indicadores
- Análisis de Sensibilidad
- Financiamiento
- Conclusiones y Recomendaciones.



Figura 16. Planillas parametrizadas

Fuente: VIPFE, (2010).

PARTE III

3. SECCIÓN DIAGNÓSTICA

3.1. Descripción general de la zona de estudio

3.1.1. Localización

El proyecto “Sistema de Riego Ventanani (Santiago de Llallagua)”, se encuentra en la sexta Sección Municipal - Colquencha, Cantón Santiago de Llallagua de la Provincia Aroma del departamento de La Paz.

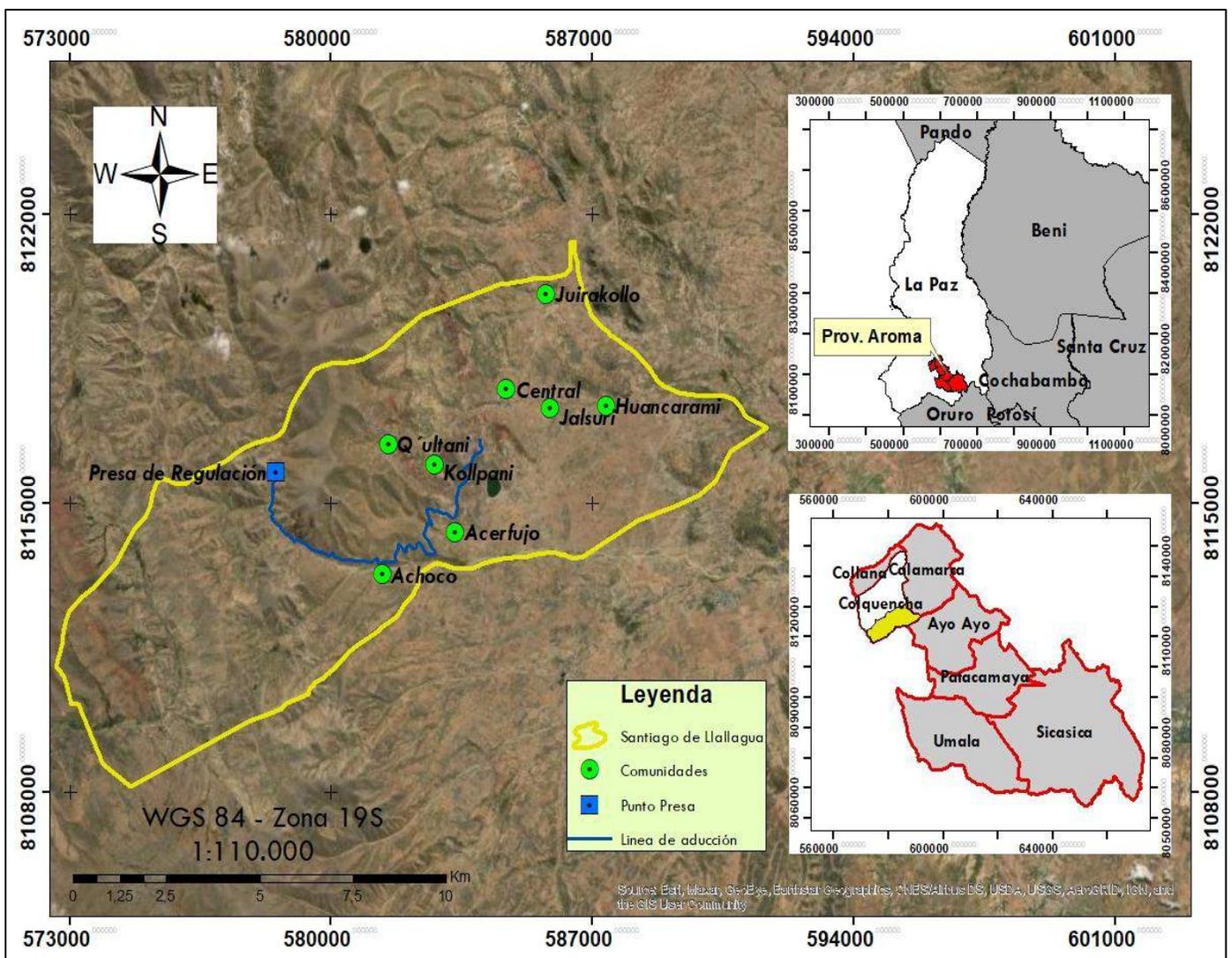


Figura 17. Ubicación geográfica del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Geográficamente el proyecto se halla enmarcado en las coordenadas:

Tabla 9. Coordenadas geográficas de ubicación del proyecto

Municipio	Comunidad	Latitud Sur	Longitud Oeste
COLQUENCHA (Cantón: Santiago de Llallagua)	Achoco	17°03'15.92''	68°13'41.37''
	Acerfujo	17°03'11.92''	68°12'59.89''
	Q'ultani	17°02'07.64''	68°14'21.36''
	Kollpani	17°02'07.27''	68°12'54.41''
	Central	17°01'31.65''	68°12'26.41''
	Juiracollo	17°00'48.86''	18°12'21.14''
	Jalzuri	17°01'42.36''	68°11'35.55''
	Huancarami	17°01'37.96''	68°10'36.80''

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Acceso al sitio del proyecto

El catón de Santiago de Llallagua, se encuentra aproximadamente a una distancia de 76 km de la ciudad de La Paz, se une por la carretera troncal La Paz – Oruro siendo totalmente asfaltada, se desvía por la población de Calamarca hasta llegar al Cantón Santiago de Llallagua, Comunidad Central, siendo este un camino vecinal de plataforma ripiada.

Esta vía presenta las siguientes características: estable, transitable y de constante movimiento de transporte interdepartamental – interprovincial, con ciertas dificultades de acceso en el periodo de lluvias, aunque actualmente han sido mejoradas sustancialmente por el ensanchamiento y la construcción de los puentes.

En el siguiente Tabla se describe las características de los tramos para llegar a las zonas beneficiadas del proyecto.

Tabla 10. Acceso al área de proyecto

Tramo	Distancia (Km)	Tiempo	Tipo de material	Estado del tramo
El Alto – Calamarca	61	1 h 30 min	Asfalto	B
Calamarca – Comunidad Central Santiago de Llallagua.	16	30 min	Tierra	R
Central Santiago de Llallagua – Achoco	10	20 min	Tierra	R

Fuente: Elaboración propia

3.2. Características de la cuenca de aprovechamiento

La zona del proyecto se encuentra en el Altiplano central de departamento de La Paz, en la provincia Aroma, misma que corresponde a la Micro cuenca Katavi, misma que presentas las siguientes características:

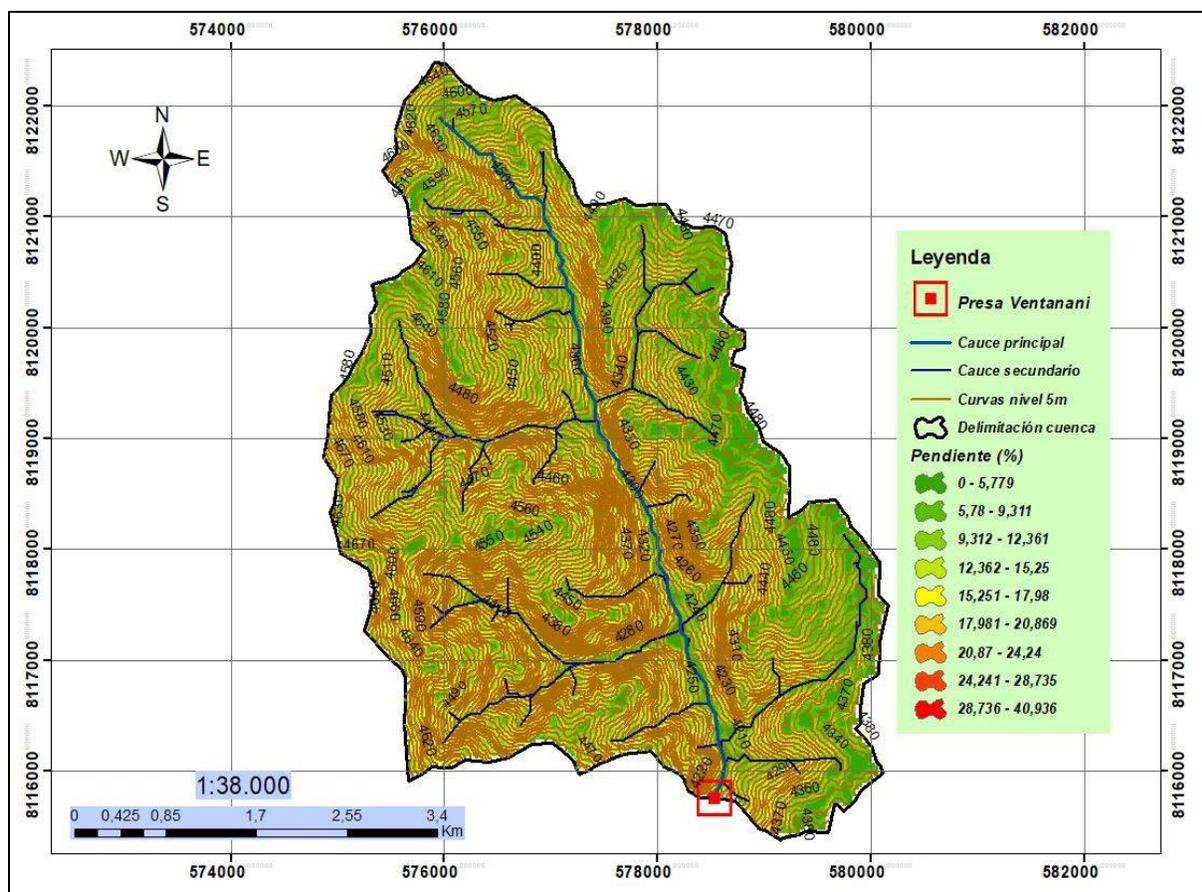


Figura 18. Descripción del área de la cuenca

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Descripción de la cuenca

Características	Descripción
Área de la cuenca	22,70 km ²
Perímetro de la cuenca	23.02 km
Longitud cauce principal	7,35 km
Altitud mínima	4.193,15 m.s.n.m.
Altitud máxima	4.709,47 m.s.n.m.
Coefficiente de escorrentía	0,32
Pendiente	25,8%
Precipitación media anual	524,01 mm/año
X centroide	577432,45
Y centroide	8118700,90

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Características meteorológicas

Para la ubicación de la estación meteorológica del área de estudio, se empleó la metodología de los polígonos de Thiessen, dando como resultado a la estación de Collana, tal y como se muestra en la siguiente figura:

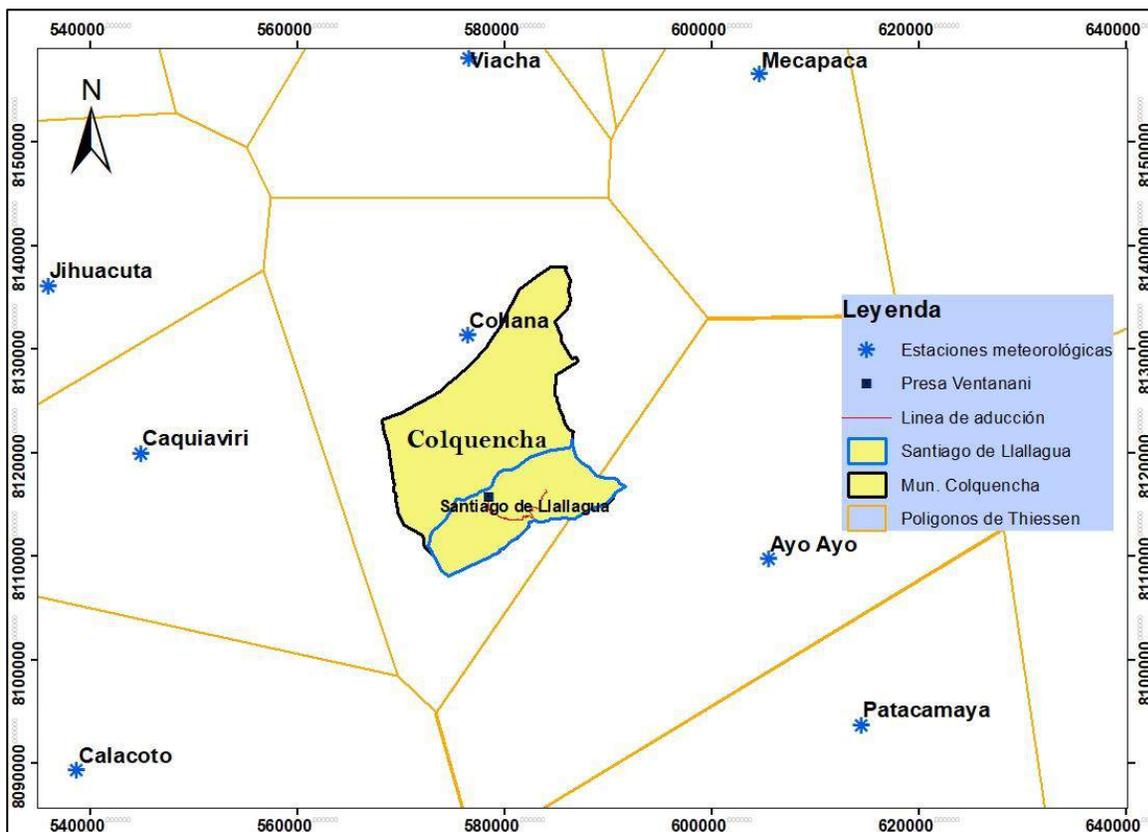


Figura 19. Selección de estación meteorológicas – Polígonos Thiessen

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.1 Temperatura

De acuerdo a los reportes del SENAMHI de la estación meteorológica de Collana, se puede ver que la región presenta una temperatura máxima promedio de 21,00 °C, misma que se presenta en el mes de noviembre y una temperatura mínima promedio de -4,40 °C, con la temperatura más baja en el mes de junio como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12. Temperatura promedio de la zona del proyecto

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T° Max (°C)	19,00	18,10	19,50	19,20	18,20	18,20	17,40	19,20	19,40	20,60	21,00	20,10	19,16
T° Min (°C)	1,90	1,50	1,90	-0,40	-2,60	-4,40	-4,10	-3,90	-1,90	0,80	1,20	2,90	-0,59
T° Media (°C)	10,52	10,30	10,41	9,61	8,07	6,93	6,51	7,42	8,87	10,35	11,35	11,30	9,30

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI.

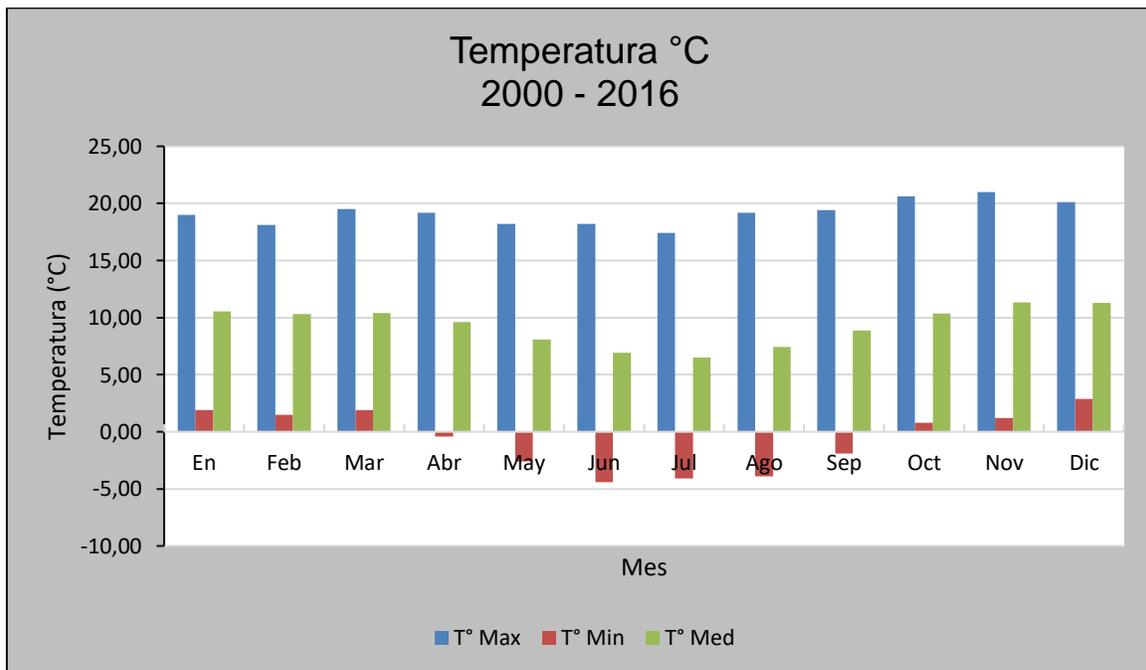


Figura 20. Temperaturas medias de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI.

3.2.1.2. Precipitación pluvial

Así mismo de acuerdo a los reportes de SENAMHI, sobre la precipitación de la región presenta un promedio de 524,01 mm/año. Conociendo que la precipitación máxima se presenta en el mes de enero con 261,2 mm, como se muestra en la tabla:

Tabla 13. Precipitación promedio de la zona

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Max (mm)	261,2	150,5	145,8	67,5	24	39,7	33,3	43,1	56,8	89,3	81,3	249,6	103,51
Min (mm)	51,9	50,8	32,2	0,2	0	0	0	0	1,2	8,9	1,5	39,4	15,51
Media (mm)	124,26	92,78	70,61	23,02	6,78	5,16	7,20	11,61	16,76	34,44	36,21	95,19	524,01

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI.

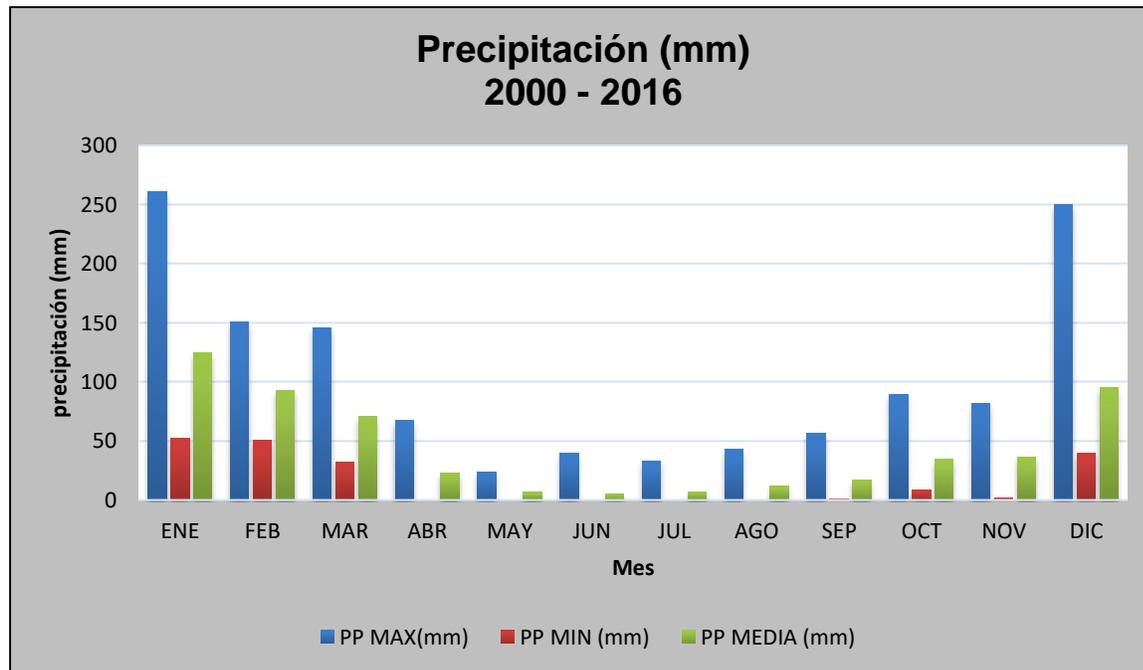


Figura 21. Precipitaciones medias de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI.

3.2.1.3. Riesgos Climáticos

Entre los riesgos climáticos que se presenta en la zona detallamos a continuación:

Tabla 14. Calendario climático de la zona de riego

Fenómenos meteorológicos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Vientos							X	X	X	X		
Lluvias	X	X	X									X
Heladas		X		X	X	X	X					
Nevadas						X	X	X				
Granizadas	X	X	X									X
Sequias							X	X	X	X		

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Características biofísicas

3.2.2.1. Fisiografía

La zona de estudio presenta una fisiografía variable comprendida de una serie de abanicos aluviales caracterizados por serranías y colina en la zona de captación de agua, posteriormente en la zona se caracteriza por presentar planicies con pendiente variables en cada parcela agrícola.

Montañas y serranías: la región se caracteriza por su topografía abrupta con pendientes que van desde empinados a muy empinados los cuales pertenecen a la cuenca Katavi.

Planicies: la zona también presenta zonas planas con pendientes menores a 5%, en la cual se practica la agricultura intensiva.

3.2.2.2 Cobertura vegetal

De acuerdo a las características de la zona, suelo, clima; se adaptan varias especies de zona altiplánica como ser:

Tabla 15. Cobertura vegetal que existe en la zona

N°	Nombre común	Nombre científico
1	Jich'ú	<i>Festuca orthophyla</i>
2	Paja brava	<i>Stipaichu</i>
3	Itapallo	<i>Urtica dioica</i>
4	Chi'lliwa	<i>Festuca dolichophylla</i>
5	Pasto salado	<i>Atriplex cristata</i>
6	Cola de ratón	<i>Hordeum muticum</i>
7	Diente de león	<i>Taraxacum officinalis</i>
8	Sewenk`a	<i>Cortaderia selloana</i>
9	Munimuni	<i>Biden sandicola</i>
10	T`ola	<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>
11	Tarwi silvestre	<i>Lupinus mutabilis</i>
12	Irulchu	<i>Festuca orthophylla</i>
13	Reloj Reloj	<i>Erodium cicutarium</i>
14	Trébol	<i>Trifolium repens</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Especies forestales en la zona

N°	Nombre común	Nombre científico
1	Kiswara	<i>Buddleja ssp.</i>
2	Cipres	<i>Cupressu ssp.</i>
3	Eucaliptos	<i>Eucalyptu ssp.</i>
4	Pino	<i>Pinus ssp.</i>

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3 Fauna

Entre los animales silvestres se pueden identificar los siguientes:

Tabla 17. Especies silvestres en la zona

N°	Nombre común	Nombre científico
1	Zorro	<i>Lycalopex culpaeus</i>
2	Vizcacha	<i>Lagidium viscacia</i>
4	Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
5	Perdiz	<i>Nothura maculosa</i>
6	Paloma	<i>Columba livia</i>

Fuente: Elaboración propia

3.3. Condiciones socioeconómicas de los beneficiarios

3.3.1. Comunidades involucradas en el proyecto.

Con la implementación del sistema de riego tecnificado Ventanani, se beneficiará alrededor de 580 familias misma que corresponde a las siguientes comunidades:

Tabla 18. Comunidades involucradas

N°	Comunidad	N° de beneficiarios
1	Central	71
2	Jalzuri	44
3	Acerfujo	60
4	Huancarami	35
5	Achoco	34
6	Juiracollo	27
7	Kollpani	40
8	Qultani	25
TOTAL		336

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Población beneficiaria del proyecto

La población beneficiaria del proyecto corresponde a las familias de las comunidades: Central, Jalzuri, Acerfujo, Huancarami, Achoco, Juiracollo, Kollpani y Q'ultani, en ese sentido a continuación se presenta el número de habitantes beneficiarias con el proyecto.

Tabla 19. Población beneficiaria del proyecto

Nº	Comunidades	Promedio miembros familia	Habitantes		Total Habitantes
			Hombres	Mujeres	
1	Central	5	74	70	360
2	Jalzuri	7	48	42	315
3	Acerfujo	4	62	61	246
4	Huancarami	9	35	39	333
5	Juiracollo	6	29	32	183
6	Achoco	6	38	38	228
7	Qultani	8	26	27	212
8	Kollpani	5	41	39	200
TOTAL			353	348	2010

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Pertenencia cultural

Los beneficiarios y las ocho comunidades del cantón Santiago de Llagua, son de origen étnico aymara en toda su totalidad. Por otra parte, el idioma que predomina es el idioma aymara, constituyéndose como lengua materna y el castellano como segunda lengua.

Tabla 20. Calendario festivo cultural

Festividad	Lugar	Fecha	Acontecimiento	Relación calendario productivo
Carnaval	Central	Feb/Marzo	Festivo	Cosecha de siembras tempranas.
Semana Santa	Huancarami	Abril	Religioso	Época de cosecha
San Juan Año Nuevo Aymara	Central	22, 23 de junio	Ritual	Heladas, elaboración de chuño
Fiestas Patrias	Central	6 de agosto	Fiestas Patrias	Labranza del terreno
Todos Santos	Central	2 de noviembre	Ritual -Religioso	Primeras lluvias
Fiesta de la población	Central	15 de diciembre	Fiesta en la población	Germinación
Navidad, Año Nuevo	Central	24 y 31 de diciembre	Fiesta Religiosa y Nacional	Labores culturales

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas

3.3.5. Actividades económicas principales

La población de la región del proyecto se dedica principalmente a dos actividades, la agrícola y la pecuaria, ambas no generan excedentes elevados, es por ello la mayor

parte de la producción es destinada al autoconsumo y una pequeña parte se destina al mercado. La producción agrícola de la comunidad es de tipo tradicional, con cultivos identificados como la papa, oca, papalisa, quinua, trigo y cebada, además sus productos derivados como chuño, tunta.

En lo que respecta a la actividad pecuaria las familias de la comunidad se dedican a la crianza del ganado vacuno, ovino y porcino. Actualmente la producción es destinada al autoconsumo de las familias y los excedentes son comercializados en las ferias locales, como: Patacamaya, Calachahi, POCOOTA, Waldo Ballivian y en la ciudad de El Alto.

3.3.5.1. Ingresos económicos

Los ingresos económicos de las familias de la comunidad provienen en su mayor parte de la comercialización de los productos agrícolas, venta de ganado y venta de subproductos. Por las características migratorias también se puede considerar como una fuente de ingreso económico el generado en otras actividades (albañilería, costura, comercio, chofer y etc.).

3.3.5.2. Migración

De acuerdo al diagnóstico realizado en la comunidad se puede evidenciar que, durante la época de siembra y cosecha la demanda de mano de obra aumenta, mientras que el resto del año la gente migra a diferentes lugares o regiones del país, como a la ciudad de El Alto, ciudad de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz las migraciones son de manera temporal o permanente ya que en la comunidad no cuentan con buenos ingresos económica debido que la producción está siendo afectado principalmente por los factores climáticos.

3.3.5.3. Agricultura

Para la estimación de los ingresos se ha tomado en cuenta la venta de los diferentes productos agropecuarios, utilizando para ello el promedio estimado de ventas posibles a partir de la encuesta familiar realizado a los productores de la comunidad: como se presenta en el siguiente Tabla.

Tabla 21. Valor de producción sin proyecto

Cultivos	Superficie Cultivada en Ha.	Rendimiento Tm/Ha	% Pérdidas Post Cosecha	Precio por Tonelada	Valor del Producto Marginal
Quinoa	0,7	0,69	4%	3097,47	1436,23
Cebolla (Verde)	0,28	5,4	5%	2953,50	4242,41
Cebada forraje	0,20	1,96	1%	1999,97	776,15
Trigo	0,15	0,8	5%	1839,75	209,73
Papa	0,8	2,6	4%	8334,06	16641,47
TOTAL (Bs.)					2305,99

Fuente: Elaboración propia en base a costos de producción.

3.3.5.4. Pecuaria

La producción pecuaria en la zona de estudio se tiene como principal actividad la venta de ganado vacuno y ovino.

Tabla 22. Producción ganadera promedio por familia de la comunidad Achoco

Producción pecuaria	Precio por cabeza (Bs.)	Mes de venta
Vacuno	300	Junio
Ovino	180	Junio - Julio

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas

Realizada la encuesta se pudo determinar que 1 de cada 5 familias se dedica a la venta de ganado, el resto lo destina al autoconsumo.

3.4. Situación actual de la producción agropecuaria

3.4.1 Cedula de cultivo y calendario agrícola

La región se caracteriza con la producción de los siguientes cultivos y mismo se muestran en el siguiente Tabla:

Tabla 23. Cédula de cultivos sin proyecto

Cultivo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Quinoa	0,70	32,86
Cebolla verde	0,28	13,15
Cebada forraje	0,20	9,39
Trigo	0,15	7,04
Papa	0,8	37,56
TOTAL	17,04	100,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Calendario de cultivos sin proyecto

Época	Primavera			Verano			Otoño		
	S	O	N	D	E	F	M	A	M
Quinoa			s				c		
Cebolla verde		s					c		
Cebada forraje			s				c		
Trigo		s				c			
Papa		s				c			

s: Siembra
c: Cosecha

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Semillas

Los agricultores de la región utilizan sus propias semillas (papá, quinoa,) escogidos cuidadosamente de la cosecha anterior. Actualmente no se tiene proyectos en la zona destinados a la producción agrícola con semillas certificadas y/o mejoradas.

La recolección de semillas se lo va realizando de forma tradicional (generación en generación); así mismo el intercambió de variedades en el cultivo de papa principalmente (huaycha, imilla, p'ala, sani, luk'i).

Para los otros cultivos (cebolla, cebada y trigo) las semillas suelen ser compradas en las ferias locales (Calacachi, Poooota y Ballivián) generalmente o también haciendo trueques (dar una cosa y recibir otra a cambio) con comunidades vecinas, como ser Patacamaya, Calamarca y Waldo Ballivián.

3.4.3. Abonamiento

El abonamiento lo realizan con el estiércol del ganado ovino, vacuno y abono químico (urea) son utilizados en las 8 comunidades (Achoco, Acerfujó, Kollpani, Q'últani, Centra, Huancarami, Juiracollo, Jalzuri) del Cantón Santiago de Llalagua. La incorporación del abono orgánico e inorgánico se realiza en el momento de la siembra, el abono inorgánico o químico es incorporado para el mejor rendimiento de sus productos. El abono inorgánico se utiliza mayormente en los sembradíos de la papa. En general para la siembra de papa (cultivo sembrado en su mayoría), se tiene un abonamiento de 1 camión de abono (oveja) para una parcela de aproximado 350 m², en casos donde no se tiene la cantidad suficiente, se hace la compra de abono entre los mismos comunarios a un precio de 10 Bs/yute.

3.4.4. Cosecha

La cosecha se realiza de acuerdo al ciclo vegetativo de cada cultivo y también en función de las épocas de siembra (tardía y temprana). En la cosecha al igual que en la siembra acuden a trabajos recíprocos como: la **mink'a** (tradición donde se solicita ayuda a cambio de algo) y el **ayni** (se refiere a la reciprocidad o mutualismo; es decir hoy por ti, mañana por mí) por lo que en la cosecha se requiere mayor demanda de mano de obra.

Los principales productos generados en la agricultura como la papa, trigo, quinua y también realizan la transformación como el Chuno, Tunta, Caya que son comercializados en las ferias de Patacamaya, Calamarca y Waldo Ballivián.

3.5 Descripción de la infraestructura actual

3.5.1. Características de la infraestructura

Tabla 25. Características de la presa Ventanani

Altura útil	Hs= 17 m
Altura Vertedero trapes. (s/hidrología)	HA= 1 m
Talud del vertedero (1:z)	$p' = 1$
Longitud del vertedero arco	A= 8 m
Ancho del valle en la base (a excavar)	B' = 62,49 m
Angulo de fricción del suelo	$\beta = 37^\circ$
Resistencia del suelo	SueloAdm = 17 kg/cm ²
Altura de fundación en los atraques	T = 1,6 m
Peso específico del hormigón	$\gamma_{ho} = 2,20 \text{ Tn/m}^3$
Ancho de coronamiento	b = 150 ml
Peso específico del suelo	$\gamma' = 1,8 \text{ tn/m}^3$
Altura final	Hf = 18 m
Cuerda del arco de la corona	S = 118,48 m
Radio del arco	R = 64,52 m
Flecha del arco	f = 38,96 m
Ancho del valle en la base	b = 60,63 m
Capacidad	Vol. 380000 m ³

Fuente: EDALP, (2017).

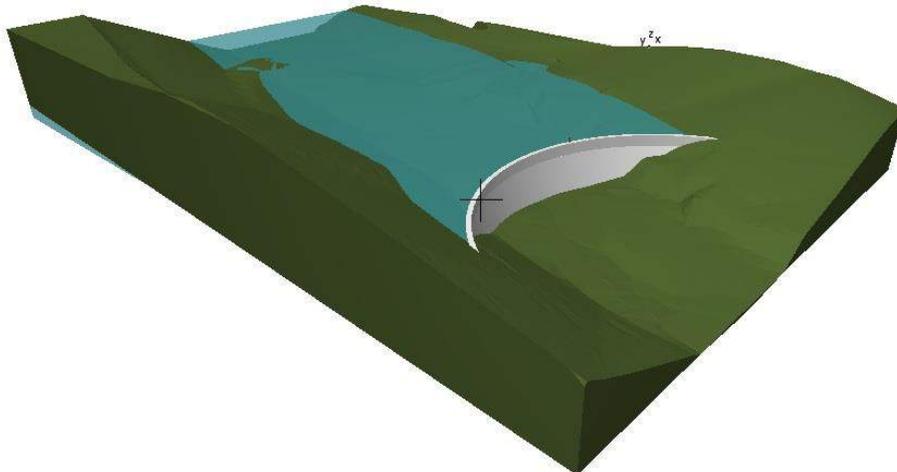


Figura 22. Imagen digital Presa de Gravedad Ventanani

Fuente: EDALP, (2017).

3.5.1.2. Red de tubería

La zona cuenta con una red de tubería de 13 km. de las cuales el primer tramo de 9000 ml (metros lineales) de tendido de tubería de PVC CLASE 9 DN=8", el segundo tramo de 2000 ml lineales de tendido de tubería de PVC CLASE 9 DN=6" y el tercer tramo de 1000 ml de tendido de tubería de PVC CLASE 9 DN=6".

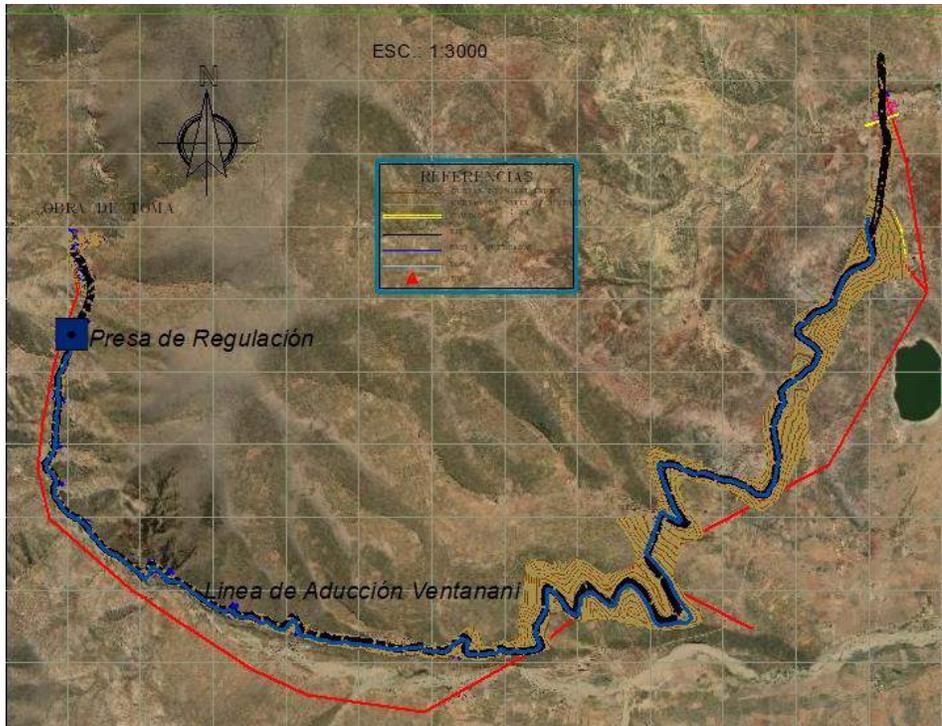


Figura 23. Red de tubería principal (13km).

Fuente: EDALP, (2017).

PARTE IV

4. SECCIÓN PROPOSITIVA

4.1. Estudios Básico

De acuerdo a la verificación en campo además que es un proyecto complementario al proyecto inicial se hizo un estudio de campo como: levantamiento topografía, estudios de suelos, estudios de calidad de agua, etc.

4.2. Análisis de alternativas identificados

4.2.1 Alternativa 1

Como alternativa 1. Se pretende implementar dos subsistemas de riego concentrado en una sola región (Aynoka) donde las 8 comunidades: Central, Jalsuri, Acerfujó; Huancarami, Achoco, Juiracollo, Kollpani y Q'últani de Cantón Santiago de Llalagua se beneficien debido que todos ellos tienen sus parcelas de producción los cuales tienen las siguientes características que se detallan a continuación:

- ❖ La línea de aducción desde la presa hasta el punto AD-65 (Línea roja en la figura 15), se encuentra en plena construcción, sin embargo, para efectos de diseño hidráulico, se toma en cuenta esta línea y para efectos de presupuesto, solo la red de distribución, incluyendo las obras de arte.
- ❖ Se cuenta con un sistema de distribución que alimenta a 87 hidrantes, que se encuentran distribuidos de forma localizada, vale decir que el sistema de riego funciona de forma focalizada en una sola zona y adicionalmente una línea que llega al ISTA (Instituto Superior Técnico Agropecuario).
- ❖ El caudal de demanda de cada hidrante es de 5 l/s y requiere para su funcionamiento una presión estática de al menos 30 m.c.a.
- ❖ Ya que el sistema de riego funcionaría de forma focalizada, se tienen la posibilidad de implementar un sistema por turnos, los cuales funcionarían de acuerdo a el diseño conceptual desarrollado en los acápite anteriores, sin embargo, a manera de esquematizar este diseño conceptual, se muestra la figura 15 que muestra las líneas de operación o funcionamiento de la alternativa 2 que contemplan dos subsistemas de riego.

- ❖ Una de las ventajas en esta alternativa, desde el punto de vista técnico, es el de contar con un sistema que se adecua perfectamente a los requerimientos de un sistema por gravedad, ya que ambos subsistemas se encuentran aguas debajo de la línea de aducción que está en plena construcción.
- ❖ Implementando el sistema por turno, funcionarían un máximo de 9 hidrantes por subsistema, dando como demanda un caudal de 45 l/s en cada subsistema y un caudal total de demanda de 90 l/s, para esta alternativa.
- ❖ A fin de cumplir los requerimientos tanto de caudal como de presión, se implementarán válvulas de control de flujo, así como válvulas reductoras de presión, y las obras de arte correspondiente.

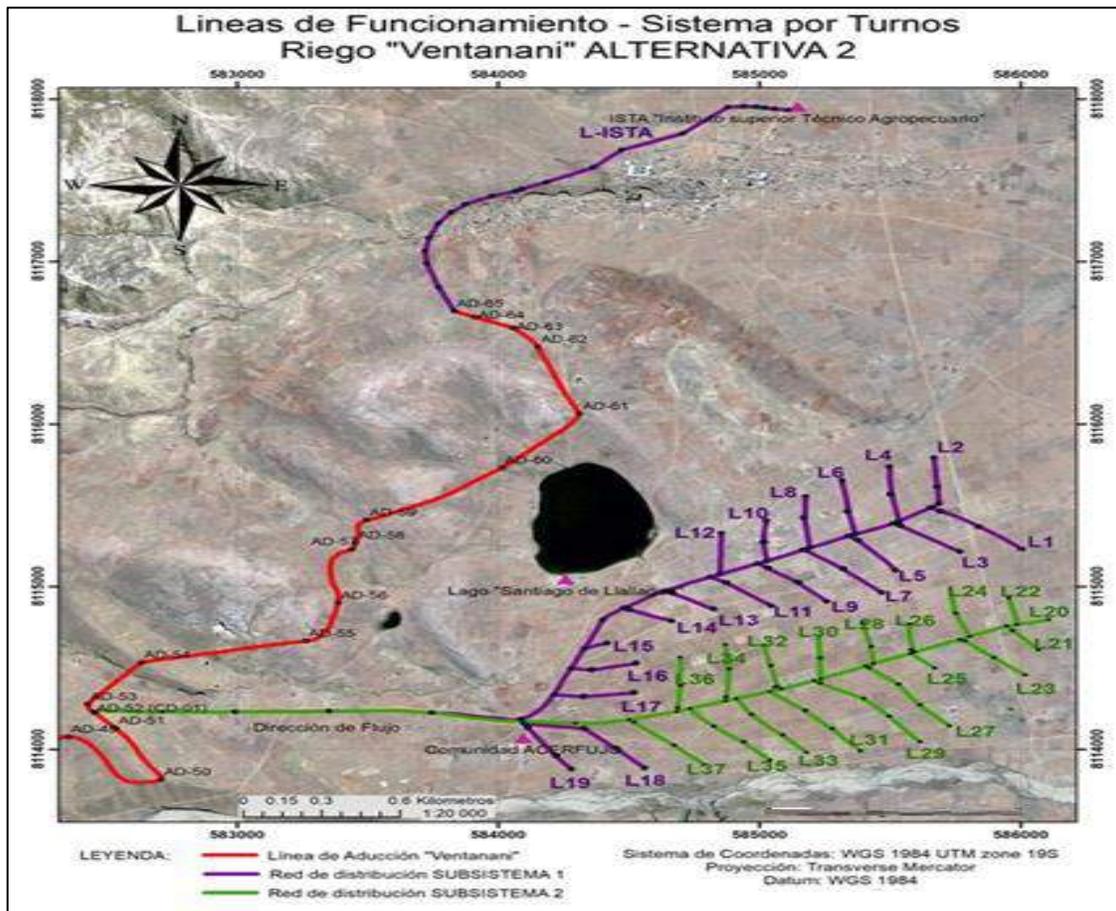


Figura 24. Mapa temático de la Alternativa 1

Fuente: DIEEPI – GADLP, (2020).

4.2.2. Alternativa 2

Para esta alternativa se tiene el diseño del sistema de riego tanto la parte agronómica e hidráulica del proyecto, tomando como referencia la comunidad de Achoco, que es una de las 8 comunidades que contemplan el proyecto en general, tendiendo las siguientes características:

- A fin de llegar a cada comunidad del proyecto, se estableció realizar el diseño de ingeniería de cada componente, teniendo como objetivo final ver la viabilidad y sustento del proyecto enmarcados bajo un presupuesto establecido por el gobierno subnacional.
- La línea de aducción principal desde la presa hasta el punto de nodo de presión regulada, se encuentra en plena construcción, sin embargo, para efectos de diseño hidráulico se toma en cuenta este punto
- Se cuenta con una red de distribución que alimenta a 14 hidrantes, que se encuentra en forma colectiva, vale decir que el sistema de riego funciona de forma mono flujo con características de multi flujo.
- El caudal de demanda de cada hidrante de 0,59 lt/s y requiere para su funcionamiento una presión de 12,67 m.c.a.
- El diseño consta de 5 hilos, cada hilo tendrá a 8 usuarios estableciendo así un diseño de riego colectivo multi flujo con tendencia a mono flujo, puesto que cada hilo regará por separado.
- Para el diseño se tiene aspersores de baja presión, bajo caudal por lo cual la intensidad de precipitación será menor, teniendo como resultados área de riego pequeños, no mayor a 1600 metros Tablas.

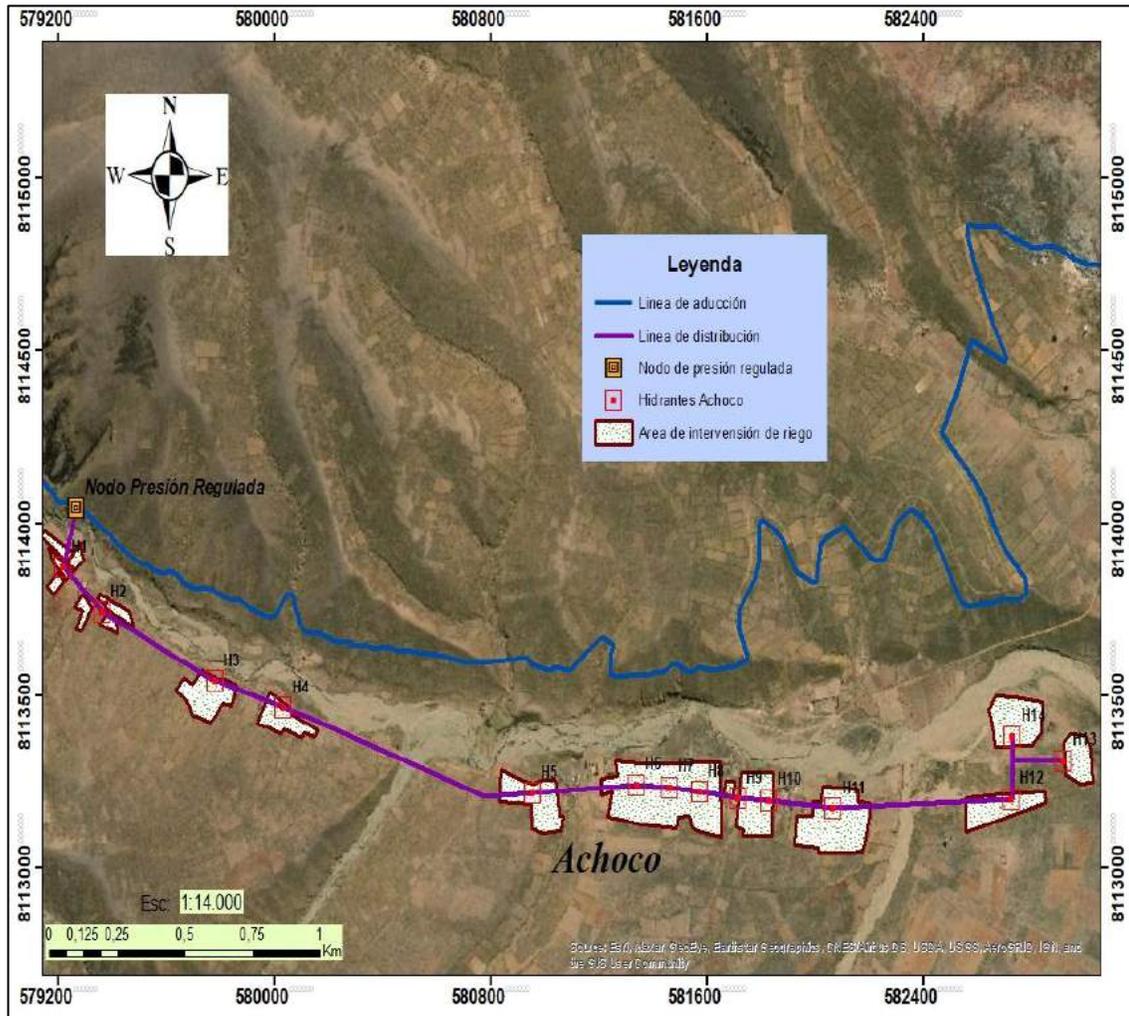


Figura 25. Mapa temático de la Alternativa 2

Fuente: Elaboración propia

4.3 Propuesta de la producción agrícola con proyecto

4.3.1. Cédula de cultivo

De acuerdo al Área Bajo Riego Optimo (ABRO) se ha propuesto una nueva cédula de cultivos, con el proyecto debido que la región tiene la capacidad de producción misma que se detallan a continuación:

Tabla 26. Cédula de cultivos con proyecto

Situación	Con Proyecto		Área Increment. (ha)
	ha	%	
Quinua	1	17,92	1
Haba verde	0,55	9,86	0,55
Arveja verde	0,5	8,96	0,5
Cebolla verde	0,85	15,23	0,85
Zanahoria	0,3	5,38	0,3
Oca	0,18	3,23	0,18
Cebada forraje	0,3	5,38	0,3
Trigo	0,5	8,96	0,5
Papa precoz	1,4	25,09	1,4
TOTAL	5,58	100,00	5,58

Fuete: Elaboración propia en base a datos del ABRO

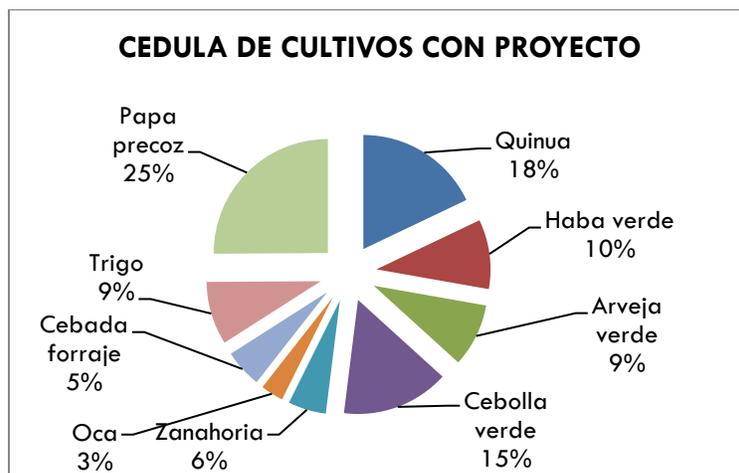


Figura 26. Resumen cédula de cultivos con proyecto

Fuete: Elaboración propia en base a datos del ABRO

4.3.2. Calendario de cultivo

De acuerdo a los cultivos propuestos, con el proyecto se muestra que existe la producción en Miskha (lo que refiere a la siembra pequeña adelantada) de algunos cultivos como se muestra en el calendario de cultivo:

Tabla 27. Calendario de cultivo con proyecto

Época	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
Cultivo	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
Quinoa						S						C
Haba verde			S									C
Arveja verde				S								C
Cebolla verde					S							C
Zanahoria		S										C
Oca					S							C
Cebada forraje						S						C
Trigo			S									C
Papa precoz		S				C						

S= siembra

C= cosecha

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Valor de la producción agropecuaria con proyecto

De acuerdo a la propuesta de los cultivos descritos se muestra la valorización de la producción agrícola una vez cosechados y comercializados misma que se detalla a continuación:

Tabla 28. Valor de producción con proyecto

Cultivos	Superficie Cultivada en Ha.	Rendimiento Tm/Ha	% Pérdidas Post Cosecha	Precio por Tonelada (Bs.)	Valor del Producto Marginal
Quinoa	1	0,83	5%	3918,48	3089,72
Haba (Verde)	0,55	1,09	2%	2482,56	1485,53
Arveja (Verde)	0,5	1,2	2%	6216,88	3655,52
Cebolla (Verde)	0,85	6,48	5%	3072,70	16078,21
Zanahoria	0,3	10,20	5%	2086,60	6065,77
Oca	0,18	3,29	5%	2184,74	1229,11
Cebada forraje	0,3	2,35	1%	2080,69	1452,23
Trigo	0,5	0,96	5%	1914	872,78
Papa Precoz	1,4	2,50	4%	8670,42	29132,61
TOTAL (Bs.)					63034,49

Fuente: Elaboración propia

4.4. Balance Hídrico

4.4.1. Oferta de agua

En función a los reportes de meteorológicos de la estación meteorológica de Collana que se encuentra ubicado entre las coordenadas Longitud Oeste: 68° 16' 54" y Latitud Sud: 16° 54' 01" y a una altura de 3911 m.s.n.m. que se encuentra ubicado en la provincia Aroma. Que es la estación más cercana al proyecto misma que se detalla a continuación:

Tabla 29. Cálculo de los caudales medios mensuales y anuales según precipitación pluvial (aporte neto)

Registro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Octo	Nov	Dic	Anual
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Aporte Bruto (m3)	2.817.89	2.103.94	1.601.17	521.98	153.80	116.99	163.27	263.19	380.18	780.91	821.19	2.158.77	11.883.32
Aporte Neto (m3)	2.113.41	1.577.96	1.200.87	391.48	115.35	87.74	122.45	197.39	285.13	585.68	615.89	1.619.08	8.912.49
Descarga (m3)	697.08	520.47	396.09	129.12	38.049	28.94	40.39	65.10	94.04	193.18	203.14	534.03	2.939.67
Aporte Neto (lt/seg)	260,26	215,14	147,88	49,82	14,21	11,17	15,08	24,31	36,28	72,13	78,37	199,39	93,22
Q ecológico (l/s)	65,07	53,79	36,97	12,45	3,55	2,79	3,77	6,08	9,07	18,03	19,59	49,85	23,30
Caudal Neto (l/s)	195,20	161,36	110,91	37,36	10,65	8,37	11,31	18,23	27,21	54,09	58,78	149,54	843,03
Volumen Neto (m3)	522813	390352,5	297071	96846	28536	21706	30294	48831	70537	144885	152359	400525	2204754

Fuente: Elaboración propia en base a datos de precipitación

Por otra parte, la zona cuenta con una presa de gravedad de captación de 380.000 m³ que se aprovecha en el almacenamiento del escurrimiento de agua durante la época de lluvia. El volumen almacenado será aprovechado para el sistema de riego tecnificado para la producción de cultivos bajo riego en la época de estiajes desde el mes de julio, septiembre, octubre y noviembre como se muestra en la distribución:

Tabla 30. Oferta de agua destinado a la comunidad

Descripción	J 30	J 31	A 31	S 30	O 31	N 30	D 31	E 31	F 28	M 31	A 30	M 31	Anual 365
Volumen destinado (m³)	0,00	8.053,92	8.053,92	7.794,12	8.053,92	7.794,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39.750,00

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Demanda de agua

4.4.2.1 Eficiencias del sistema

Durante el funcionamiento del sistema de riego existen pérdidas de agua en el sistema de almacenamiento, conducción, distribución y aplicación misma que se detalla a continuación:

- a. **Eficiencia de Captación (Ecap):** 0,98 o 98%
- b. **Eficiencia de Conducción (Ec):** 0,98 o 98%
- c. **Eficiencia de Distribución (Ed):** 0,98 o 98%
- d. **Eficiencia de Aplicación (Ea):** 0,75 o 75%
- e. **Eficiencia de riego =** Ef Cap * Ef Cond. * Ef. Dist. * Ef Apl.

$$\text{Eficiencia de riego} = 0,98 * 0,98 * 0,98 * 0,75 = \mathbf{0,70 \text{ o } 70,6\%}$$

Para el proyecto se tiene el siguiente detalle en demanda de agua para los cultivos y diseño:

Tabla 31. Demanda de agua destinado a la comunidad

Descripción	J 30	J 31	A 31	S 30	O 31	N 30	D 31	E 31	F 28	M 31	A 30	M 31	ANUAL 365
Req. Bruto Total (mm)	0	30,19	75	141,21	136,57	137,83	97,2	53,22	45,33	100,82	95,99	56,45	969,81
DEMANDA TOTAL (L/s)	0	0,19	0,77	1,77	2,18	2,22	1,52	0,66	0,53	0,44	0,37	0,21	10,86
DEMANDA TOTAL (m3)	0	513,16	2062,54	4589,35	5845,11	5761,43	4062,75	1772,31	1282,84	1189,65	959,9	564,54	28.603,58
Q Unit Bruto (L/s/ha)	0,00	0,11	0,28	0,54	0,51	0,53	0,36	0,20	0,19	0,37	0,37	0,21	3,68

Fuente: Elaboración propia en base a datos del ABRO

4.4.2.3 Balance (oferta – demanda)

Tabla 32. Balance hídrico (oferta – demanda)

Descripción	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	Anual
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	365
BALANCE (l/s)	7,99	10,81	10,23	9,23	8,82	8,78	9,48	10,34	10,47	10,56	10,63	10,79	
Superficie de Riego Max. (ha)	0,00	97,60	39,28	20,10	21,57	20,69	30,31	55,36	58,71	29,22	29,70	52,19	
Superficie Adicional (ha)	0,00	95,90	36,53	16,94	17,29	16,51	26,13	52,03	55,88	28,04	28,70	51,19	
AREA DEFICITARIA (HA)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia en base a datos del ABRO.

4.4.3. Cálculo de la evapotranspiración real (ETR) situación con proyecto

El cálculo de evapotranspiración, ya sea por medio de métodos directos e indirectos, constituye el primer paso para conocer y predecir los efectos del clima en la evaporación del cultivo de referencia. Pero para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre las necesidades de agua es necesario conocer los coeficientes de cultivo (kc) con objeto de relacionar la evaporación del cultivo de referencia (ET_o) con la evaporación del cultivo (ET_c).

$$ETR = kc * ET_o \quad (13)$$

En el siguiente Tabla se muestra los cálculos realizados para la obtención de la Evapotranspiración real de los cultivos.

Tabla 33. Evapotranspiración mensual

Descripción	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	Anual
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	365
ET (mm/día)	3	2,99	3,46	3,98	4,39	4,74	4,45	4,06	3,9	3,83	3,61	3,25	
ET (mm/mes)	89,87	92,64	107,21	119,33	135,95	142,34	137,89	125,73	109,27	118,78	108,18	100,68	1.387,87
Prec. (mm)	4,87	7,80	11,61	16,76	34,44	36,21	95,19	123,38	90,47	69,66	23,38	12,60	526,37
Prec. Efec. (mm)	0,00	0,00	0,00	3,33	15,71	16,95	58,23	77,97	54,93	40,36	7,97	0,42	275,87

Fuente: Elaboración propia en base a datos del ABRO.

4.4.4. Estimación de área incremental

Se determinó el cálculo de área incremental considerando el balance hídrico (oferta y demanda), datos obtenidos de la estación meteorológica y cálculos de la presa de

gravedad presentado por parte de la constructora, además de las superficies de cada cultivo bajo las eficiencias de aplicación.

Tabla 34. Cálculo del área incremental

SIN PROYECTO													
CULTIVO	TOTAL												
ÁREA REAL (ha)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ÁREA BAJO RIEGO OPTIMO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CON PROYETO													
CULTIVO	Quinoa	Haba verde	Arveja verde	Cebolla verde	Zanahoria	Oca	Cebada forraje	Trigo	Papa precoz				TOTAL
ÁREA REAL (ha)	1,00	0,55	0,50	0,85	0,30	0,18	0,30	0,50	1,40	0,00	0,00	0,00	5,58
ÁREA BAJO RIEGO OPTIMO	1,00	0,55	0,50	0,85	0,30	0,18	0,30	0,50	1,40	0,00	0,00	0,00	5,58
ÁREA INCREMENTAL (ha)	1,00	0,55	0,50	0,85	0,30	0,18	0,30	0,50	1,40	0,00	0,00	0,00	5,58
MES	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	
SIN PROYECTO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CON PROYECTO	0,00	1,70	2,75	3,25	4,28	4,18	4,18	3,33	2,83	1,18	1,00	1,00	
ÁREA INCREMENTADA MES (ha)	0,00	1,70	2,75	3,25	4,28	4,18	4,18	3,33	2,83	1,18	1,00	1,00	
ÍNDICE DE INCREMENTO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
ÁREA INCREMENTADA (ha):	5,58												

Fuente: Elaboración propia en base a datos del ABRO.

4.5 Diseño de componentes de ingeniería a detalle

4.5.1 Diseño Agronómico para riego tecnificado

a) Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET_o)

La evapotranspiración (ET), refiere a la suma de agua evaporada de la superficie del suelo y transpirada por la planta hacia la atmósfera.

Tabla 35. Cálculo de evapotranspiración

Descripción	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	Anual
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	365
ET (mm/día)	3	2,99	3,46	3,98	4,39	4,74	4,45	4,06	3,9	3,83	3,61	3,25	
ET (mm/mes)	89,87	92,64	107,21	119,33	135,95	142,34	137,89	125,73	109,27	118,78	108,18	100,68	1.387,87

Fuente: Elaboración en base al ABRO 3.1

Tomando el valor más alto de la evapotranspiración que se del mes de noviembre con 4,74 mm/día se realizara el diseño agronómico.

b) Cálculo de la humedad aprovechable

$$\mathbf{Lam} = \mathbf{HA} \frac{(\mathbf{CC}-\mathbf{PMP})}{100} * \mathbf{Dap} * \mathbf{Pr} \quad (14)$$

Donde:

Lam	= Lámina de agua (mm)
Ha	= Humedad aprovechable
CC	= 20 (%)
PMP	= 10 (%)
Dap	= 1,40 (gr/cm ³)
Pr	= 0,245 (m)

Reemplazando los valores se tiene una lámina de agua o humedad aprovechable de 35 mm/m de suelo.

c) Cálculo de lámina neta (Ln)

$$\mathbf{Fr} = \frac{\mathbf{Ln}}{\mathbf{ETm}} \quad (15)$$

Dónde:

Fr	= 8 días (dato asumido)
Ln	= Lámina neta (mm)
ETm	= 4.74mm/día (Evapotranspiración diaria máxima del cultivo)

Para obtener el valor de Ln, e la fórmula se despejará lámina neta (Ln), resultado que se tiene de 34,30 mm

d) Cálculo de lámina bruta (Lb)

$$\mathbf{Lb} = \frac{\mathbf{Ln}}{\mathbf{Ea}} \quad (16)$$

Donde:

Ln	= 34,30 mm
Ea	= 0.75 (Eficiencia de aplicación por aspersión = 75%)

Reemplazando los valores se tiene una lámina bruta (Lb) de 45.73 mm

e) Frecuencia de riego (Fr)

Para la frecuencia de riego se asumirá directamente un valor de 8 días, esto para que cada usuario riegue en diferentes días; es decir si el usuario 1 riega el domingo su segundo riego será lunes. Esto se lo plantea con la finalidad de que todos puedan disponer de los diferentes días de la semana para realizar sus actividades cotidianas como compras, viajes, etc., previstos para días específicos y evitar cualquier conflicto social.

f) Selección del aspersor

La selección del aspersor se tendrá los siguientes criterios:

- Descarga requerida
- Disponibilidad en el mercado
- Requerimiento de presión (presiones bajas)

Por lo cual se para el diseño se utilizó el siguiente aspersor:

- ✚ Tipo de emisor: XCEL – WOBBLER, Boquilla #10 – Turquesa (3,97 mm)
- ✚ Presión de la boquilla (bar): 0,69 bar o 7 m.c.a
- ✚ Diámetro alcance (m): 13,6
- ✚ Caudal de boquilla (l/h): 504

g) Espaciamiento entre aspersores o área mojada

$$\textit{Espaciamiento} = \textit{Diametro (m)} * \% \textit{ distancia entre aspersores}$$

Se tendrá entonces que el área mojado considerando un 65% de velocidad del viento un área de 8,84 m.

h) Área del aspersor o área útil

$$A_{asp} = S_a * S_a \quad (17)$$

Donde:

Sa = 8,84 metros (Espaciamiento entre aspersores)

Teniendo como área del aspersor o área útil, 78,15 m².

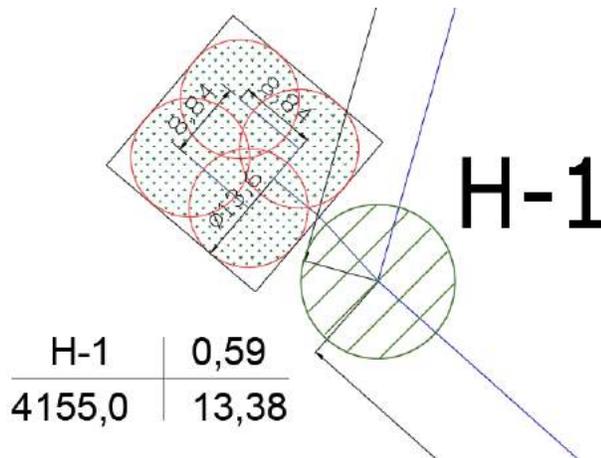


Figura 27. Disposición y esquema de los aspersores en una posición.

Fuente: Elaboración propia

i) Intensidad de precipitación del aspersor (PHr)

$$PHr = \frac{q}{Aasp} \quad (18)$$

Donde:

Q = 504 l/hr (Caudal máximo promedio de la boquilla de aspersores)

Aasp = 78,15 m² (Área de cobertura del aspersor)

La intensidad de precipitación del aspersor será 6,45 mm/hora.

j) Tiempo de riego del aspersor (Tr)

$$Tr = \frac{Lb}{PHr} \quad (19)$$

Donde:

Lb = 27.80 mm (Lámina bruta)

PHr = 5.52 mm/h (Precipitación horaria del aspersor)

Reemplazando valores, el tiempo de riego (Tr) será de 7,06 horas. Se asumirá 7 horas

k) Área de riego por turno

$$Aru = Aasp * N^{\circ} \text{ posiciones} * N^{\circ} \text{ aspersores}$$

Donde:

$$N^{\circ} \text{ posiciones} = 5$$

$$N^{\circ} \text{ aspersores} = 4$$

$$Aasp = 78,15 \text{ m}^2 \text{ (Área de cobertura del aspersor)}$$

Reemplazando los valores se tiene que el área de riego y por turno será de 1.563 m².

l) Usuarios por hilo (Uh)

$$Usuarios \ Hilo = \frac{(Tr * N^{\circ} \text{ posiciones}) * Fr}{(Tr * N^{\circ} \text{ posiciones})} \quad (20)$$

Donde:

$$Tr = 7 \text{ horas}$$

$$N^{\circ} \text{ posiciones} = 5 \text{ posiciones}$$

$$Fr = 8 \text{ días}$$

Realizado el cálculo se tendrá a 8 usuarios por hilo.

m) Número de hilos (Nh)

$$N^{\circ} \text{ hilo} = \frac{N^{\circ} \text{ usuarios}}{Usuarios \ hilo} \quad (21)$$

Donde:

$$Usuarios \ por \ hilo = 8 \text{ usuarios}$$

$$N^{\circ} \text{ usuarios} = 34 \text{ (Comunidad Achoco)}$$

Reemplazando los datos se tiene 4,25 hilo, asumiendo será de 5 hilos.

n) Caudal por hilo (Qh) y sistema

$$\text{Caudal Hilo} = \frac{N^{\circ} \text{aspersores} * Q_{\text{aspersor}} \text{ (l/s)}}{Ef. Cap * Ef. Cond * Ef. Dist.} \quad (22)$$

Donde:

N° aspersores = 4 aspersores

Q aspersor = 0,14 (l/s)

Ef. Cap. = 98%

Ef. Cond. = 98%

Ef. Dist. = 98%

El caudal por hilo será de 0,59 l/s y para todo el sistema será entonces el caudal por hilo multiplicado por el número de hilos (5 hilos), teniendo así un caudal de 2,97 l/s que requerirá el sistema diseñado.

4.5.2 Diseño Hidráulico

1) Presiones estáticas en hidrantes

Con las cotas analizadas en cada hidrante se elaboró las presiones estáticas como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 36. Presiones estáticas del sistema

Hidrante	Cota (m)	Presión Estática (mca)
Nodo Presión Regulada	4171	
H1	4155	16
H2	4154	17
H3	4142	29
H4	4128	43
H5	4117	54
H6	4104	67
H7	4101	70
H8	4098	73
H9	4097	74
H10	4095	76
H11	4094	77
H12	4081	90
Nodo unión	4077	

H13	4074	97
H14	4079	92

Fuente: Elaboración propia

2) Características del aspersor

El aspersor que se escogió anteriormente en el diseño agronómico, se estableció el número de aspersores y posiciones; teniendo en total 20 aspersores en toda la línea móvil con las siguientes características:

Tabla 37. Características del emisor (aspersor)

Aspersor Wobbler, Boquilla #10 – Turquesa		
Pn	7	mca
Qn	504	lt/hr
Diámetro	13,6	m
Diámetro mojado	8,84	m
Area del aspersor	78,15	m ²
Intensidad Precipitación	6,45	mm/hr

Fuente: Elaboración propia en base al catálogo de aspersores

3) Cálculo de la presión mínima en hidrante

$$P_H = P_n + 0,77 * \Delta H_L + \Delta Z \quad (23)$$

Donde:

P_n = 7 mca (Presión nominal del aspersor)

ΔZ = 2 m

Para ΔH_L se deberá hacer un cálculo adicional, con la fórmula:

$$Hf = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,871} * L * f \quad (24)$$

Donde:

Q = 0,5(m³/h)

C = 140 (coeficiente de rugosidad para PVC = 140-150)

D = 13,2 (mm)

L = 46,08 (m)

F = 0,486 (Factor de Christiansen para 4 salidas H-W)

Reemplazando los datos se tiene un H_f de 2,59 m.c.a.

Por tanto, la presión mínima en un hidrante con un 20% de H_f admisible tendremos la presión de 12,67 m.c.a, presión que asumiremos como presión mínima en todo el sistema de riego colectivo.

4) Pérdida de carga en tuberías en el primer hidrante

$$H_f = 1,131 * 10^9 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * D^{-4,871} * L \quad (25)$$

Donde:

$$Q = 10,692 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

$$C = 140 \text{ (coeficiente de rugosidad para PVC = 140-150)}$$

$$D = 90 \text{ (mm)}$$

$$L = 182,55 \text{ (m) distancia del nodo de presión al H1}$$

Reemplazando los valores se tiene una pérdida de presión por fricción de 0,533 m.c.a.

La pérdida de presión por singularidad (H_s) será e15% del H_f ; es decir de 0,080 m.c.a., y finalmente se empleará la siguiente ecuación para la presión dinámica final:

$$P_{dinámica} = P_{estática} - H_f - H_s$$

$$P_{dinámica} = 16 - 0,533 - 0,080$$

La presión dinámica será de 15,387 m.c.a., adicionalmente se hará la diferencia con la presión cinética que es dada por $(v^2/2g)$, tendiendo así por último nuestra presión dinámica final con un valor de 15,376 m.c.a.

Se realizó la pérdida de cálculo de este tramo, puesto que es el más crítico en el sistema en cuanto a su presión estática, ya el resto de hidrantes no sufre presiones mínimas como se muestra en el punto 3 (presiones mínimas en hidrantes) del diseño hidráulico. Por lo cual las presiones dinámicas serán mayores a la que se requiere en cada hidrante.

5) Modelación del diseño hidráulico (Gestar v1. 2016)

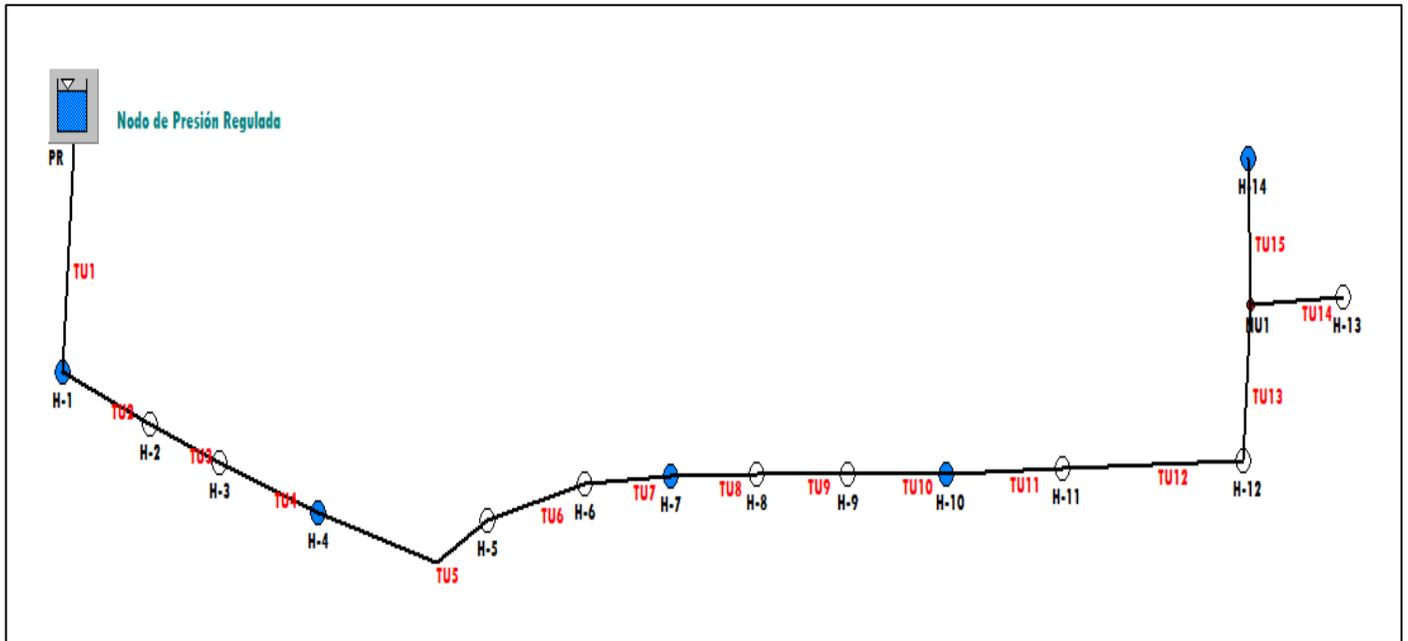


Figura 28. Identificación y funcionamiento del sistema

Fuente: Elaboración propia

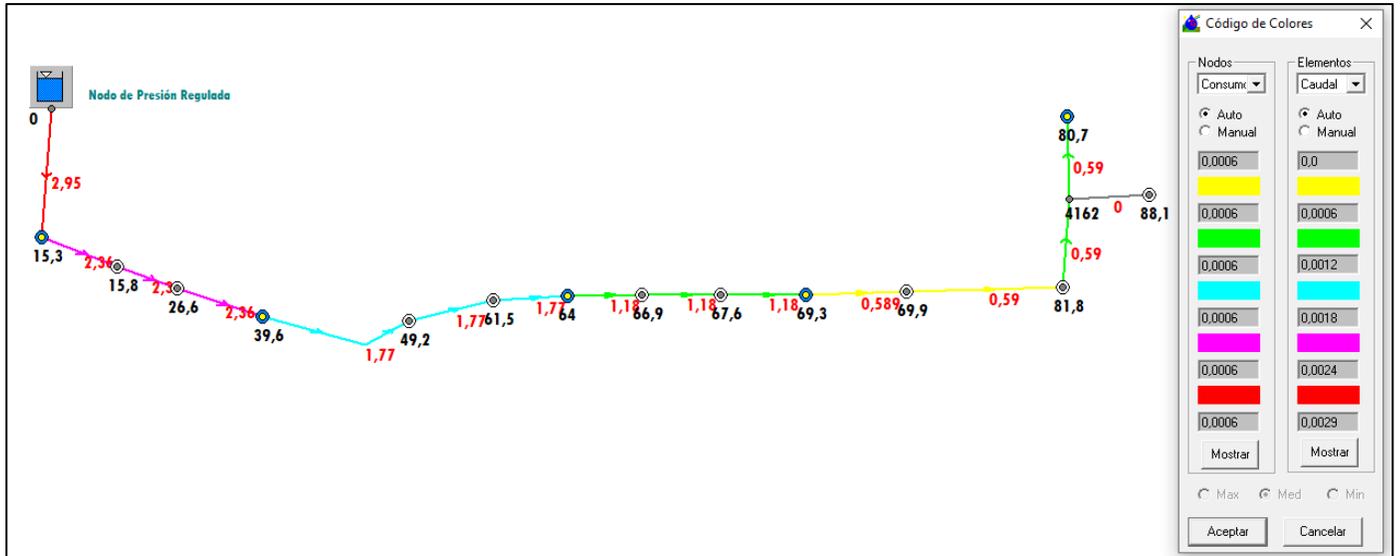


Figura 29. Presión en nodos y caudal del sistema

Fuente: Elaboración propia

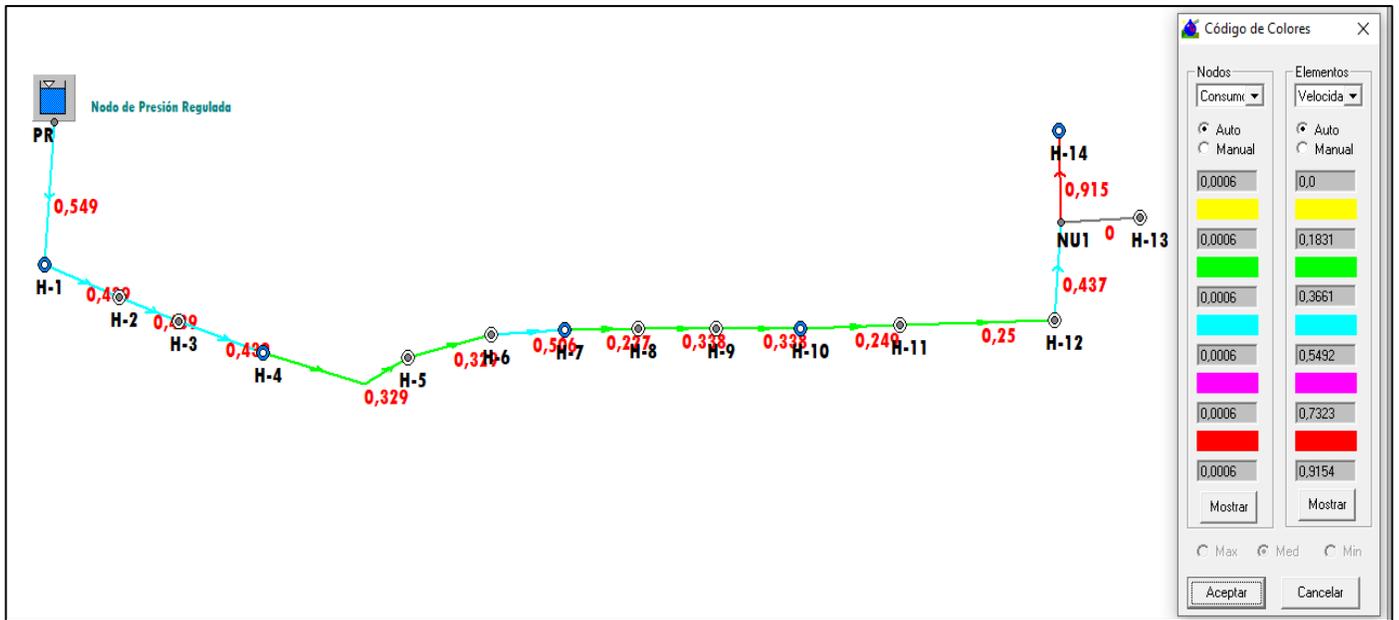


Figura 30. Velocidad de la tubería

Fuente: Elaboración propia

ELABORACIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO VENTANANI (SANTIAGO DE LLALLAGUA) - PROVINCIA AROMA

N° Beneficiarios	= 34
Caudal Hilo	= 0,59 (lts/seg)
Caudal del sistema	= 2,97 (lts/seg)
Frecuencia de riego	= 8 (días)
N° de aspersores	= 4
N° de posiciones	= 5
Tiempo de riego	= 35 (horas)

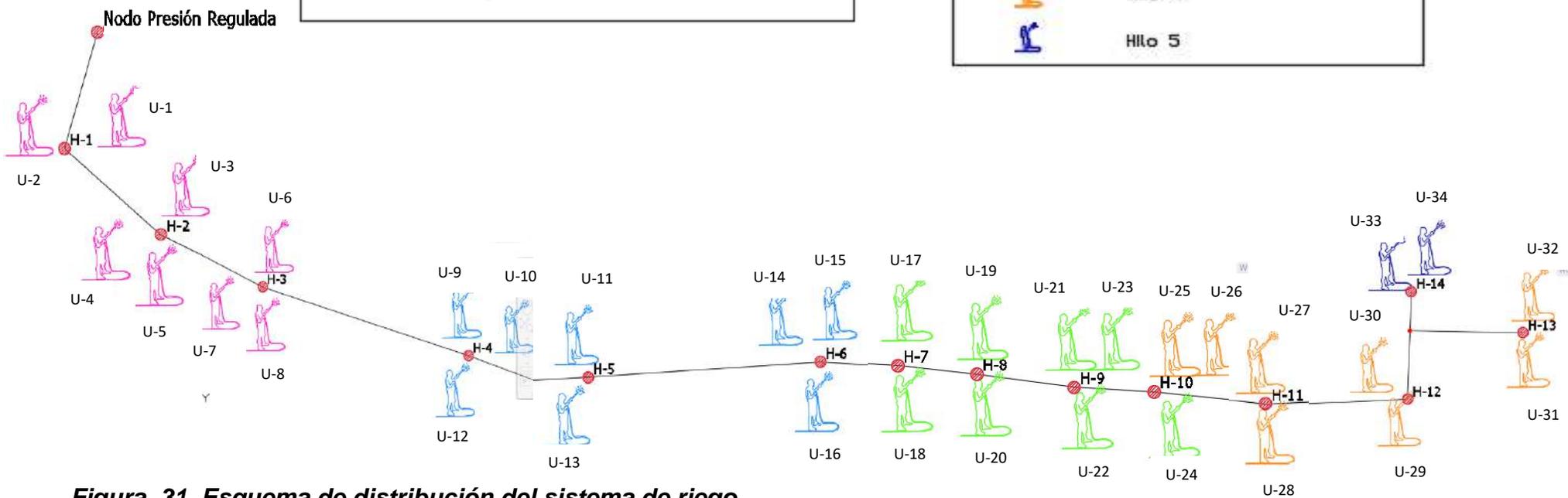


Figura 31. Esquema de distribución del sistema de riego

Fuente: Elaboración propia

4.6 Evaluación socioeconómica y financiera del proyecto

4.6.1 Presupuesto de los costos de inversión y equipamiento

A continuación, se detallan los presupuestos de cada componente del proyecto, dada la alternativa trabaja bajo una comunidad (Achoco) de todo el cantón Santiago de Llallagua.

Tabla 38. Presupuesto de obras y equipamiento

Descripción	Costo (Bs.)
Obras preliminares	8.672,27
Movimiento de tierra	598.545,96
Obra gruesa	21.232,27
Instalaciones	753.973,98
Línea de aspersión	11.424
Medidas ambientales y prevención	71.082,04
Obras finales	4.266,67
Presupuesto Total (Bs.)	1.469.197.18

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2 Evaluación Económica del proyecto

Para la evaluación económica del proyecto Sistema de Riego Tecnificado Ventanani, se ha realizado en base a la Metodología y Preparación y evaluación de proyecto del sector Riego utilizando las Planillas Parametrizadas del Ministerio de Hacienda, Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE), para los casos de evaluación privada o financiera y evaluación socioeconómica se han utilizado los siguientes parámetros descritos a continuación:

- ✚ Antecedentes del proyecto: Objetivos y problemas a solucionar.
- ✚ Datos de población y tasa de crecimiento.
- ✚ Costos de producción CON proyecto y SIN proyecto.
- ✚ Presupuesto general del componente de infraestructura.

De acuerdo a la Resolución Ministerial N° 132 del 08 de septiembre del 2020 – Ministerio de Planificación del Desarrollo aprueba y establece las Razones Precio Cuenta de Eficiencia, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 39. Parámetros complementarios.

	Parámetro	Valor
1	Razón Precio Cuenta de Eficiencia de la Divisa (RPCED)	1,21
2	Tasa de Costo Promedio Ponderado del Capital (TCPCC)	5,94%
3	Tasa Social de Descuento (TSD) Proyectos largo plazo (horizonte de análisis mayor a 10 años). Proyectos de corto plazo (horizonte de análisis menores a 10 años).	Proyectos largo plazo 3,75%. Proyectos corto plazo 8,40%.

Fuente: Ministerio de Planificación del Desarrollo, (2020).

4.6.3 Indicadores Financieros

De acuerdo a los valores obtenidos en referencia a la evaluación económica privada del proyecto, considerando los parámetros de evaluación RPC actuales y una tasa social de descuento de se obtiene el siguiente análisis:

Tabla 40. Evaluación privada

Indicador		Valor
VACP		396.304,81
VANP		166.789,41
CAEP		34.383,55
TIRP	5,94%	11,73%
RBC Privado		1,42

Fuente: Elaboración en base a las planillas parametrizadas.

Se tiene un RBC Privado (Relación Beneficio – Costo) de 1,41, lo que ese puede interpretar que los ingresos son mayores a los egresos, bajo una tasa de descuento privado de 5,94% con una Tasa Interna de Retorno del 11,73% en un tiempo de 20 años.

4.7.4 Indicadores Socioeconómicos

De igual manera para la evaluación económica social del proyecto, considerando los parámetros de evaluación RPC actuales y una tasa social de descuento de 10%, se obtiene el siguiente análisis:

Tabla 41. Evaluación Socioeconómica

VACS		244.558,34
VANS		434.330,51
CAES		17.598,93
TIRS	3,75%	25,58%
RBC Social		2,30

Fuente: Elaboración en base a las planillas parametrizadas.

Se tiene un RBC Social (Relación Beneficio – Costo) de 2,30; lo que ese puede interpretar que los ingresos son mayores a los egresos, bajo una Tasa de Descuento Social de 3,75% con una Tasa Interna de Retorno del 25,58% en un tiempo de 20 años.

PARTE V

5. CONCLUSIONES

- La comunidad Achoco del Cantón Santiago de Llalagua perteneciente al Municipio Colquencha propiamente de la provincia Aroma, beneficiario del Proyecto Sistema de Riego Tecnificado Ventanani, cuya comunidad cuenta con 34 familias beneficiarias registradas (228 personas); los cuales dependen de la actividad agrícola producida a secano; es decir con lluvia estacionales, representados en los rendimientos de producción y cultivos en su mayoría de siembra en verano.
- En el área de estudio los cultivos principales son quinua (0,7 ha), cebolla verde (0,28 ha), cebada forraje (0,20 ha), trigo (0,15 ha) y papa (0,8 ha). Adicionalmente rendimientos de: Quinua (0,69 Tn/ha), cebada forraje (1,96 Tn/ha), trigo (0,8 Tn/ha), y papa (2,0 Tn/ha). La producción agrícola es cultivada en superficies reducidas, puesto que no hay canales o flujos de comercialización de sus productos a puntos de abastecimiento directos para el consumidor, por tal motivo solo lo realizan en ferias específicas de la zona o comunidades colindantes, tales como: Patacamaya, Calamarca y Waldo Ballivián.
- La zona de influencia del proyecto (Achoco) cuenta con todas las condiciones básicas como ser semillas, tecnologías de siembra (tracción animal y maquinaria agrícola), parcelas para realizar todas las actividades agrícolas. Por lo cual si se introdujera un sistema de riego tecnificado se ampliaría sus rendimientos en un 20%, adicionalmente se incorporaría nuevos cultivos que son a su vez tolerantes al clima de la zona, como ser: Haba verde (0,55 ha), arveja verde (0,5 ha), zanahoria (0,3 ha), oca (0,18 ha) y papa precoz (1,4 ha). Lo cual estaría impulsando el desarrollo socioeconómico, diversificando los cultivos y aumentando los rendimientos de los cultivos, adelantando las siembras.
- El diseño agronómico nos da como principales datos: Lámina Neta (Ln) de 35 mm, Lámina bruta (Lb) de 46,67 mm, Frecuencia de Riego (Fr) de 8 días, Turno de riego (Tr) de 16 días, Eficiencia de aplicación (Ef. Ap) de 75%, Tiempo de

riego de 35 horas, Número de aspersores igual 4, Número de posiciones 5, Número de hilos igual a 5, Número de usuarios por hilo igual a 8 usuarios, Caudal por hilo igual a 0,59 lt/sg; tendiendo así un caudal de salida desde el nodo de presión regulada o nodo de demanda conocida con una caudal de 2,97lt/sg.

- Por catálogo se escogió el aspersor XCEL WOBLER Boquilla #10 – Turquesa, con una presión de 0,69 bares, cauda 504 lt/hr, distancia de 13,6 m, por lo cual se pudo calcular los siguientes datos principales: Diámetro Mojado de 8,84 m con un (65% de espaciamento), Área del aspersor de 78,15 m², Intensidad de precipitación 6,45 mm/hr, Área por posición 1562,91 m²
- Para el diseño hidráulico se tomó la fórmula de pérdida de carga, la de Darcy – Weisbach para el diseño en el software Gestar v.1, tendiendo como presión dinámica mínima en hidrantes de 12,7 m.c.a, por lo cual se hizo el cálculo en el primer hidrante que es el de menor o más baja presión dinámica en toda red con 15,37 m.c.a con las siguientes características: Clase 6, PVC con un diámetro interior de 90 mm, un caudal de 2,97 lt/sg y una velocidad de 0,55 m/s estando en el rango permisible de 0,5 – 2 m/s en tuberías PVC para sistemas de riego.
- El presupuesto de los costos de inversión del proyecto sistema de riego tecnificado en la comunidad en estudio es de 1.469.197,18 Bs y realizando el análisis financiero económico social que es la parte más importante en proyectos sociales se tiene un RBC social del 2,3 que es mayor a 1 y por lo cual se recomienda su ejecución desde el punto de vista socioeconómico social.

PARTE VI

BIBLIOGRAFÍA

- Aidarov, I.P., Linares., Gonzales, J. (1985). El Riego. Ed. Mir. Moscú. Mencionado por Cisneros, A. R. (2003). Apuntes de la Materia de Riego y Drenaje. Pág. 77.
- Alicia, F. C. (2012). El agua: un recurso esencial. Ed. Química Viva. Buenos Aires Argentina. pp. 147-170.
- Ander-Egg, E. & Aguilar, M. J. (1989). Como Elaborar un Proyecto: guía para diseñar proyectos sociales y culturales. Editorial Litodar. Argentina. P. 13.
- Avilés, H. (2006). El Valor del Agua en la Agricultura. Revista Ciencias de la Vida, 28 – 31.
- Cairo, P. (1995). La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico. UNA - Managua, Nicaragua. 228p.
- Carrazón, A. J, (2007). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. Honduras. Recuperado el 9 de septiembre de 2020 de: <http://www.fao.org/3/at787s.pdf>.
- Carrión, R. I. & Berastegui, V. I. (2010). Guía Para la Elaboración de Proyectos. Editorial Kei- Ivac. España. Pág. 13,14.
- Cotler, H., Galindo, A., Gonzáles, D., Pineda, R. & Rios, E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Recuperado el 9 de septiembre de 2020 de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>.
- Chipana, R. R. (2003). Principios de Riego y Drenaje. La Paz – Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, 172 p.

Constitución Política del Estado. (2009). Constitución Política del Estado. La Paz – Bolivia. Págs. 13, 143.

Demin, P. E. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. INTA. Argentina Catamarca: pág. 03

Dirección de Elaboración de Estudios de Proyectos de Pre inversión. (2020). Proyecto y elaboración del EDTP “Sistema Complementario Presa de Ventanani”. La Paz, Derechos Reservados.

Dirección General de Riego y Suelo. (2003). ABRO3.0 Cálculo de Área Bajo Riego Óptimo. Piramide Informatik S.R.L, Cochabamba – Bolivia.

Domenech, X. & Peral J. (2012). Química Ambiental de Sistemas Terrestres. Editorial Reverté. España. 256 p.

Duque, E. G. (2017). Manual de geología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales, Manizales, Colombia.

Empresa Pública Departamental Estratégica de Aguas. (2017). Proyecto: Construcción de la Presa Ventanani (Santiago de Llallagua), La Paz – Bolivia 1 – 52 pp.

FAO. (1990). Anexo II. Clasificación de suelos por su aptitud USBR USDA. Recuperado el 9 de septiembre de 2020 en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/rionegro/DT_02_-_ANEXO_II_-_Clasificaci%C3%B3n_de_suelos_por_su_aptitud_USRB_USDA.pdf.

FAO. (2009). Capítulo 2. Hidrología, arquitectura del suelo y movimiento del agua. Recuperado el 9 de septiembre de 2020 en: <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s06.htm>.

FAO. (1996). Riego y Drenaje. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Recuperado el 16 de septiembre de 2020 en <http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/riego/Archivos/Cap%2016%20-%20Calidad%20Quimica%20del%20Agua.pdf>.

- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Recuperado el 9 de septiembre de 2020 en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.
- FAO. (2014). Manual de Riego Parcelario, Ecuador. Recuperado el 9 de septiembre de 2020 en:
http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/reconat/pdf/MR_cap2.PDF.
- FAO. (2015). AQUASTAT Perfil de País - Bolivia (Estado Plurinacional de). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia. Pág. 7
- Fernández, R. N. (2002). Manual de Proyectos. Ed. Coria Gráfica S.R. España. Pág. 6.
- Fondo de Inversión Productiva y Social (FPS). (2011). Guía técnica-didáctica para la aplicación de principios de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Primera Edición, La Paz – Bolivia. 87p.
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Delgado, M. & Besterio, S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas. La Plata, Buenos Aires. 191 p.
- Gurovich, L. A. (1985). Fundamentos y Diseño de Sistemas de Riego. Ed. IICA San José – Costa Rica. 434 pp.
- Heredia, O. S. (2005). El agua de Riego: Criterios de Interpretación. Efectos sobre el suelo y la producción. Recuperado el 12 de septiembre de 2020 en: https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/agua_riego_criterios_interpretacion.pdf.
- Hoogendam, P & Ríos, C. (2008). Manual de riego tecnificado para los valles. Impresiones Poligraf. Cochabamba, Bolivia. 170 p.
- Huaylla, L. (2019). Sistema de Riego Tecnificado. Vallegrande – Bolivia. Pág. 18.

- Jiménez, J., (2014). Manual de gestión del Riego. Fundación FAUTAPO. Cochabamba, Bolivia. 66 pp
- Mamani, H. A.A. (2016). Formulación del Proyecto de Sistema de Riego de la Comunidad CauchiTitiri del Municipio de Patacamaya. Trabajo Dirigido La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 1 – 225 p.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2013). Capacitación técnica: Riego por goteo en Olivo. Recuperado el 12 de septiembre de 2020 en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_hoja_informativa_riego_por_goteo_olivo-julio.pdf.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2014). Operación y Mantenimiento del Sistema de Riego por Aspersión en Laderas. Perú, 18 p.
- Ministerio del Agua/ Viceministerio de Riego/ Servicio nacional de riego. (2000). Plan Nacional de Riego “para Vivir Bien”, La Paz, Bolivia. Pág. 33.
- Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación (2007). Manual de Gestión de Evaluación de Cooperación Española. Madrid – España. Pág. 12
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2018). Guías para la elaboración de estudios de diseño técnico de pre inversión para proyectos de riego menor, mediano y mayores. La Paz – Bolivia: Ministerio de Medio Ambiente y Agua – Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. 189 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2004). Ley de Riego N° 2878. La Paz – Bolivia. 1 – 28 p.
- Ministerio de Planificación del Desarrollo. (2020). Resolución Ministerial N° 132. Recuperado el 27 de enero del 2021 en: [http://www.planificacion.gob.bo/uploads/14092020111648\[Sin_t%C3%ADtulo\].pdf](http://www.planificacion.gob.bo/uploads/14092020111648[Sin_t%C3%ADtulo].pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). (2011). Manual de diseño y construcción de pequeñas presas. Montevideo, Uruguay. 116 p.

- Monge, M.A. (2020). Interpretación de un análisis de agua para riego. Recuperado el 8 de septiembre de 2020 en: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>.
- Murillo, F.E. (2018). Planificación de Proyectos Agropecuarios. La Paz – Bolivia, Apuntes de cuaderno.
- NAANDANJAIN IRRIGATION (2020). Catálogo de Aspersores. Recuperado el 10 de noviembre de 2020 en: <http://naandanjain.com/about-us/who-we-are/?lang=es>.
- Orsag, V. (2010). El recurso Principios para su manejo y conservación. Bolivia: Editorial Zeus. La Paz, Bolivia. pág. 9.
- Oviedo, A. S. & Liotta, M.A. (2013). Capacitación Técnica: Riego por goteo en Olivo, San Juan INTA. Recuperado el 28 de septiembre de 2020 en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_hoja_informativa_riego_por_goteo_olivo-_julio_.pdf.
- PRONAMACHS (2005). Capítulo IX: Fundamentos de Riego. Recuperado el 15 de septiembre de 2020 en: <https://www.agrorural.gob.pe/documentos-compartidos/file/capitulo-ix-fundamentos-del-riego/>.
- Rocha, M. (1993). Balance Hídrico Superficial de Bolivia. Publicación Phicab. La Paz
- Salazar, L.; Saravia, R.; Rafael, R. (2010). Sustentabilidad y Autogestión de Sistemas de Riego. Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable PROAGRO. Cochabamba, Bolivia. 67 pp.
- SENNINGER ®. (2020). Productos de riego agrícola – Aspersores Wobblers® para cobertura total. Recuperado el 11 de noviembre de 2020 en: <https://www.senninger.com/es/product-line/Aspersores-Wobblers%C2%AE-para-Cobertura-Total>,
- Serrano, C. G. (2010). Ingeniería del Riego y Drenaje. Ed. Serrano Coronel, Genaro. La Paz – Bolivia. 246 pp.

- Serrano, G. (2014). Ingeniería del Riego Tecnificado. Universidad Pública de El Alto, Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología, Instituto de Investigación Ciencia y Tecnología. La Paz, Bolivia.
- Soto, J. F. (2002). Manual para el Diseño y Gestión de Pequeños Sistemas de Riego por Aspersión en Laderas. Cusco. 157 p.
- Tola, A, D.O. (2015). Guía para el diseño de la Gestión en Sistemas de Riego Colectivos. Recuperado el 7 de septiembre de 2020 en: https://www.academia.edu/25696160/Gestion_del_Riego.
- Universidad de Zaragoza. (2016). Gestar 2016 – Aplicación para la Ingeniería Hidráulica y Energética de Redes de Riego a Presión. Huesca, España.
- Van Damme P. (2002). Disponibilidad, Uso y Calidad de los Recursos Hídricos en Bolivia. Recuperado el 7 de septiembre de 2020 en https://cebem.org/revistaredesma/vol10/pdf/informacion/recursos_hidricos_bol.pdf.
- Vargas, M. G. (2016). Diseño de proyecto de inversión de un sistema de microriego tecnificado por aspersión en la comunidad de Viluyo de la Provincia Manco Kapac. Trabajo dirigido. La Paz - Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía-. 1 -117 p.
- Viceministerio de Recurso Hídricos y Riego. (2012). Inventario Nacional de Sistemas de Riego. Cochabamba, Bolivia. 28 p.
- Viceministerio de Riego. (2007). Plan Nacional de Desarrollo del Riego “para vivir bien”. La Paz, Bolivia. 80 p.
- Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento externo (VIPFE). (2015). Reglamento Básico de Preinversión. Artículo 1 – 8. Bolivia. 2 p.

ANEXOS

ANEXO 1

Lista de beneficiarios

6



CANTON: SANTIAGO DE LLALLAGUA
 LISTA DE BENEFICIADOS CON EL PROYECTO MEJORAMIENTO SISTEMA DE RIEGO

N°	NOMBRE Y APELLIDO	CI IDENTIDAD	N° HECTAREAS	FIRMA	N° COMPONENTES DE LA FAMILIA	COMUNIDAD
1	Isidro Choque Cussi	92272636			8	Achoco
2	Sabendo Choque Chura	2401396			5	Achoco
3	Edgar Choque Huallpa	4789557			9	"
4	Apolinar Rojas Choque	2036476			10	"
5	Nieves Rojas Uda de Choque	2164577				"
6	Anacho Huallpa Choque	5941230			7	"
7	Modesdo Choque Choque	3383802			10	"
8	Esteban Choque Estrada	2164515			6	2164515
9	Asencio Farfan Machaca	33032484			11	"
10	Julio Farfan Machaca	4256498			8	"
11	Bernabé Choque Choque	2164654			5	"
12	Donato Choque Huanca	2164520			10	"
13	Humberto Choque Huanca	2036495				"
14	Celso Choque Choque	6078262			10	"
15	Donato Huallpa Choque	2163961			8	"
16	Lucia Huallpa Uda de Choque	2164516			11	"
17	Martin Choque Condori	2164436			8	"
18	Ponciano Choque Farfan	5482814			7	"
19	Javier Choque Machaca	6923445			4	"
20	Natalia Choque Estrada	6916742 2401424			9	"
21	Falomina Machaca de Choque				7	"
						Achoco

CANTON: SANTIAGO DE LLALLAGUA
 LISTA DE BENEFICIADOS CON EL PROYECTO MEJORAMIENTO SISTEMA DE RIEGO

N°	NOMBRE Y APELLIDO	CI IDENTIDAD	N° HECTAREAS	FIRMA	N° COMPONENTES DE LA FAMILIA	COMUNIDAD
22	Agustín Choque	21612784		<i>Agustín Choque</i>	6	Achoco
23	Luis Sr. Choque	4261335		<i>Luis Sr. Choque</i>	9	Achoco
24	Emma Patty	84078321		<i>Emm.P.L.</i>	4	"
25	Lucio Choque	2163972		<i>Lucio Choque</i>	8	"
26	Bernardino Choque	4256473		<i>Bernardino</i>	10	"
27	Javier Choque	6923446		<i>Javier M.</i>	4	"
28	Julia Paro Vela de Choque	2401390		<i>Julia Paro</i>	7	Achoco
29	Clemente Choque Huallpa	2164535		<i>C.H.</i>	3	Achoco
30	Marcalina Choque	2164655				
31	Fausto Rojas Choque	6010211				
32	Galbastro Rojas Choque					
33	Yhony Farfan Choque	8407857				
34	Pascual Farfan Machaca					
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43	<i>Isidro Choque</i> <i>Sullko Mallku</i>					
44						



Isidro Choque Cussi
MALLKU
 COM. ACHOCO MUNICIPIO CALAMARCA
 PROV. AROMA

ANEXO 2

Información Meteorológica

Estación: Collana
 Departamento: La Paz
 Provincia: Aroma

Latitud Sud: 16§ 54' 01"
 Longitud Oeste: 68§ 16' 54"
 Altura m/s/n/m: 3911

DATOS DE: PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	116,1	108,1	79,1	19,2	3,8	9,9	0	5,6	3,5	89,3	1,5	84,6	520,7
2001	261,2	150,5	145,8	16,2	1	6,5	13,5	33,7	9	45,7	33,2	95,6	811,9
2002	86,1	134,8	91,9	37	11,5	7,2	33,3	12,7	19	61	55,9	63,6	614
2003	153,2	104	65,4	0,8	3,8	0	2,1	4,9	12	9,9	16,6	81,2	453,9
2004	183,5	87,4	144,1	11	9,8	0	26	29,2	8,1	9,8	39,8	76,3	625
2005	98,3	81,1	38,4	37,8	1,8	0	0,5	0	56	51,9	59,8	58,8	484,4
2006	201,7	96,3	59,5	17,1	0	0	0	2	14,5	22,3	68,2	46,5	528,1
2007	81,1	65,4	76,4	53,7	5,7	3,3	2,5	0	40,1	13,4	64,9	102,7	509,2
2008	149,7	53,2	67,7	7,3	1,5	4,8	0	2	3,2	27,9	12,8	83,8	413,9
2009	52,6	88,2	64,1	12,5	1,2	0	4	0	6,6	8,9	29,9	130,6	398,6
2010	140,1	94,7	32,2	30,4	24	0	1,5	6,8	5,9	41,1	4,2	69,5	450,4
2011	56,3	94,1	52,3	0,2	5,2	0	8	3,2	24,5	26,2	39,4	123,7	433,1
2012	136,4	96,3	60,3	28,9	0	0	10,2	2,2	4	18,4	29,3	112,7	498,7
2013	93,4	55,4	51,7	4,6	23,6	39,7	3,1	43,1	1,2	47,7	40,5	116,2	520,2
2014	137,6	50,8	70,5	22	22,4	0	5,2	18,8	56,8	35,5	9,1	249,6	678,3
2015	113,2	76,1	66,7	67,5	0	0	8	32,2	18,3	36,4	81,3	83,5	583,2
2016	51,9	140,8	34,2	25,1	0	16,3	4,5	0,9	2,3	40	29,2	39,4	384,6

MAX (mm)	261,2	151	146	67,5	24	39,7	33,3	43,1	56,8	89,3	81,3	250	
MIN (mm)	51,9	50,8	32,2	0,2	0	0	0	0	1,2	8,9	1,5	39,4	
MEDIA (mm)	124,26	92,78	70,61	23,02	6,78	5,16	7,20	11,61	16,76	34,44	36,21	95,19	524,01

Estación: Collana
 Departamento: La Paz
 Provincia: Aroma

Latitud Sud: 16§ 54' 01"
 Longitud Oeste: 68§ 16' 54"
 Altura m/s/n/m: 3911

DATOS DE: TEMPERATURA MÍNIMA MEDIA (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	4,2	3,7	3,9	1,8	-0,7	-2,9	-3,5	-1,2	-0,1	2,1	1,7	3,5	1
2001	4	4,2	4	2,3	-0,4	-2,4	-3,6	-1,6	0,4	1,6	3,6	3,7	1,3
2002	4	4,9	4,6	2,7	0,4	-1,4	-2,3	-1,1	0,7	2,9	3,1	4,2	1,9
2003	5,4	4,6	4,4	1,2	-0,8	-3,9	-3	-2,6	-0,8	1,4	2,6	4,4	1,1
2004	4,9	4,3	3,7	2,5	-2,6	-3,2	-1,9	-0,7	0,3	1,5	3,2	4,2	1,4
2005	4,8	4,4	3,8	2	-1,2	-4,1	-3,2	-3,2	-0,1	2,2	3,3	4,7	1,1
2006	4,7	3,9	4,5	2,3	-2,2	-2,8	-4	-1,1	-0,7	2,9	4,3	5	1,4
2007	5	4,7	4,2	2,6	0	-1,5	-2,8	-1,6	1,1	2,2	2,4	3,9	1,7
2008	4,9	3,7	2,9	0,7	-2,5	-3,6	-3,4	-2,8	-1	1,9	2,9	4,2	0,7
2009	4,2	4	3,3	1,1	-1,2	-4,4	-2,7	-3,5	-0,3	2,3	4,2	4,8	1
2010	5,2	5,4	3,8	1,8	-0,3	-1,6	-4,1	-2	0,4	1,6	1,2	3,9	1,3
2011	4,9	4	3,8	0,9	-2	-2,3	-3	-2,2	-0,8	1,1	2,4	3,2	0,8
2012	3,6	3,7	2,6	1,7	-2,5	-3,5	-4	-3,3	-1,2	0,8	2,5	4	0,4
2013	3,1	4,5	2,9	-0,4	-0,4	-2	-2,5	-2,8	-1,3	1	2	3,6	0,6
2014	3,6	3,2	1,9	1,2	-0,4	-2,9	-3,1	-1,3	2,1	2,4	2,4	2,9	1
2015	1,9	1,5	2	1,7	-1,4	-2,5	-3,9	-3,9	-1,9	1	4,6	4,8	0,3
2016	2,6	2,2	2,6	1,4	1,7	-3,8	-1,2	-2	1	2,3	2,5	3,1	1

MAX (°C)	5,4	5,4	4,6	2,7	1,7	-1,4	-1,2	-0,7	2,1	2,9	4,6	5	
MIN (°C)	1,9	1,5	1,9	-0,4	-2,6	-4,4	-4,1	-3,9	-1,9	0,8	1,2	2,9	0,3
MEDIA (°C)	4,18	3,95	3,44	1,61	-0,99	-2,87	-3,04	-2,23	-0,13	1,82	2,95	4,04	12,71

Estación: Collana
 Departamento: La Paz
 Provincia: Aroma

Latitud Sud: 16ş 54' 01"
 Longitud Oeste: 68ş 16' 54"
 Altura m/s/n/m: 3911

DATOS DE: TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (°C)

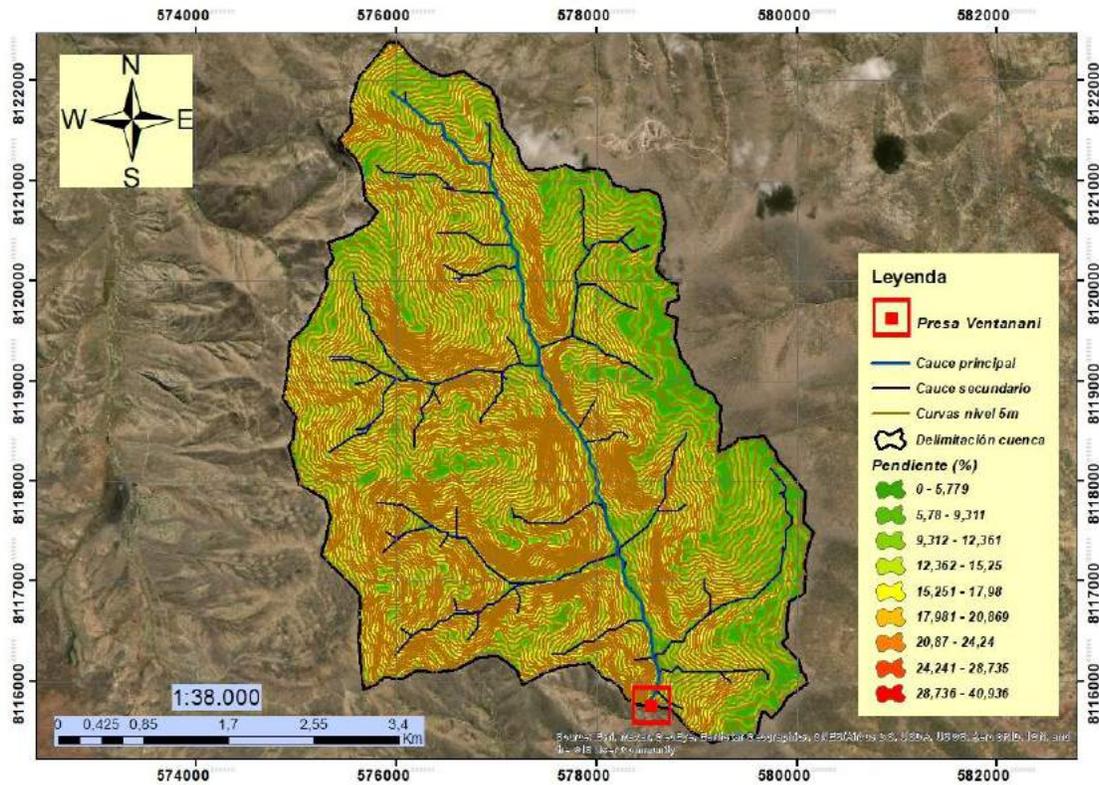
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	16,6	16,3	17,1	18,3	18,3	15,5	15	16,7	18,8	17	20,3	17,7	17,3
2001	14,5	15,7	16	16,9	16,5	15,7	15,6	15,8	17,8	18,6	20,6	18,5	16,8
2002	18,2	17,2	17,2	16,9	16,8	16	13,6	15,9	17,5	17,4	19,2	18,8	17,1
2003	17,6	17,7	16,8	18,4	17,4	17	16,1	16,7	17	20	20,5	20,1	17,9
2004	15,7	17,1	18,1	18,1	16,6	15,8	14,9	15,7	18	19,7	20,5	19,6	17,5
2005	17	16,4	19,5	18,4	18,2	16,7	17,1	18,1	16,4	17,6	18,4	18,3	17,7
2006	15,4	17,3	18,2	17,9	17,5	16,6	17,3	17,3	18	19,8	18,9	19,4	17,8
2007	18	18	16,7	17,6	17,1	18,2	15,3	18,3	16,6	19,5	19,1	17,7	17,7
2008	16,1	17,3	17,5	18,2	17,4	17	17,2	18,1	19,4	19	20,9	18,1	18
2009	18	17,9	17,4	17,8	17,6	17,4	16,9	17,9	19,2	20,6	20,9	19,2	18,4
2010	17,7	18,1	18,9	19,2	17,3	18	17,4	19,2	19,3	18,6	21	19,8	18,7
2011	19	15	16,3	18,1	17,6	16,7	15,5	17,3	17,4	18,2	19,2	17,4	17,3
2012	16,6	14,9	16,3	15,8	16,6	16	16,4	17,7	19,1	19,7	19,7	16,9	17,1
2013	15,6	16,3	17,5	18,5	17,5	15	16,4	17,1	18,3	18,7	19,8	17,1	17,3
2014	15,5	17,2	17,6	18,4	16,9	18	16,2	16,2	17,5	18,7	19,4	19,6	17,6
2015	16	15,4	16,6	15,8	16,3	17,2	15,4	15,6	17,2	18,8	19,1	18,9	16,9
2016	19	14,8	17,6	15,9	16,8	16,4	15,8	16,2	17,1	17,2	18,7	17,6	16,9

MAX (°C)	19	18,1	19,5	19,2	18,2	18,2	17,4	19,2	19,4	20,6	21	20,1	18,7
MIN (°C)	14,5	14,8	16	15,8	16,3	15	13,6	15,6	16,4	17,2	18,4	16,9	16,8
MEDIA (°C)	16,87	16,64	17,39	17,62	17,13	16,73	16,07	17,07	17,86	18,88	19,74	18,56	17,53

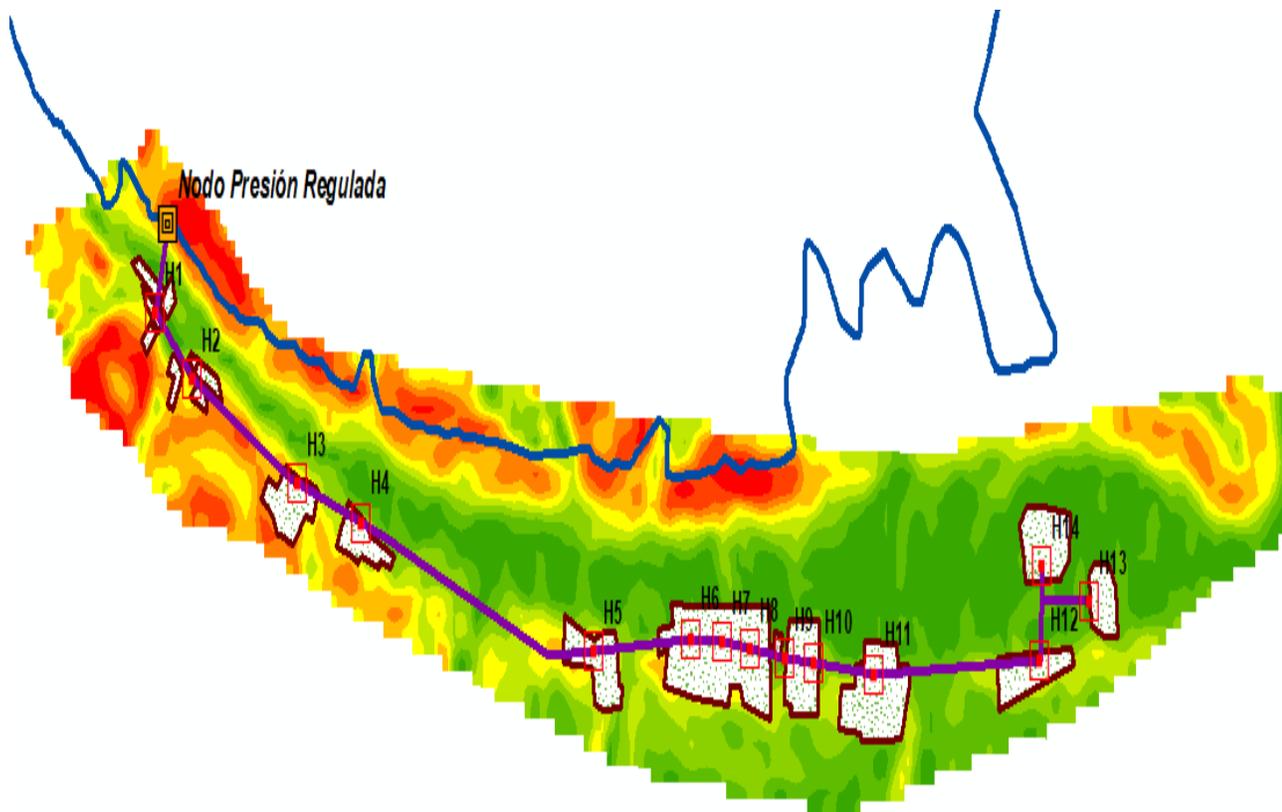
ANEXO 3

**Modelación en SIG de la
cuenca de aporte y la zona
de estudio**

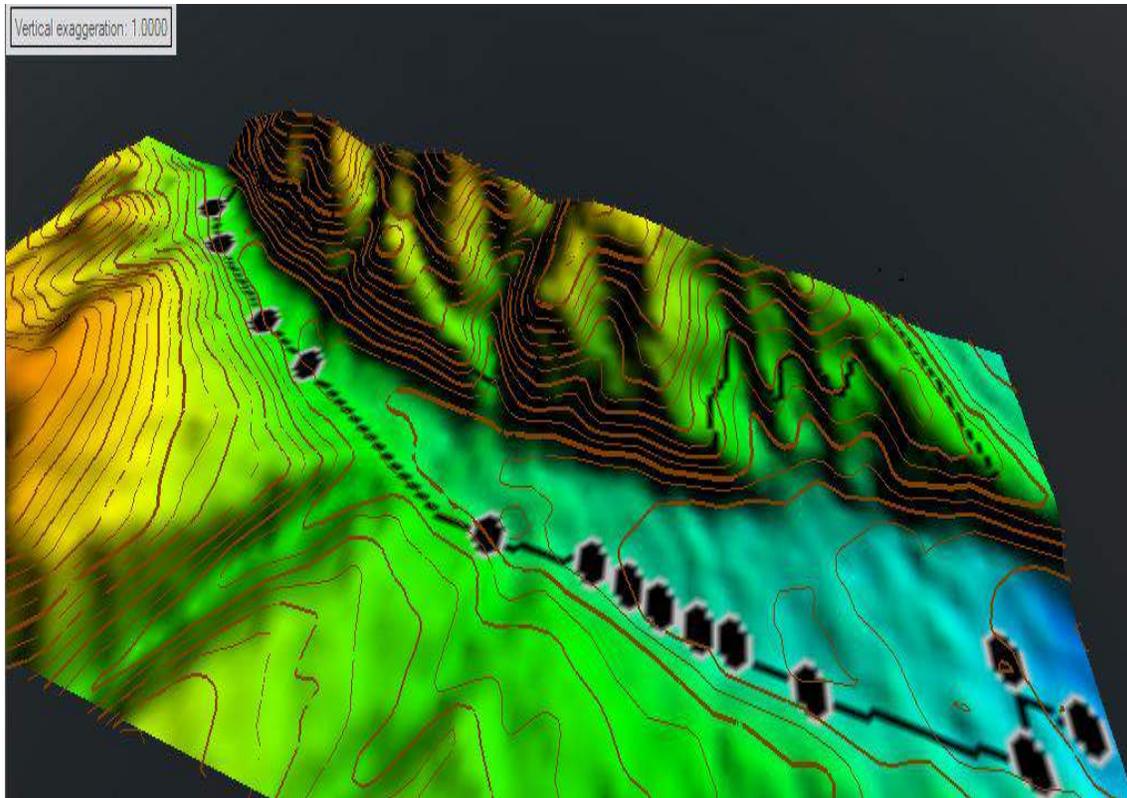
Modelación 1. Características de la cuenca de aprovechamiento



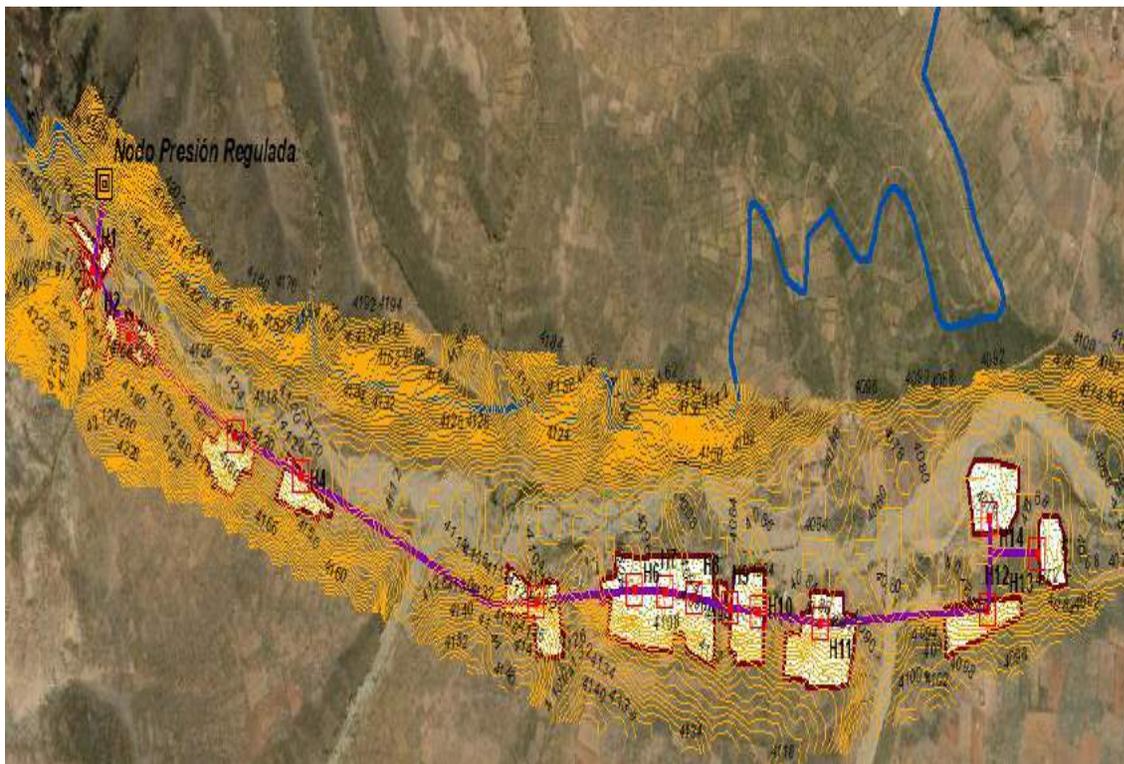
Modelación 2. Pendiente de la zona de estudios y las área parcelas de riego



Modelación 3. Curvas de nivel en 3D de la zona de estudio



Modelación 4. Cruvas de nivel en planta de la zona de estudio.



ANEXO 4

**Reportes del área bajo
riego óptimo ABRO**



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO IDENTIFICACION DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO:	Elab. y Diseño Proy. Sist. Riego Tec. Ventanani
NOMBRE DEL PROYECTISTA:	Marco Cori Sirpa
LOCALIZACION:	
DEPARTAMENTO:	La Paz
PROVINCIA:	Aroma
MUNICIPIO:	Colquencha
COMUNIDAD:	Santiago de Llallagua - Achoco
LATITUD:	17°03'16"
LONGITUD:	68°13'41"
ZONA AGRO CLIMATICA:	Altiplano



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO DE REFERENCIA (ET_o)

Método Penman Monteith

Latitud: 16 °	Altitud: 3900 msnm
---------------	--------------------

Temperatura Mínima (°C)											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
-2.83	-3.03	-2.17	-0.13	1.84	2.88	4.01	4.16	3.89	3.43	1.71	-0.88

Temperatura Máxima (°C)											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
16.55	16.03	17.05	17.92	18.77	19.78	18.51	16.86	16.62	17.31	17.64	17.18

ET _o CALCULADO (mm/día):											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
3.00	2.99	3.46	3.98	4.39	4.74	4.45	4.06	3.90	3.83	3.61	3.25



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

DATOS SIN PROYECTO

AREA REGABLE (ha):	0.00	Eficiencia del Sistema:	Total: 1.0000
CAPACIDAD MAXIMA DEL CANAL (l/s):	0.00	De captación: 1.00	De distribución: 1.00
		De conducción: 1.00	De aplicación: 1.00

PRECIPITACIONES (mm):											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
4.87	7.80	11.61	16.76	34.44	36.21	95.19	123.38	90.47	69.66	23.38	12.60

DERECHOS DE TERCEROS (l/s):											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cultivo	Mes de siembra	Area (ha)
	TOTAL	0.00

Fuente de Agua:	Volumen total (m3):



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

DATOS CON PROYECTO

AREA REGABLE (ha):	100.00	Eficiencia del Sistema:	Total: 0.7059
CAPACIDAD MAXIMA DEL CANAL (l/s):	11.00	De captación:	0.98
		De distribución:	0.98
		De conducción:	0.98
		De aplicación:	0.75

PRECIPITACIONES (mm):											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
4.87	7.80	11.61	16.76	34.44	36.21	95.19	123.38	90.47	69.66	23.38	12.60

DERECHOS DE TERCEROS (l/s):											
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cultivo	Mes de siembra	Area (ha)
Quinua	Noviembre	1.00
Haba (verde)	Agosto	0.55
Arveja (verde)	Septiembre	0.50
Cebolla (verde)	Octubre	0.85
Zanahoria	Julio	0.30
Oca	Octubre	0.18
Cebada (forraje)	Noviembre	0.30
Trigo	Agosto	0.50
Papa Precz	Julio	1.40
TOTAL		5.58

Fuente de Agua:	Presa (Achoco)	Volumen total (m3):	39,750.00								
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
0.00	8,053.92	8,053.92	7,794.12	8,053.92	7,794.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente de Agua:	Cuenca Catavi	Volumen total (m3):	2,219,527.87								
Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
20,554.56	32,890.75	48,934.37	70,683.84	145,196.06	152,694.72	401,385.02	520,252.42	381,483.65	293,713.34	98,599.68	53,139.46



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

AREA BAJO RIEGO OPTIMO SITUACION SIN PROYECTO (PARTE 1)

PROYECTO: Elab. y Diseño Proy. Sist. Riego Tec. Ventanani		AREA BAJO RIEGO OPTIMO: 0.00 (ha)	
CULTIVO			TOTAL
AREA REAL (ha)			0.00
AREA BAJO RIEGO OPTIMO			0.00

AREA NETA (ha)	0.00
FACTOR DE AREA	0.0000
CAPACIDAD MAXIMA (l/s)	0.00

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	ANUAL
	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	365
<i>ET (mm/día)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
<i>ET (mm/mes)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Prec. (mm)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Prec. Efec. (mm)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ETR (mm)		
Req. Riego (mm)		
Req. Neto (m3)		



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

AREA BAJO RIEGO OPTIMO SITUACION SIN PROYECTO (PARTE 2)

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ETR total (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Area Total (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caudal Neto (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Caudal (l/s/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEMANDA													
EFICIENCIA TOTAL = 0.000000	Eficiencia de Captación = 0.00			Eficiencia de Conducción = 0.00			Eficiencia de Distribución = 0.00			Eficiencia de Aplicación = 0.00			
Req. Bruto Total (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEMANDA TOTAL (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEMANDA TOTAL (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Caudal Unitario Bruto (l/s/ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA													
Fuente 1 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 2 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 3 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 4 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA TOTAL (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA REAL (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BALANCE													
BALANCE (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Superficie de Riego Máx. (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Superficie Adicional (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AREA DEFICITARIA (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

AREA BAJO RIEGO OPTIMO SITUACION CON PROYECTO (PARTE 1)

PROYECTO: Elab. y Diseño Proy. Sist. Riego Tec. Ventanani					AREA BAJO RIEGO OPTIMO: 5.58 (ha)					
CULTIVO	Quinoa	Haba (verde)	Arveja (verd)	Cebolla (ver)	Zanahoria	Oca	Cebada (forr)	Trigo	Papa Precz	TOTAL
AREA REAL (ha)	1.00	0.55	0.50	0.85	0.30	0.18	0.30	0.50	1.40	5.58
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	1.00	0.55	0.50	0.85	0.30	0.18	0.30	0.50	1.40	5.58

AREA NETA (ha)	100.00
FACTOR DE AREA	1.0000
CAPACIDAD MAXIMA (l/s)	11.00

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ET (mm/día)	3.00	2.99	3.46	3.98	4.39	4.74	4.45	4.06	3.90	3.83	3.61	3.25	
ET (mm/mes)	89.87	92.64	107.21	119.33	135.95	142.34	137.89	125.73	109.27	118.78	108.18	100.68	1,387.87
Prec. (mm)	4.87	7.80	11.61	16.76	34.44	36.21	95.19	123.38	90.47	69.66	23.38	12.60	526.37
Prec. Efec. (mm)	0.00	0.00	0.00	3.33	15.71	16.95	58.23	77.97	54.93	40.36	7.97	0.42	275.86
Kc (Quinoa)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.70	0.75	0.85	1.00	0.70	0.40	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.93	96.52	94.30	92.88	118.78	75.72	40.27	575.41
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.99	38.29	16.33	37.95	78.41	67.76	39.85	318.58
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	399.87	382.90	163.31	379.50	784.14	677.59	398.51	3,185.83
Kc (Haba (verde))	0.00	0.00	0.48	0.57	0.92	0.86	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	0.00	51.46	66.02	125.07	122.41	111.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	478.65
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	51.46	64.69	109.37	105.46	53.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	384.43
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	283.04	355.78	601.51	580.04	294.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,114.39
Kc (Arveja (verde))	0.00	0.00	0.00	0.44	0.53	0.97	0.89	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	52.51	72.05	138.07	122.72	103.10	0.00	0.00	0.00	0.00	488.45
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	49.17	56.35	121.12	64.49	25.13	0.00	0.00	0.00	0.00	316.26
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	245.87	281.73	605.59	322.45	125.66	0.00	0.00	0.00	0.00	1,581.30
Kc (Cebolla (verde))	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.16	1.38	1.16	0.94	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	156.34	165.11	190.29	145.85	102.71	0.00	0.00	0.00	760.30
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	140.63	148.16	132.06	67.88	47.78	0.00	0.00	0.00	536.52
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	1,195.39	1,259.37	1,122.47	576.99	406.17	0.00	0.00	0.00	4,560.39
Kc (Zanahoria)	0.00	0.37	0.73	0.91	1.10	0.95	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	34.28	78.26	108.59	149.54	135.22	110.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	616.21
Req. Riego (mm)	0.00	34.28	78.26	105.26	133.84	118.27	52.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	521.99
Req. Neto (m3)	0.00	102.83	234.79	315.78	401.51	354.81	156.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,565.97
Kc (Oca)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.50	1.02	1.30	0.95	0.60	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	27.19	71.17	140.65	163.45	103.81	71.27	0.00	0.00	577.53
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	11.48	54.22	82.41	85.48	48.88	30.90	0.00	0.00	313.38
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	20.87	97.60	148.35	153.87	87.98	55.63	0.00	0.00	564.09
Kc (Cebada (forraje))	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.76	1.15	0.60	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.66	104.80	144.59	65.56	0.00	0.00	0.00	367.61
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.72	46.56	66.62	10.63	0.00	0.00	0.00	159.54
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	107.15	139.69	199.87	31.90	0.00	0.00	0.00	478.61
Kc (Trigo)	0.00	0.00	0.35	0.75	1.15	1.05	0.86	0.67	0.20	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	0.00	37.52	89.50	156.34	149.45	118.59	84.24	21.85	0.00	0.00	0.00	657.50
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	37.52	86.17	140.63	132.50	60.35	6.27	0.00	0.00	0.00	0.00	463.46
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	187.62	430.84	703.17	662.52	301.76	31.36	0.00	0.00	0.00	0.00	2,317.28
Kc (Papa Precz)	0.00	0.20	0.50	1.16	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	18.53	53.61	138.43	81.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	292.13
Req. Riego (mm)	0.00	18.53	53.61	135.09	65.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	273.09
Req. Neto (m3)	0.00	259.40	750.48	1,891.32	922.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,823.27



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO

AREA BAJO RIEGO OPTIMO SITUACION CON PROYECTO (PARTE 2)

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
<i>ETR total (mm)</i>	0.00	52.81	220.86	457.05	768.11	891.02	995.57	735.52	386.81	190.04	75.72	40.27	
<i>Area Total (ha)</i>	0.00	1.70	2.75	3.25	4.28	4.18	4.18	3.33	2.83	1.18	1.00	1.00	
<i>Req. Neto (m3)</i>	0.00	362.24	1,455.94	3,239.60	4,126.03	4,066.96	2,867.87	1,251.07	905.55	839.77	677.59	398.51	20,191.11
<i>Req. Riego (mm)</i>	0.00	21.31	52.94	99.68	96.40	97.30	68.61	37.57	32.00	71.17	67.76	39.85	684.58
<i>Caudal Neto (l/s)</i>	0.00	0.14	0.54	1.25	1.54	1.57	1.07	0.47	0.37	0.31	0.26	0.15	
<i>Caudal (l/s/ha)</i>	0.00	0.08	0.20	0.38	0.36	0.38	0.26	0.14	0.13	0.27	0.26	0.15	2.60
DEMANDA													
EFICIENCIA TOTAL = 0.705894	Eficiencia de Captación = 0.98			Eficiencia de Conducción = 0.98			Eficiencia de Distribución = 0.98			Eficiencia de Aplicación = 0.75			
<i>Req. Bruto Total (mm)</i>	0.00	30.19	75.00	141.21	136.57	137.83	97.20	53.22	45.33	100.82	95.99	56.45	969.81
<i>DEMANDA TOTAL (l/s)</i>	0.00	0.19	0.77	1.77	2.18	2.22	1.52	0.66	0.53	0.44	0.37	0.21	10.87
<i>DEMANDA TOTAL (m3)</i>	0.00	513.16	2,062.54	4,589.35	5,845.11	5,761.43	4,062.75	1,772.31	1,282.84	1,189.65	959.90	564.54	28,603.60
<i>Caudal Unitario Bruto (l/s/ha)</i>	0.00	0.11	0.28	0.54	0.51	0.53	0.36	0.20	0.19	0.38	0.37	0.21	3.69
OFERTA													
<i>Presa (Achoco) (m3)</i>	0.00	8,053.92	8,053.92	7,794.12	8,053.92	7,794.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39,750.00
<i>Cuenca Catavi (m3)</i>	20,554.56	32,890.75	48,934.37	70,683.84	145,196.06	152,694.72	401,385.02	520,252.42	381,483.65	293,713.34	98,599.68	53,139.46	2,219,527.87
<i>Fuente 3 (m3)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Fuente 4 (m3)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>OFERTA TOTAL (m3)</i>	20,554.56	40,944.67	56,988.29	78,477.96	153,249.98	160,488.84	401,385.02	520,252.42	381,483.65	293,713.34	98,599.68	53,139.46	2,259,277.87
<i>OFERTA REAL (l/s)</i>	7.93	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	128.93
BALANCE													
<i>BALANCE (l/s)</i>	7.93	10.81	10.23	9.23	8.82	8.78	9.48	10.34	10.47	10.56	10.63	10.79	
<i>Superficie de Riego Máx. (ha)</i>	0.00	97.60	39.28	20.19	21.57	20.69	30.31	55.36	58.71	29.22	29.70	52.19	
<i>Superficie Adicional (ha)</i>	0.00	95.90	36.53	16.94	17.29	16.51	26.13	52.03	55.88	28.04	28.70	51.19	
<i>AREA DEFICITARIA (ha)</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO CALCULO DEL AREA INCREMENTAL

SIN PROYECTO													
CULTIVO													TOTAL
AREA REAL (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CON PROYECTO													
CULTIVO	Quinoa	Haba (verd)	Arveja (ve)	Cebolla (v)	Zanahoria	Oca	Cebada (fo)	Trigo	Papa	Precz			TOTAL
AREA REAL (ha)	1.00	0.55	0.50	0.85	0.30	0.18	0.30	0.50	1.40	0.00	0.00	0.00	5.58
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	1.00	0.55	0.50	0.85	0.30	0.18	0.30	0.50	1.40	0.00	0.00	0.00	5.58
AREA INCREMENTADA (ha)	1.00	0.55	0.50	0.85	0.30	0.18	0.30	0.50	1.40	0.00	0.00	0.00	5.58
MES	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	
SIN PROYECTO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CON PROYECTO	0.00	1.70	2.75	3.25	4.28	4.18	4.18	3.33	2.83	1.18	1.00	1.00	1.00
AREA INCREMENTADA MES (ha)	0.00	1.70	2.75	3.25	4.28	4.18	4.18	3.33	2.83	1.18	1.00	1.00	1.00
INDICE DE INCREMENTO MES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AREA INCREMENTADA (ha):			5.58										

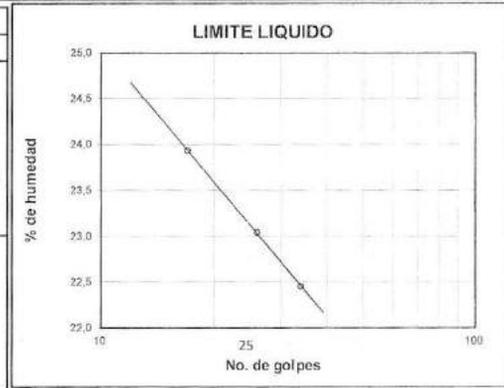
ANEXO 5
Análisis de suelos y agua

ENSAYOS DE IDENTIFICACION DEL SUELO

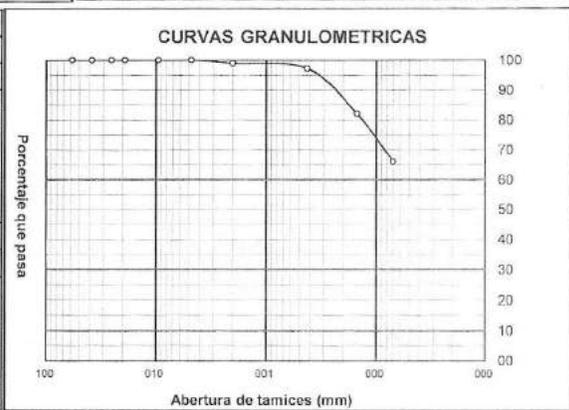
ASTM: D 2487 AASHTO: M - 145

CLIENTE : TUNUPA S.R.L.	POZO No. 1
PROYECTO: Ampliación de Agua Potable	PROF. (m) 1,00
UBICACION: Comunidad Jalsuri - Canton Jalsuri	FECHA may-14

DETERMINACION DE LIMITES DE ATTERBERG					
LIMITES	LIQUIDO			PLASTICO	
No.de Golpes	17	26	34		
No.de Tara	41	1	8	3	5
P.Humedo+Tara	44,90	48,26	46,77	27,47	30,83
P.Seco + Tara	37,49	40,27	38,96	25,44	28,47
Peso de Tara	6,52	5,59	4,17	10,35	11,28
% de Humedad	23,93	23,04	22,45	13,45	13,73
HUMEDAD NATURAL					
No.de Tara	138	LIMITE LIQUIDO			23,1
P.Humedo+Tara	562,7	LIMITE PLASTICO			13,6
P.Seco + Tara	534,3	INDICE PLASTICO			9,5
Peso de Tara	102,5	% W NATURAL			6,6
% de Humedad	6,58				



ANALISIS GRANULOMETRICO						
FRACCION GRUESA:					P.Tot=	469
Tamiz	P.Ret	% Ret.Ac	% Ret.	%Pasa	Abert.	
2.00 "	-	-	-	100,0	50.8 mm	
1 1/2"	-	-	-	100,0	38.1 mm	
1.00 "	-	-	-	100,0	25.4 mm	
3/4 "	-	-	-	100,0	19.1 mm	
3/8 "	-	-	-	100,0	9.5 mm	
FRACCION FINA:					P.seco=	469,1
Tamiz	P.Ret	% Ret.	% Ret.ac	%Pasa	Abert.	
No. 4	-	-	-	100,0	4.76 mm	
No. 10	5	1,1	1,1	98,9	2.00 mm	
No. 40	13	2,8	1,7	97,2	.425 mm	
No100	84	17,9	16,2	82,1	.155 mm	
No200	159	33,9	17,7	66,1	.074 mm	



Gravas	0,0	%	CL Arcilla ligera arenosa
Arenas	33,9	%	
Finos	66,1	%	
CLASIFICACION UNIFICADO DEL SUELO			

Nota.-



LABORATORIO

IIS-FORM-002
Código IIS Nº: 456/2016

RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA

Institución solicitante: Empresa Pública Departamental Estratégica de Aguas La Paz
Dirección: Av. Fuerza Aérea Km 7 s/n, Zona Ferropetrol - El Alto

Nº de muestra: 1

DATOS DE MUESTREO

Responsable: Ing. Alejandro Vargas Tarqui
Fecha: 2016/08/06 Hora: 17:00
Punto: Manantial
Lugar: Comunidad Santiago de Llallagua
Fuente: Agua subterránea
Localidad: Comunidad Santiago de Llallagua
Provincia: Aroma Departamento: La Paz
Temperatura: ---

DATOS DE RECEPCIÓN

Fecha: 2016/08/08 Hora: 16:05
Volumen de muestra: 5 litros
Tipo de recipiente(s): Bidón de plástico
Estado de la muestra: Refrigerada (Si/No): No
Preservada (Si/No): No
Temperatura: 16,3° C
Fecha de análisis: Del 2016/08/08 al 2016/08/17
Recibido por: Ing. Edwin Astorga Sanjinés

Observaciones:

ANÁLISIS FÍSICO

Nº	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
1	COLOR VERDADERO	Colorimétrico	UCV	2,50
2	TURBIEDAD	Nefelométrico	UNT	1,24
3	SÓLIDOS DISUELTOS	Gravimétrico	mg/l	76,00

ANÁLISIS QUÍMICO

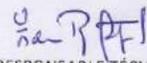
4	pH (T=25,0 °C)	Potenciométrico	---	7,85
5	CONDUCTIVIDAD (25 °C)	Potenciométrico	µS/cm	100,90
6	DUREZA TOTAL	Volumétrico	mg CaCO ₃ /l	52,00
7	CALCIO	Volumétrico	mg Ca ²⁺ /l	18,44
8	MAGNESIO	Volumétrico	mg Mg ²⁺ /l	1,46
9	ALCALINIDAD TOTAL	Volumétrico	mg CaCO ₃ /l	46,00
	- DE BICARBONATO	Volumétrico	mg CaCO ₃ /l	46,00
	- DE CARBONATO	Volumétrico	mg CaCO ₃ /l	0,00
	- DE HIDRÓXIDO	Volumétrico	mg CaCO ₃ /l	0,00
10	HIERRO TOTAL	Absorción Atómica	mg Fe/l	0,13
11	MANGANESO TOTAL	Absorción Atómica	mg Mn/l	<0,05
12	SODIO	Absorción Atómica	mg Na/l	0,94
13	SULFATO	Espectrofotométrico	mg SO ₄ ²⁻ /l	9,48
14	CLORURO	Volumétrico	mg Cl/l	<0,25

OBSERVACIONES: Parámetros Físico-Químicos analizados dentro de los valores establecidos por la Norma Boliviana NB-512.

La Paz, 17 de agosto de 2016


RESPONSABLE
Tec. Clemente Sujo Nina


Vº Bº DIRECTOR
Ing. José A. Díaz B.
DIRECTOR a.i.
INSTITUTO DE INGENIERÍA SANITARIA
U. M. S. A.


RESPONSABLE TÉCNICO
Ing. Edwin Astorga Sanjinés



Página 1 de 1

ANEXO 6

**Diseño Agronómico bajo
Gestión Colectiva**

ELABORACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO "VENTANANI" (SANTIAGO DE LLALLAGUA)

Características del sistema		
Fuente de agua	Presa	
Volumen disponible	39750	m3
Usuarios	34	
Turnos de Riego (TR)	16	días
Frecuencia de Riego (FR)	8	días
Inicio de operación	15/7/2021	

Reporte del ABRO	
Ef. Captación	0,98 %
Ef. Conducción	0,98 %
Ef. Distribución	0,98 %
Sub. Riego	0,9 %
Ef. Riego por superficie	0,4 %
ef. Riego por aspersión	0,75 %
ETR (papa)	4,740 mm/día
Semilla 1Ha	30 qq

Características del emisor	
Aspersor Wobbler, Boquilla #10 - Turquesa	
Pn	7 mca
Qn	504 lt/hr
Diametro	13,6 m
Diametro mojado	8,84 m
Area del aspersor	78,15 m2
Intensidad Presipitación	6,45 mm/hr

Volumenes disponibles	
Vol. Usuario	1169,12 m3
Vol. Riego	73,07 m3
Vol. Parcela	68,77 m3

Diseño Agronómico por Superficie	
Frecuencia de riego (FR)	8 días
ETR	4,74 mm/día
Subriego	0,9 %
Lamina neta	34,13 mm
Lamina bruta	85,32 mm
Vol. Para 1 Ha	853,2 m3
Sup. Regar (calculado)	806,06 m2
Sup. Regar (asumido)	830 m2
Cantidad de semilla	2,49 qq
Caudal Riego por superficie entregado	0,4 l/s
Tiempo de riego (calculado)	47,76 hrs
Teimpo de riego (asumido)	48 hrs

Diseño Agronómico Tecnificado	
Frecuencia de riego (FR)	8 días
ETR	4,74 mm/día
Subriego	0,9 %
Lamina neta	34,128 mm
Lamina bruta	45,504 mm

Aspersor		
Tiempo riego aspersor	7,055 Hr	
Tiempo riego aspersor (asumido)	7 Hr	
Vol. 1Asp 1pos	3,56 m3	
N° aspersores	19,34026211	
	18	20
	N° aspersore N° posiciones	
Combinaciones	3	6
	4	5
		18
		20
Area por posición	1562,91 m2	
Semilla	4,69 qq	
Semilla (asumida)	5 qq	

Distribución de riego	
Tiempo de riego al día	24 hrs
Tiempo de riego de la ronda	192 hrs
Usuarios por hilo	4,020 hilos
N° de hilos (calculado)	17,107 usuarios
N° de hilos (asumido)	18,000 usuarios
Caudal por hilo	0,425 l/s
Caudal salida del nodo	7,650
Caudal de diseño asumido	8 l/s

Distribución de riego	
Tiempo de riego	35
Tiempo de riego ronda	280 hrs
Usuarios por hilo	8 usuarios
N° hilos (calculado)	4,25 hilos
N° hilos (asumido)	5 hilos
Caudal por hilo	0,59 lt/s
Caudal de salida del nodo	2,97 lt/s

Superficie	
Superficie total regada	27406 m2
Superficie total regada	2,74 Ha

Superficie	
Superficie total regada	53139,01 m2
Superficie total regada	5,31 Ha
Superficie incremental	2,57 Ha

ANEXO 7

**Presupuesto de Obras y
Equipamiento**

PRESUPUESTO GENERAL

"ELABORACIÓN Y DISEÑO DEL PROYECTO SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO VENTANANI (SANTIAGO DE LLALLAGUA) -
PROVINCIA AROMA"

Moneda: bolivianos (Bs.)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1. OBRAS PRELIMINARES					
1	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1,00	2.747,96	2.747,96
2	LETRERO DE OBRAS	PZA	1,00	639,31	639,31
4	REPLANTEO Y TRAZADO DE TUBERIAS	ML	3.500,00	1,51	5.285,00
SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES					8.672,27
2. MOVIMIENTO DE TIERRA					
6	EXCAVACION 2 A 4M, TERRENO SEMIDURO	M3	10,18	108,64	1.105,96
7	EXCAVACION DE SUELO SEMIDURO (0-2M)	M3	4.000,00	31,72	126.880,00
8	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA CERNIDA EXCABADA	M3	4.000,00	67,57	270.280,00
9	RELLENO Y COMPACTADO CON TIERRA COMUN EXCABADA	M3	4.000,00	50,07	200.280,00
SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRA					598.545,96
3. OBRA GRUESA					
10	HORMIGON CICLOPIO (1:2:4) 50% PIEDRA DESPLAZADORA	M3	14,00	1.114,71	15.605,94
11	HORMIGON POBRE	M3	2,00	881,51	1.763,02
12	HORMIGON ARMADO H21	M3	1,00	3.863,31	3.863,31
SUBTOTAL OBRA GRUESA					21.232,27
4. INSTALACIONES					
13	PROV. Y TENDIDO TUBERIA PVC CLASE 6, D=3"	ML	2.457,65	233,44	573.713,82
14	PROV. Y TENDIDO TUBERIA PVC CLASE 9, D=3"	ML	113,40	160,02	18.146,27
15	PROV. Y TENDIDO TUBERIA PVC CLASE 9, D=2 1/2"	ML	376,50	101,33	38.150,75
16	PROV. Y TENDIDO TUBERIA PVC CLASE 9, D=2"	ML	898,35	85,36	76.683,16
	PROV. Y TENDIDO TUBERIA PVC CLASE 15, D=1 1/2"	ML	114,15	69,39	7.920,87
	PROV. Y TENDIDO TUBERIA PVC CLASE 15, D=1"	ML	255,60	53,42	13.654,15
17	PRUEBA HIDRAULICA	ML	578,00	0,78	450,84
18	ACCESORIOS RED DE DISTRIBUCION	GLB	2,00	5.457,53	10.915,05
19	ACCESORIOS HIDRANTES	PZA	14,00	1.024,22	14.339,08
SUBTOTAL INSTALACIONES					753.973,98
5. LINEA DE ASPERCIION					
20	LINEA DE ASPERSION C/10 ASPERSORES + ACCESORIOS	JGO	112,00	102,00	11.424,00
SUBTOTAL LINEA DE ASPERCIION					11.424,00
6. MEDIDAS AMBIENTALES Y PREVENCION					
21	MEDIDA DE MITIGACION AMBIENTAL	UND	1,00	21.262,29	21.262,29
22	MEDIDAS DE PREVENCION DE RIESGOS	UND	1,00	49.819,75	49.819,75
SUBTOTAL MEDIDAS AMBIENTALES Y PREVENCION					71.082,04
7. OBRAS FINALES					
23	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	GLB	1,00	4.266,67	4.266,67
SUBTOTAL OBRAS FINALES					4.266,67
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					1.469.197,18



Calle Ladislao Cabrera Nº 523 Esq. Av. San Martín
Telef. 4505136 – Cel. 67598500
Cochabamba - Bolivia

PROFORMA 20000771
(Expresado en Bs.)

Fecha: 22/12/2020
Cliente: MARCO CORI
NIT: 0
Direccion:

Almacen: TIENDA
T.C.:6.96000
PAG:1

Nº ITEM	CANTIDAD	UND.	DETALLE	PRE.UNI.	IMPORTE Bs.
1	112.00	PZA	XWOB07B2HALD- ASPERSOR XCEL WOBBLER 1/2" # 10	65.0000	7,280.00
2	112.00	PZA	RSAD2T-CONJUNTO DE ALIMENTACION DE ASPERSOR 1/2" USA	30.0000	3,360.00
3	112.00	PZA	ES500-ESTACAS 5/16"	7.0000	784.00
	336.00			TOTAL:	11,424.00

SON: Once mil cuatrocientos veinticuatro 00/100 Bolivianos

CONDICIONES COMERCIALES:
PROFORMA VALIDA POR: 15 DIAS
FORMA DE PAGO: CONTADO

TIEMPO DE ENTREGA: 1 DIAS

Elaborado por
RIEGOTEC

DOCUMENTO NO VALIDO COMO FACTURA
LOS PRECIOS INCLUYEN LOS IMPUESTOS DE LEY
LOS PRECIOS SON FIJOS E INVARIABLES DURANTE LA VALIDEZ DE LA PROFORMA
EL STOCK ESTA SUJETO A MODIFICACION SIN PREVIO AVISO

ANEXO 8

Agroeconomía

SITUACION CON PROYECTO - PRODUCCIÓN AGRICOLA

Cultivos	Ingresos					Costos Totales de Producción						
	Superficie Cultivada en Ha.	Rendimiento Tm/Ha	% Pérdidas Post Cosecha	Precio por Tonelada	Valor del Producto Marginal	Bienes Transables	Insumos Locales	Mano de Obra Calificada	Mano de Obra Semi Calificada	Mano de Obra No Calif. Urbana	Mano de Obra No Calif. Rural	To Pr
Quinua	1	0,83	5%	563	443,93	7,19	114,97				158,07	
Haba verde	0,55	1,09	2%	356,69	209,56	0,00	174,24				172,44	
Arveja verde	0,5	1,2	2%	893,23	525,22	13,70	258,00				244,29	
Cebolla verde	0,85	6,48	5%	441,48	2.310,09	345,00	138,00				252,79	
Zanahoria	0,3	10,2	5%	299,8	871,52	45,00	298,50				386,62	
Oca	0,18	3,29	5%	313,9	176,60	22,42	513,45				252,79	
Cebada forraje	0,3	2,35	1%	298,95	208,65	0,00	221,25				389,40	
Trigo	0,5	0,96	5%	275	125,40	0,00	106,72				129,33	
Pana precoz	14	2,5	4%	1245,75	4.185,72	48,91	929,90				919,68	

COMPONENTES

Componentes	Indicador	Unidad de Medida	Metas Anuales	
			0	Total
Obras preliminares	Global	Glb		0
Movimiento de tierra	Unidad	ml		0
Obra gruesa	Unidad	m3		0
Instalaciones	Unidad	ml		0
Línea de aspersores	Unidad	ml		0
Medidas ambientales	Global	und		0
Obras finales	Global	Glb		0
				0
				0

INDICADORES FINANCIEROS

Indicador	Valor
VACP	396.304,81
VANP	166.789,41
CAEP	34.383,55
TIRP	6% 11,71%
RBC Privado	1,42

INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

Indicador	Valor
VACS	244.558,34
VANS	434.330,51
CAES	17.598,93
TIRS	4% 25,58%
RBC Social	2,30

INDICADORES DE COSTO EFICIENCIA

Indicador	Valor	Indicadores Estándar U.S.\$	
		Max	Min
CAEP / Población Beneficiada	381,14		
CAEP / Area Beneficiada	1.098,52		
CAEP / Mts ² Construidos	0,00		
Costo de Inversión / Hectárea	10.259,76	2.556	2.157
Costo de Inversión / Familia	21.358,36	3.927	2.431

Indicador	Valor
CAES / Población Beneficiada	195,08
CAES / Area Beneficiada	562,27
CAES / Mts ² Construidos	0,00

ANEXO 9

Reporte fotográfico

Fotografía 1. Construcción Presa Ventanani Santiago de Llallagua



Fotografía 2. Construcción al 80% de obra final.



Fotografía 3. Reunión de coordinación en el I.S.T.A Santiago de Llallagua.



Fotografía 4. Vista panorámica de la Comunidad Achoco



Fotografía 5. Tomando puntos para sacar curvas de nivel



Fotografía 6. Tubería PVC 8" para la red de aducción.



Fotografía 7. Tomando puntos de control en la comunidad de Achoco



Fotografía 8. Reunión con las autoridades de la Comunidad de Achoco, una vez finalizado la inspección de campo.



Fotografía 9. Punto de control en la Comunidad de Acerfujo.



Fotografía 10. Tendido de tubería de la línea de aducción



Fotografía 11. Actividad pecuaria en canchones de piedra.



Fotografía 12. Tendido de tubería en roca.



Fotografía 13. Reunión con Autoridades de la Comunidad de Kollpani.



Fotografía 14. Vista panorámica de la Comunidad de Kultani



Fotografía 15. Reunión con comunarios y autoridades de Kultani.



Fotografía 16. Encuesta de diagnostico realizado a los beneficiarios.

