

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN CON TUBERÍAS MÓVILES DE ALUMINIO EN EL
CULTIVO DE QUINUA EN EL SECTOR AÑAZANI CENTRO POBLADO
CARI CARI-MAÑAZO-PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

WENDY YASMINA APAZA HILASACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA EN EL SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN CON TUBERÍAS MÓVILES DE ALUMINIO EN EL CULTIVO DE
QUINUA EN EL SECTOR AÑAZANI CENTRO POBLADO CARI CARI-
MAÑAZO-PUNO**

PRESENTADA POR:

WENDY YASMINA APAZA HILASACA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRICOLA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR COMFORMADO POR:

PRESIDENTE:

Dr. OSCAR RAUL MAMANI LUQUE

PRIMER MIEMBRO:

M.SC. RICARDO LUIS BARDALES VASSI

SEGUNDO MIEMBRO:

M.SC. ALCIDES HECTOR CALDERON MONTALICO

DIRECTOR / ASESOR:

D.SC. GERMAN BELIZARIO QUISPE

ÁREA: Ingeniería y tecnología

TEMA: Riego por aspersión.

LÍNEA: Recursos hídricos

FECHA DE SUSTENTACION: 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2019

DEDICATORIA

- Primeramente, a DIOS quién me hizo tener presente cada día cual era mi propósito y el orden que debía de tener en cada área de mi vida para cumplir mis planes, por hacerme entender que sus tiempos son perfectos, cumpliendo así también su voluntad perfecta en mí.
- A mis queridos padres Andrés y Olga, por su amor, dedicación, esfuerzo, sacrificio y preocupación constante por haberme hecho una mujer integra y profesional.
- A mis hermanos Arnold, Josué, por el apoyo y amor permanente para hacer realidad la obtención de la anhelada profesión.
- A mis queridos abuelitos francisco y Andrea que siempre me apoyaron con sus constantes exigencias por terminar mi carrera.
- Finalmente, a mis amigas Diana, Yanina, Maribel, Glenda quienes me brindaron valor y coraje en la culminación del presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional del Altiplano-Puno por haberme formado en sus claustros.
- A los docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola por su dedicación y esfuerzo en la enseñanza que contribuyeron en mi formación profesional.
- A mi director de tesis Ing. D.Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE por ser el guía del presente trabajo.
- Finalmente, a mis amigos y compañeros de la universidad quienes motivaron la conclusión de la carrera profesional.

INDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Planteamiento de la investigación	14
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Hipótesis de la investigación	14
1.4. Justificación del estudio	15
1.5. Objetivos de la investigación	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. Antecedentes	17
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales	18
2.2. Marco conceptual	19
2.2.1. Sistema de riego.....	19
2.2.1.1. Riego por aspersión:.....	19
2.2.1.2. Aspersión portátil y/o fija.....	19
2.2.2. Demanda de agua para riego.....	20
2.2.2.1. Demanda de agua	20
2.2.3. Necesidad de agua de los cultivos.	20
2.2.4. Riego por superficie.....	21
2.2.5. Evapotranspiración potencial (ETP).....	21
2.2.6. Evapotranspiración real o actual (ETA).....	21
2.2.7. Coeficiente de cultivo (KC).....	21
2.2.8. Precipitación efectiva (PE)	22
2.2.9. Punto de marchitez permanente	22
2.2.10. Flujo del agua en canales	22
2.2.11. Secciones de máxima eficiencia hidráulica	23
2.2.12. Medición de caudales	23
2.3. Marco referencial	23
2.3.1. Eficiencia de riego	23
2.3.1.1. Eficiencia de conducción (EC).....	24
2.3.1.2. Eficiencia de distribución (ED).....	25
2.3.1.3. Eficiencia de aplicación (EAP)	25
2.3.2. Capacidad de campo (CC).....	26
2.3.3. Densidad aparente (DAP).....	26
2.3.4. Humedad aprovechable total (HAT).....	27
2.3.5. Tiempo de riego.....	28
2.3.6. Frecuencia de riego.....	28
2.3.7. Movimiento de agua en el riego	28
2.3.8. Caudal máximo no erosivo	29

2.3.9.	Curvas de avance del agua de riego.....	29
2.3.10.	Curvas de recesión de riego.....	30
2.3.11.	Infiltración.....	30
2.3.12.	Lamina de infiltración acumulada (D).....	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS		32
3.1.-Ubicación geográfica del estudio.		32
3.1.1.	Ubicación geográfica	32
3.1.2.-	Ubicación política.....	33
3.1.3.-	Acceso y vías de comunicación.....	34
3.2. Periodo de duración del estudio.....		35
3.3. Parámetros físicos químicos del suelo.		37
3.3.1.	Metodología aplicada	37
3.3.2.	Delimitación de las unidades de muestreo	37
3.3.3.	Equipo para la toma de muestras.....	38
3.3.4.	Toma de muestras	39
3.3.5.	Profundidad de muestreo.....	40
3.3.6.	Obtención de muestras	41
3.3.7.	Descripción de las unidades taxonómicas.....	42
3.3.8.	Análisis geotécnico.....	43
3.3.8.1.	Trabajo de campo.....	43
3.3.8.2.	Apertura de calicatas.....	43
3.3.8.3.	Equipos y herramientas.....	44
3.3.8.4.	Profundidad de Calicata.....	45
3.4. Parámetros físicos-químicos del agua.		46
3.4.1.	Análisis del agua para riego.....	46
a)	Muestra de agua 01.....	46
b)	Muestra de agua 02.....	47
c)	Muestra de agua 03.....	48
3.5. Variables climáticas.		48
3.6. Eficiencia de riego		51
3.6.1.	Eficiencia de conducción.....	51
3.6.2.	Eficiencia de distribución.....	57
3.6.3.	Eficiencia de aplicación.....	59
3.6.4.	Eficiencia total de riego.....	60
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		61
4.1. Parámetros físicos y químicos del suelo.		61
4.1.1.	Textura del suelo	61
4.1.2.	Consistencia.....	65
4.1.3.	Carbonatos.....	68
4.1.4.	pH.....	69
4.1.5.	Salinidad o conductividad eléctrica (CE)	70
4.1.6.	Materia orgánica.....	72
4.1.7.	Niveles de nutrientes disponibles en el suelo.	76

4.1.8.	Fósforo.....	76
4.1.9.	Sodicidad	78
4.1.10.	Perfil del suelo y sus horizontes	79
4.1.11.	Resultados análisis geotécnicos	81
4.1.11.1.	Perfiles estratigráficos	81
4.1.11.2.	Cantera de agregados.....	82
4.2.	Resultados de análisis de agua	82
4.3.	Resultado de las variables climáticas	85
4.4.	Sistema de riego de tuberías móviles de aluminio.....	86
4.4.1.	Instalación de un sistema de riego por aspersión:.....	89
4.4.2.	Análisis de la oferta hídrica	89
4.4.3.	Parámetros de operación.....	90
4.4.4.	frecuencia y tiempo de riego.....	91
4.5.	Determinación de la eficiencia de conducción y distribución y aplicación ...	91
4.5.1.	Eficiencia de conducción:.....	93
4.5.2.	Eficiencia de distribución	94
4.5.3.	Eficiencia de aplicación.....	95
4.5.4.	Determinación eficiencia de riego	95
V.	CONCLUSIONES	96
VI.	RECOMENDACIONES	96
VII.	BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS:	100
ANEXO DE ENCUESTA	115
ANEXO DE LABORATORIO	127

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Mapa de ubicación	33
FIGURA 2: Mapa de la región de Puno	34
FIGURA 3: Ubicación del proyecto (Progreso I), parcela de 1ha.....	34
FIGURA 4: Equipo para toma de muestra.....	39
FIGURA 5: Profundidad efectiva de la muestra.....	41
FIGURA 6: Identificación de la muestra.	42
FIGURA 7: Equipos y herramientas para la toma de muestras	45
FIGURA 8: Profundidad efectiva de la calicata	46
FIGURA 9: Toma de muestra Bocatoma	47
FIGURA 10: Toma de muestra canales laterales.....	47
FIGURA 11: Toma de muestra de agua (Reservorio)	48
FIGURA 12: Tanque evaporimetro tipo "A"	49
FIGURA 13: Cilindro de reposo.....	49
FIGURA 14: Evapotranspiración de cultivo	50
FIGURA 15: Toma de lectura.	51
FIGURA 16: Metodo del correntómetro	53
FIGURA 17: Medición con el correntómetro.....	54
FIGURA 18: Metodo del flotador	55
FIGURA 19: Determinación de ancho de cauce	56
FIGURA 20: Seccion transversal	56
FIGURA 21: Perdidas de eficiencia de distribución.	58
FIGURA 22: Terrenos bien nivelados.	59
FIGURA 23: Componentes del suelo	62
FIGURA 24: Clases de estructura del suelo	64
FIGURA 25: Diagrama triangular para la determinación de la textura.....	64
FIGURA 26: Elementos de un Suelo.....	66
FIGURA 27: Perfil de horizonte de suelo del Mañazo –Progreso 1	81
FIGURA 28: Análisis físico - químico del agua.....	83
FIGURA 29: Calidad de agua.....	84
FIGURA 30: Datos meteorológicos de la estación MAÑAZO	86
FIGURA 31: Parámetros de diseño agronómico	88
FIGURA 32: Plano progreso I.....	90
FIGURA 33: Esquema hidráulico lagunillas.	92
FIGURA 34: Aforos por tramos	93
FIGURA 35: Canal de conducción	94
FIGURA 36: Eficiencia de aplicación.	95
FIGURA 37: Eficiencia de riego progreso (1).....	95

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Accesos de vías al proyecto vía de aérea y terrestre.	35
TABLA 2: Cronograma de actividades.	36
TABLA 3: N° de muestras de suelo.	38
TABLA 4: Equipo para la Toma de muestra.	38
TABLA 5: Profundidad efectiva del suelo.	41
TABLA 6: Clasificación natural del soil taxonomy.	42
TABLA 7: Profundidad de lectura del correntómetro.	54
TABLA 8: Grupo textural.	65
TABLA 9: Resultado de análisis mecánico de suelos- textura.	65
TABLA 10: Ensayo de campo para determinar la consistencia del suelo seco.	67
TABLA 11: Ensayo de campo para determinar la consistencia del suelo húmedo.	67
TABLA 12: Clasificación del suelo según %CaCO ₃	68
TABLA 13: Resultado de carbonato de calcio.	69
TABLA 14: Evaluación del suelo según el pH.	70
TABLA 15: Resultados del laboratorio del PH.	70
TABLA 16: Suelos salinos según la conductividad eléctrica.	72
TABLA 17: Resultados del laboratorio de la conductividad eléctrica.	72
TABLA 18: Porcentaje de materia orgánica de un suelo.	75
TABLA 19: Resultados obtenidos del laboratorio de la materia orgánica.	75
TABLA 20: Resultado de análisis químico de suelos.	76
TABLA 21: Clasificación del suelo según el contenido de fósforo.	78
TABLA 22: Resultados obtenidos del laboratorio del fosforo.	78
TABLA 23: Clasificación del suelo según el porcentaje de sodio intercambiable.	79
TABLA 24: Resultado de porcentaje de sodio intercambiable.	79
TABLA 25: Aforo en canal de conducción Mañazo Progreso.	93
TABLA 26: Aforo en canal de conducción Mañazo.	94
TABLA 27: Resultados de la eficiencia de aplicación.	95

INDICE DE ACRÓNIMOS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
ABLT	: Autoridad Binacional del Titicaca.
ET	: Evapotranspiración.
Etc	: Evapotranspiración del cultivo.
FAO	: Organización para la alimentación y la agricultura.
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
SCS	: Servicio de conservación de suelos.
SIG	: Sistema de Información Geográfica.
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
PELTT	: Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.
SIL	: Sistema Integral Lagunillas.
NAMINO	: Nivel de aguas Mínimas de Operación.
EL NAMO	: Nivel de Aguas Máximas Ordinarias de Operación.
EL NAME	: Nivel de aguas Máximas Extraordinarias.
GVE	: General de Valores Extremos.

RESUMEN

La determinación del sistema de riego por aspersión de tuberías de aluminio móvil en el cultivo de quinua se determinó por cinco variables que son las características del suelo en función a los parámetros físicos y químicos, la calidad de agua, las variables climáticas, la determinación de la eficiencia de conducción, distribución y aplicación y el rendimiento del cultivo de quinua, siguiendo la metodología desde la toma de muestras de suelo dentro de la parcela de 1ha en una calicata, como también muestreos de agua en los canales laterales, en el reservorio cerca de la parcela y en la bocatoma, además, se instaló un tanque evaporímetro para ver la evapotranspiración que permitió determinar la eficiencia de conducción haciendo aforos en los canales, en la distribución haciendo aforos en los canales laterales y estructuras de distribución y en la eficiencia de aplicación dentro de la parcela como la humedad de suelo y la pluviometría del equipo de aspersión y el rendimiento del cultivo de quinua. Los resultados denotados fueron los siguientes, la textura de suelo es franco arcilloso, la calidad de agua es apta para riego pero en las horas adecuadas de turno de riego, las variables climáticas influyen directamente al cultivo de quinua, el sistema de riego por aspersión de tuberías de aluminio móvil se adaptan bien al clima altiplánico, el rendimiento del cultivo de quinua no fue adaptable por calidad de suelo dentro de la parcela de una 1ha, como conclusión diríamos que el sistema de riego por aspersión con tuberías de aluminio móvil en el cultivo de quinua es eficiente a su 86% y es un equipo bastante manejable ya que en tiempos de helada se puede guardarlo y se puede usar para bastantes tipos de cultivos de acuerdo a la calidad de suelo del lugar.

Palabras clave: Disponibilidad de agua, eficiencia de riego, evaporímetro, lluvia, quinua.

ABSTRACT.

The determination of the sprinkler irrigation system of mobile aluminum pipes in quinoa cultivation was determined by five variables that are the characteristics of the soil based on physical and chemical parameters, water quality, climatic variables, the determination of the efficiency of conduction, distribution and application and the yield of the quinoa crop the methodology taken was to take soil samples within the plot of 1ha, as samples were also taken in the canals and in the bocatoma, a calicate was made near the plot, water samples were extracted both in the channels, and in the lateral channels and in the reservoir near the plot, an evaporimeter tank was installed to see evapotranspiration, driving efficiency was determined by making gaps in the channels, in the distribution making gaps in the side channels and distribution structures and in the efficiency of application within the plot as soil moisture and rainfall of the spray equipment and the yield of the quinoa crop. The results denoted were the following: the soil texture is sandy loam, the quality is suitable for irrigation but at the appropriate times of the irrigation shift, the climatic variables directly influence the cultivation of quinoa, the sprinkler irrigation system of aluminum pipes is They adapt well to the altiplanic climate the yield of the quinoa crop was not adaptable by soil quality and by the plot of a 1ha, as a conclusion we would say that the sprinkler irrigation system with mobile aluminum pipes in the quinoa crop is efficient at its 86 % and it is a fairly manageable equipment since in times of ice cream I can store it and it can be used for many types of crops according to the quality of soil of the place.

Keywords: Water availability, irrigation efficiency, evaporimeter, rainfall, quinoa.

I. INTRODUCCIÓN

El Programa Subsectorial de Irrigaciones – PSI, del Ministerio de Agricultura, actúa en los diferentes valles de la costa y sierra peruana, caracterizados por la escasez del recurso hídrico. Es así, que el PSI promueve las modernas tecnologías de riego que implican una mejor eficiencia en el uso del agua a nivel parcelario, otorgando incentivos financieros no reembolsables para cubrir parte de la inversión de los agricultores en sistemas de riego, tanto presurizado como en riego mejorado por gravedad.

El sistema de riego de la Comisión de Usuarios MACOVI, tiene como fuente de abastecimiento el río Cabanillas con punto de captación Bocatoma Irrigación Cabana Mañazo. La agricultura y ganadería constituyen dos de las actividades más importante de la población, desde el punto de vista económico, siendo actividades que absorben buena cantidad de mano de obra. En la actualidad el sistema de riego utilizado es por gravedad y/o inundación, con el cual no se ha conseguido propiciar el desarrollo tecnológico a partir del buen uso del agua, que permita mejorar e innovar nuevos cultivos con tendencia a la agricultura de contrato. Actualmente los rendimientos de sus principales cultivos (alfalfa, avena forrajera), han permitido a los agricultores dirigir una agricultura de subsistencia y una informalidad de la agricultura de mercado incipiente, sin destino, ni comprador, ni precio estable.

Además, la deficiente infraestructura de riego que no permite explotar adecuadamente los recursos y por lo tanto no obtener la rentabilidad apropiada de sus inversiones, problema que se intensifica por la escasez temporal del agua en la época de mayor siembra.

Resulta, por ello, importante, que se planteen soluciones que se orienten a aumentar las eficiencias de aplicación de riego, a través de sistemas de riego tecnificado, para usar eficientemente el recurso agua y lograr el aumento de la productividad y producción agrícola.

Para ello se determinará la eficiencia de riego en el sistema de aspersión con tuberías de aluminio móvil en el cultivo de la Quinua, en el sector Añasani centro poblado Cari Cari–Mañazo, los cuales se determinaran las características del suelo en función a los parámetros físicos y químicos determinados del suelo ,evaluar cuál es la calidad de agua en función a los parámetros físicos-químicos, determinar la influencia de las variables climáticas en el funcionamiento del sistema de riego de aluminio móvil en Mañazo,

determinar la eficiencia de conducción, distribución y aplicación el sistema de riego, de aluminio móvil en el cultivo de quinua.

1.1. Planteamiento de la investigación.

La calidad y mejora de vida del poblador de la sierra peruana es la innovación de nuevas tecnologías, el sistema de tuberías de aluminio móvil es primicia para nuestra región ya que con ella se pueda regar con más precisión no hay desperdicio de agua.

El estudio de esta tesis es determinar si este sistema es eficaz para el altiplano, es por tal razón que la eficiencia en el “SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN CON TUBERÍAS DE ALUMINIO EN EL CULTIVO DE QUINUA EN EL SECTOR AÑAZANI CENTRO POBLADO CARI CARI MAÑAZO” es rentable para los agricultores del altiplano ya que en la costa ha sido rentable. Evaluar la propuesta de mejoramiento de sistema de riego tecnificado, de tal forma que se verificará la calidad de suelo, y la calidad de agua eficiente en la aplicación dentro de la parcela como también en la distribución adecuada del agua y la conducción del agua. Evaluar las variables climáticas en el funcionamiento del sistema, así mejorar la productividad agropecuaria contribuyendo directamente en la calidad de vida del poblador de la zona.

1.2. Formulación del problema

Verificando la problemática se generó preguntas de interrogación al problema:

- ¿Cuáles son las características del suelo en función a los parámetros físicos y químicos determinados del suelo para el cultivo de quinua?
- ¿Cuál es la calidad de agua en función a los parámetros físicos-químicos?
- ¿Cómo influye las variables climáticas en el funcionamiento del sistema de riego de aluminio móvil en Mañazo?
- ¿Cuál es la eficiencia en el sistema de riego por aspersión de tuberías de aluminio móvil en el cultivo de quinua?
- ¿Cuánto es el rendimiento del cultivo de quinua mediante la aplicación del sistema de riego por aspersión tuberías de móviles de aluminio?

1.3. Hipótesis de la investigación.

El sistema de riego por aspersión mediante tuberías de aluminio móvil es eficiente en el sector Añasani centro poblado cari cari-Mañazo-Puno. Las características de suelo dadas

en Mañazo es franco arcilloso, la disponibilidad de agua es óptima y la calidad es apta para riego, las variables climáticas influyen directamente al cultivo, el rendimiento es óptimo ya que mejora la productividad y calidad del cultivo.

1.4. Justificación del estudio.

El área de estudio, se localiza en la parte central de la región de Puno con características propias de una zona altiplánica (sobre los 3913 m.s.n.m), con un clima seco y templado durante la mayor parte del año. La temperatura máxima promedio es de 16.1°C y una mínima promedio de -0.6°C en el invierno (junio-julio), desciende a los -5.2 y 5.9°C, presentándose fuertes heladas. La precipitación en la zona se presenta con temporadas de lluvia eventualmente de diciembre a marzo, definiéndose claramente la temporada de humedad, siendo la temporada de estiaje entre los meses de junio a noviembre, cuya precipitación anual fluctúa entre 500mm a 800mm. Con características topográficas, climáticas favorables para el desarrollo agropecuario y suelos potenciales para la producción de cultivos andinos, recurso hídrico que afloran en la parte alta de la zona que se almacenan en la represa Lagunillas con una capacidad de 52,045.00 m³.

Sin embargo, las características climáticas y las lluvias estacionales cortas con presencia de veranillos en los meses de diciembre a marzo hacen que la actividad agrícola no se desarrolla en su plenitud, donde la implementación de sistemas de riego es muy costosa, generando una baja producción agrícola en secano sin sistemas de riego y en algunas zonas se instaló los sistemas de riego pero se viene manejando inadecuadamente por lo que se realiza la investigación para evaluar las características físico-químicas de suelo y climáticas, eficiencia de riego y el rendimiento de la quinua mediante un sistema de riego por aspersión.

Además, los resultados obtenidos se realizaron en la búsqueda de la eficiencia del sistema ya que en la costa ha sido eficaz y productivo, en la sierra se verá la productividad y calidad de este sistema ya que tenemos un déficit muy en clara que es el clima.

Por ello, la razón del presente estudio es de evaluar y determinar la eficiencia de riego total en función a las características físico-químicas del suelo y climáticas para verificar si el sistema de aluminio móvil es eficiente en el ámbito de estudio en función a los cálculos que se hicieron en el estudio de su expediente técnico. Asimismo, los resultados del presente trabajo permitirán tomar decisiones adecuadas en función a la información

real del campo mediante pruebas realizadas, y permitir una adecuada instalación de los cultivos, una buena eficiencia de riego y con buenos rendimientos de cultivos, de ese modo contribuir al desarrollo de rural mejorando la de vida de los productos de la zona.

1.5. Objetivos de la investigación.

Objetivo general:

Determinar la eficiencia de riego en el sistema de aspersión con tuberías de aluminio móvil en el cultivo de la quinua, en el sector Añasani centro poblado Cari Cari–Mañazo.

Objetivos específicos:

- Determinar las características del suelo en función a los parámetros físicos y químicos determinados del suelo.
- Evaluar la calidad de agua en función a los parámetros físicos-químicos.
- Determinar la influencia de las variables climáticas en el funcionamiento del sistema de riego de aluminio móvil en Mañazo.
- Determinar la eficiencia de conducción, distribución y aplicación el sistema de riego, de aluminio móvil en el cultivo de quinua.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Antecedentes.

Los sistemas de riego por aspersión han evolucionado de una forma muy rápida, mejorando la eficiencia de aplicación de agua con una amplia automatización, la cual reduce ampliamente las necesidades de mano de obra.

Cerca del 10% de las áreas con riego en el mundo son por aspersión, siendo este porcentaje más elevado en países desarrollados, con altos costos de mano de obra y bajos costos de energía. Las innovaciones que se introducen mejoran el funcionamiento del riego y favorecen la adaptación de la aspersión a todos los tipos de suelo, de topografía, de cultivos y climas (Tarjuelo, 2005).

La eficiencia del riego por aspersión no pasa sólo por una buena aplicación del agua, sino también por un correcto diseño, es decir, en la selección adecuada de sus principales componentes que incluyen las tuberías, aspersores y accesorios (Holzapfel et al., 2007).

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Las primeras grandes obras de riego se desarrollaron en Egipto y Mesopotamia, cuando el hombre descubrió algunos alimentos se hizo necesario su establecimiento en un lugar, por lo menos durante el tiempo que demora el desarrollo completo de un cultivo. 2 Las primeras civilizaciones en la historia de la humanidad se basan todas ellas en la 'agricultura de riego: Mesopotamia, Egipto, Mohenjo-daro en la India, China, Mesoamérica, el área andina en América del Sur: Las civilizaciones que aparecen después, como los fenicios, la cultura griega y otros, aprovechan los avances tecnológicos y capacidad de compra de las primeras civilizaciones de regadío. De tal manera que la cultura occidental tiene una inmensa deuda con la cultura oriental y con el invento de la agricultura de riego (Childe 1958).

La agricultura de riego es posiblemente el complejo tecnológico que más influencia ha tenido en la historia de la humanidad; es el complejo tecnológico que permitió dar el paso de una cultura de agricultores primitivos a la civilización, es decir a culturas urbanas y a la posibilidad de sostener y conformar grupos de especialistas dedicados a otras innovaciones tecnológicas y a otras temáticas culturales: arquitectura, escultura, pintura, filosofía, literatura y otras muchas cosas incluyendo actos de barbarie humana:

tecnológicos y sociales. En México, allá por la década de 1940, las investigaciones de Gordon Childe (1958, 1964, 1981) y Karl Wittfogel (1966) que tipifican a civilizaciones hidráulicas: agricultura de riego, obras hidráulica a gran escala (gran escala para su época y aun para la nuestra), construcciones monumentales aprovechando la capacidad probada de empresas a gran escala en la obra hidráulica, llevaron a proponer que en el período prehispánico en México y en el área andina podría haber existido este tipo de sociedad; la evidencia inicial sugerente: la existencia de construcciones monumentales tales las pirámides.

La agricultura de riego tiene además otro importante significado, la construcción, aún a pequeña escala, de obra hidráulica, el mantenimiento de la infraestructura hidráulica, las distribuciones del agua obligan a un esfuerzo colectivo que implica gran cohesión social, donde el individuo necesariamente debe someterse a las decisiones de la colectividad. Es decir, decisiones tan sencillas cómo cuándo regar la parcela, 3 cuándo limpiar el canal son decisiones que no se pueden realizar bajo criterios individualistas; son, por su misma naturaleza técnica, decisiones colectivas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

La agricultura en el Perú se remonta a más de 5000 años, cuando la cultura Chavín construía sistema de riego simples y redes de canales al norte de Lima. En los siglos XV y XVI, el imperio inca ostentaba un sistema avanzado de riego, que suministraba agua a 700 000 hectáreas de diversos cultivos en la zona costera fértil. En el siglo XX represento un periodo de estancamiento agrícola, en especial durante las décadas de los años setenta y ochenta. En los últimos treinta años, el gobierno peruano ha invertido aproximadamente 5000 millones de dólares para mejorar la infraestructura hidráulica, incluidas las presas y los sistemas de riego y drenaje, lo que produjo un aumento del territorio bajo riego.

Algunos agricultores practican en forma empírica el riego por aspersión, solo cuando el agua que llega a sus chacras tiene una marcada pendiente. Las limitaciones de agua para el regadío, en los valles de La Convención, alcanzan dimensiones preocupantes y suponen una amenaza seria para la producción de cultivos tradicionales y de movimiento de personas que optan por otras actividades. Esta situación ha generado un interés y preocupación creciente por el ahorro de agua, en especial en la agricultura de regadío, la racionalización en el uso del agua debe ser un objetivo prioritario de los gobiernos locales.

La falta de agua es el principal problema en la agricultura ya que la precipitación pluvial es de irregular distribución durante el año, el cual incide directamente en el decremento de la producción agropecuaria, especialmente en la producción de los cultivos tradicionales como café, cacao, cítricos, papaya, plátano, etc.; que constituye la base principal del ingreso de la familia y la alimentación consiguientemente.

2.2. Marco conceptual.

2.2.1. Sistema de riego

En un sistema de riego agrícola, la interacción colectiva de cada una de las partes que lo integran tiene el propósito único de llevar agua a los cultivos.

Hoy día, la tecnología no se limita a sólo aplicar un volumen de agua necesario, sino que se han logrado uniformar las aplicaciones mediante el uso de materiales de alta calidad y regulación por control de humedad del suelo.

Instalar un sistema de riego significa invertir una cantidad monetaria considerable a los cultivos. Por el valor económico que éstos representan, es preferible no escatimar en costos, pues el uso de un elemento que no cubra los requerimientos necesarios puede afectar el funcionamiento de todos los demás. El ejemplo más utilizado en este caso es la filtración: no usar una batería de filtros correspondiente puede ocasionar obstrucción de los emisores, una de las partes más costosas de un sistema de riego (**Daniel Mora,2008**)

2.2.1.1. Riego por aspersión:

Riego por aspersión. Sistema de riego superficial que se produce asperjando el agua en un rociado de pequeñas gotas sobre o entre las plantas, imitando el agua de lluvia. (Arcadio Ríos,2011).

2.2.1.2. Aspersión portátil y/o fija.

Los sistemas de riego de esta modalidad son ideales para la mayoría de los cultivos y condiciones de suelo; son fáciles de manejar y menos costosos si lo comparamos con los equipos mecanizados, sin embargo, requiere de mayor mano de obra.

La tubería utilizada para estos sistemas es de aluminio, por lo que son ligeros y libres de corrosión. Además, este tipo de sistema está diseñado especialmente para su fácil transporte en condiciones de campo y sello hermético cuando hay presión de agua. Otras ventajas en comparación con los demás sistemas de riego por aspersión es que este tipo de sistema se adapta a cualquier forma del terreno y condiciones topográficas.

2.2.2. Demanda de agua para riego

La demanda o requerimiento de agua de un proyecto de riego se determina a partir de la evapotranspiración potencial de los cultivos considerados en el proyecto con los siguientes factores (Vásquez, 1992):

Precipitación efectiva (PE): Es la parte de la lluvia aprovechada por las plantas.

Eficiencia de riego del proyecto (EP): Es el producto de la eficiencia de aplicación por la eficiencia de conducción del agua y la eficiencia de distribución, (Vasquez, 1992).

2.2.2.1. Demanda de agua

Indica que para el cálculo de la demanda de agua de un proyecto HH se debe tener en cuenta, toda la pérdida resultante del sistema de distribución del agua de riego y de la eficiencia de aplicación del agua al cultivo, dividida por la eficiencia de riego del proyecto.

Asimismo, manifiesta que el riego se persigue restituir al suelo la cantidad de agua consumida y darle así al cultivo apropiadas condiciones de humedad para su buen desarrollo, (Vásquez, 1992).

2.2.3. Necesidad de agua de los cultivos.

El agua que puede ser usada por los cultivos, es parte de la retenida por el suelo a la profundidad de las raíces. Por lo tanto, es posible considerar la zona donde se desarrollan las raíces como un depósito disponible por la planta, (Benites, 1998).

La evapotranspiración real, es la cantidad de agua que requiere la planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas, (Vásquez, 2000). planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas, (Vásquez, 2000).

2.2.4. Riego por superficie

El riego por superficie es un sistema de riego en donde el agua fluye por gravedad, utilizándose la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del agua, el caudal disminuye a medida que el agua avanza por la parcela regada, debido a su infiltración en el suelo, (Fuentes y J. L., 1998).

2.2.5. Evapotranspiración potencial (ETP)

La evapotranspiración potencial es uno de los factores determinantes para la evaluación de la demanda de agua, el cual constituye como resultado del efecto combinado de la evaporación del agua del suelo y la transpiración de la planta en pleno proceso de crecimiento, (Vásquez, 2000).

Es la transmisión de agua a la atmósfera (que se toma como referencia), producida cuando el suelo está cubierto con un cultivo que abarque totalmente el área, con agua disponible en condiciones, bajo condiciones meteorológicas existentes, (Benites, 1998).

2.2.6. Evapotranspiración real o actual (ETA)

La evapotranspiración real es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo libre de enfermedades, que crece en un campo extenso (1 o más hectáreas) en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua, (Vásquez, 2000).

Llamado también uso consuntivo, está referida a la cantidad real de vapor transferida a la atmósfera, que depende no solo de las condiciones meteorológicas existentes, sino del ciclo vegetativo (capacidad para extraer humedad) y de la disponibilidad de agua reales por efecto de la periodicidad con que se aplica el agua, (Benites, 1998).

2.2.7. Coeficiente de cultivo (KC)

Factor que indica el grado de desarrollo de un cultivo y está relacionado con la cobertura del suelo del mismo, que es la que va influenciar la evapotranspiración. El coeficiente de

cultivo está afectado por el tipo de cultivo, fecha de siembra, etapa de crecimiento y duración del ciclo vegetativo, (Benites, 1998).

Es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se requiere evaluar su consumo de agua, (Vásquez, 1992).

2.2.8. Precipitación efectiva (PE)

La precipitación efectiva es el volumen de lluvia o riego parcial utilizado por las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas para su normal desarrollo a ello se le denomina precipitación efectiva, (Vásquez, 1992).

La precipitación efectiva es la fracción de precipitación que resulta útil para satisfacer las necesidades de agua del cultivo; queda excluida la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo, (Doorenbos, 1976).

2.2.9. Punto de marchitez permanente

A partir de la capacidad de campo, el agua del suelo se va perdiendo progresivamente por evaporación y adsorbida por las plantas. Al igual que en la capacidad de campo, el punto de marchitamiento depende más de la textura que de la estructura del suelo, para un mismo contenido en humedad, la tenacidad con que es retenida el agua por el suelo es mayor en suelos de textura arcillosa que en los de textura arenosa, por lo que el agua resulta más accesible a las plantas en los segundos que en los primeros, (Vásquez, 1992).

2.2.10. Flujo del agua en canales

Los canales son conductos de gran desarrollo, abiertos o cerrados, en los cuales circula el agua bajo la acción de la gravedad y sin ninguna presión, puesto que la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Las finalidades de los canales pueden ser científicas o técnicas. Las finalidades científicas por lo general se presentan en laboratorios hidráulicos, investigando problemas de turbulencia, azolve, erosiones, perfiles, entre otros.

Las finalidades técnicas son, la conducción, distribución y drenaje de volúmenes de agua para aprovechamiento o servicios, (Orozco, 1993).

2.2.11. Secciones de máxima eficiencia hidráulica

Uno de los factores que intervienen en el costo de construcción de un canal es el volumen por excavar, este a su vez depende de la sección transversal. Villon, (1994).

Mediante ecuaciones se puede plantear y resolver el problema de encontrar la menor excavación para conducir un caudal dado, conocida la pendiente. La forma que conviene dar a una sección de magnitud dada, para que escurra el mayor caudal posible, es lo que se ha llamado sección de máxima eficiencia hidráulica, (Villon, 1994).

2.2.12. Medición de caudales

Independientemente del uso que se le dé al que fluye por los canales (generación de energía hidroeléctrica, uso poblacional, utilización en los sistemas de riego, etc.), resulta conveniente realizar la medición del caudal disponible, (Villon, 1994).

En los sistemas de riego, la creciente demanda que pesa sobre los recursos de agua disponible y el constante aumento en el costo que tiene el desarrollo de las redes de riego, exigen que el agua se utilice de forma económica, sin desperdiciarla. Las mediciones sirven para asegurar el mantenimiento de los programas adecuados de suministro, determinar las cantidades de agua suministrada, descubrir las anomalías, estimar y averiguar el origen de las pérdidas que se produzcan en la conducción y de esta forma controlar el desperdicio, (Villon, 1994).

2.3. Marco referencial.

2.3.1. Eficiencia de riego

La operación de todo sistema de riego, se presentan pérdidas de agua tanto en la red de distribución y conducción, aplicación, así como el riego de la parcela misma. Por ello en el diseño de un sistema de riego se deben tomar en cuenta dichas pérdidas a fin de asegurar el abastecimiento adecuado y oportuno de agua de riego de los cultivos, (Vásquez, 1992).

Puede definirse como eficiencia de riego, la relación entre el agua útil o lamina aprovechada por el cultivo y, agua total derivada o aplicada en la parcela o fracción regada, (Luque, 1998).

Toda el agua que aplica al suelo no es aprovechada por la planta, así como toda el agua que capta en la bocatoma no llega a la parcela. Algunos sistemas, tanto de conducción como de aplicación, pierden más agua que otros. A los que menos agua pierden se les denomina más eficiente, (Benites, 1998).

$$ER = E_C \times E_d \times E_A \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

E_r : Eficiencia de riego.

E_c : Eficiencia de conducción.

E_d : Eficiencia de distribución.

E_a : Eficiencia de aplicación.

2.3.1.1. Eficiencia de conducción (EC)

Está definida por la relación entre el volumen de agua entregado a nivel de cabecera de campo o parcela y el volumen de agua captado o derivado de la fuente de abastecimiento, (Vasquez,1992).

Definida como el caudal de agua que se capta en la bocatoma y es entregado al canal principal al inicio del área de riego. Se determina con el aforo en el punto de captación y el realizado a la entrada del área de riego, (Benites, 1998).

$$E_C = \frac{Q_E}{Q_C} * 100 \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

E_c = Eficiencia de conducción.

Q_e = Caudal de entrada al área de riego (l/s).

Q_c = Caudal de captación en bocatoma (l/s).

2.3.1.2. Eficiencia de distribución (ED)

Está definida como la relación entre la cantidad de agua entregada a nivel de parcela o cabecera de surco o melga y la cantidad de agua recibida a nivel de cabecera de campo o parcela, (Vásquez, 1992).

$$Ed = \frac{Qp}{Qe} \times 100 \dots \dots \dots (4)$$

Dónde:

Ed = Eficiencia de distribución.

Qp = Caudal de entrada al predio (l/s).

Qc = Caudal de entrada al área de riego (l/s).

Esta referida a las pérdidas de agua que se produce en el sistema de distribución, desde la entrada del área de riego hasta la cabecera de la parcela, (Benites, 1998).

2.3.1.3. Eficiencia de aplicación (EAP)

La eficiencia de aplicación es la relación entre el agua que realmente queda almacenada en la zona de las raíces del cultivo (y por lo tanto puede ser aprovechada por ellas) y el agua total aplicada con el riego, (Israelsen, 1975).

La eficiencia de uso para riego es la relación entre el volumen utilizado por las plantas en el proceso evaporativo (V_u) y el volumen que llega a las parcelas para riego (V_p), (Palacios, 1992). Está definida por la relación entre la cantidad de agua almacenada directamente para el cultivo y la cantidad total de agua aplicada al terreno, o sea esta relación se refiere a la cantidad de agua con que se riega el interior de la parcela, (Vásquez, 1992).

$$Eap = \frac{V_e}{V_a} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

Dónde:

Eap = Eficiencia de aplicación (%).

V_e = Volumen evaluado (m³).

V_a = Volumen aplicado (m³).

2.3.2. Capacidad de campo (CC)

La capacidad de campo se define como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problema de drenaje, también se puede decir que el contenido de humedad a capacidad de campo, es aquel que corresponde a un estado energético de 0.33 bares, (Vásquez, 1992). Cantidad de agua que retiene el suelo después de un riego amplio o de unas fuertes lluvias cuando el ritmo de movimiento descendente ha disminuido sensiblemente, normalmente de uno a tres días, después del riego o de la lluvia; llamada también capacidad efectiva de retención de agua o contenido de humedad del suelo con una tensión de humedad del suelo de 0.2 a 0.30 atmósferas en porcentajes ponderados o de volumen, (Doorenbos, 1976).

Es el máximo contenido de humedad del suelo, que la planta puede aprovechar para su crecimiento, suponiendo que el resto drena demasiado rápido para ser aprovechada, (Benites, 1998).

2.3.3. Densidad aparente (DAP)

Se denomina densidad aparente, al cociente de dividir la masa de un suelo seco (M_s) por el volumen del suelo (V_t). Puede variar entre 0.7g/cm³ en caso de suelos volcánicos y 1.8 g/cm³ en suelos arenosos, (Pizarro,1990).

Expresa la relación entre la masa de partículas del suelo después que han sido secadas y el volumen total del suelo, que incluye las partículas y los poros en conjunto, (Gurovich, 1999).

Representa la relación que existe entre el peso del suelo seca o peso de sólidos y el volumen total de una muestra de suelo no disturbada, cuyos valores se expresan generalmente en g/cm³, kg/dm³, (Vásquez, 1992).

$$Dap = \frac{Ms}{VT} \dots \dots \dots (6)$$

Dónde:

Dap : Densidad aparente (gr/cm³).

Ms : Peso de suelo seco.

Vt : Volumen total.

2.3.4. Humedad aprovechable total (HAT)

Es la diferencia que existe entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (CC) y el punto de marchites permanente (PMP), (Vásquez, 1992).

Para el especialista en riego, es importante determinar cuál es la lámina de agua que debe aplicar el suelo, para conseguir que este se encuentre a capacidad de campo y la planta pueda aprovecharla fácilmente. El contenido de humedad inicial, supuestamente es el punto de marchites permanente (PMP), el cual tiene que llegar a la capacidad de campo (CC); el valor que tenemos que adicionarle al suelo es un contenido de humedad en base a peso que corresponde a (CC - PMP), (Benites, 1998).

La lámina encontrada anteriormente es la que corresponde a la necesaria para pasar del nivel mínimo (PMP) al máximo (CC). Pero como mencionamos, no es recomendable que el suelo llegue a niveles mínimos, sino que el riego se aplique dentro de un cierto nivel de agotamiento, (Benites, 1998).

$$L = \frac{(CC - PMP) \times Dap \times H}{100} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

L = Lámina de agua a cubrir humedad fácilmente utilizable (cm).

CC = Contenido de humedad capacidad de campo (%).

PMP = contenido de humedad punto de marchites permanente (%).

Dap = Densidad aparente del suelo (gr/cm³).

H = Profundidad de raíces (cm).

Es el espesor de lámina a aplicar por riego, pudiéndose obtener este resultado por el método de constantes hídricas o procedimiento edafológico, (Luque, 1998).

2.3.5. Tiempo de riego

Constituye el tiempo necesario para incorporar la lámina aplicada al suelo, teniendo en cuenta la cantidad de agua o volumen que se dispone por unidad de tiempo o caudal, (García, 1997).

$$T = \frac{AxLap}{q} \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

T : Tiempo de riego en (seg).

A : Área de riego en m²

Lap : Lámina a aplicar (m).

Es el tiempo durante el cual se suministra un caudal dado al campo o bloque de campos, en horas o días, (Doorenbos, 1976).

2.3.6. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego está dada por el periodo de aplicación del agua al terreno en uno y otro riego, variando de acuerdo al cultivo a regar y de la capacidad de absorción y estructura del suelo, (Vásquez, 1992).

Es el espacio de tiempo que hay que tener en cuenta entre riegos, después que la planta ha consumido la lámina disponible o neta, (Benites,1998).

El tiempo comprendido entre el comienzo del suministro de agua a un campo o bloques de campo dado, perteneciente a la unidad de rotación, y el comienzo del siguiente suministro en día, (Doorenbos, 1976).

2.3.7. Movimiento de agua en el riego

El movimiento de agua durante el riego es de importancia conocerlo, ya que así se logrará adecuadas eficiencias. Para iniciarse el riego por gravedad se presenta un fenómeno combinado desplazamiento de agua sobre la superficie del suelo (avance), penetración al interior del mismo (infiltración). Al cortarse el ingreso del agua al surco o melga, continúa

un escurrimiento superficial durante un tiempo corto (merma o secesión), (Vásquez, 1992).

El tiempo de avance está determinado por el desplazamiento superficial del agua hasta una distancia dada; mientras que el tiempo de merma o sección, Pendiente longitudinal del fondo del surco.

- Cantidad de agua por surco.
- Forma del surco.
- Rugosidad de la superficie del terreno.
- Nivel de humedad del suelo.
- Características físicas químicas del suelo.

El agua discurre sobre la superficie del suelo, a lo largo del surco, avanzando de acuerdo al caudal de riego utilizado, a la pendiente y a la velocidad de penetración en el suelo, (Benites, 1998).

2.3.8. Caudal máximo no erosivo

(Benites, 1998). Indica, corresponde al mayor caudal empleado que no cauce erosión ni destruya el cauce, se indica que se puede aproximar a la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{38}{S} \dots \dots \dots (9)$$

$$Q = \frac{0.63}{S} \dots \dots \dots (10)$$

Dónde:

Q : Caudal máximo no erosivo.

S : Pendiente del fondo del surco (%).

2.3.9. Curvas de avance del agua de riego

(Vásquez, 1992). Indica que, el avance de agua durante el riego por gravedad, es importante conocerlo, ya que permite efectuar un diseño adecuado del sistema de riego. Los factores más importantes que determinan la velocidad de avance son:

$$L = aTa^B \dots \dots \dots (11)$$

Dónde:

L = Longitud de avance en un tiempo determinado Ta (m)

Ta = Tiempo de avance minutos (min).

A = Coeficiente para Ta = 1 min.

B = Exponente que varía entre 0 y 1.

2.3.10. Curvas de recesión de riego

Una vez finalizado el riego en cada estaca se registra el tiempo en que el agua desaparece de la superficie (merma), obteniéndose pares de valores que puedan ser llevados a una gráfica aritmética (curva de recesión) conjuntamente con la curva de avance. Dichos pares de valores de merma, pueden ser llevados a una función de la misma forma que los valores de avance. Se puede observar el tiempo de oportunidad de contacto en toda la longitud de surco o melga, (Benites, 1998).

$$L = A = aT_m^B \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

L : Longitud de avance en un tiempo determinado Tm (m).

Tm : Tiempo de merma (min.).

a : Coeficiente para Tm = 1 min.

b : Exponente que varía entre 0 y 1.

2.3.11. Infiltración.

Entrada vertical (gravitacional) del agua en el perfil del suelo, (Vásquez,1992).

Movimiento vertical del agua en la parte superficial del suelo el agua al entrar en contacto con la superficie del suelo sigue dos caminos, se desliza a través de la superficie

(escurrimiento) y penetra cruzando la superficie hacia estratos inferiores (infiltración), (Benites, 1998).

El termino infiltración es distinto al de percolación porque este último representa el movimiento del agua por efectos de gravedad dentro del perfil del suelo, (Benites, 1998).

La infiltración o entrada de agua en el suelo ocurre generalmente en la superficie del suelo y tiene dirección vertical hacia abajo, (Gurovich,1999).

2.3.12. Lamina de infiltración acumulada (D)

Puede ser definida como la velocidad de entrada vertical del agua en el perfil del suelo, cuando la superficie del terreno se cubre con una lámina delgada de agua, (Vásquez, 1992).

Una lámina de agua ingresa al suelo en una fracción diferencial en un tiempo determinado, a medida que el tiempo aumenta la lámina total de agua aumenta, después de un tiempo tiende a ser constante, obteniéndose pares de valores. A la cantidad de agua que ingresa a través del perfil del suelo, en un tiempo determinado, de le denomina infiltración acumulada. La lámina diferencial que ingresa en un tiempo determinado, produce una velocidad en ese instante, denominado velocidad instantánea, (Benites, 1998).

$$T_{acum} = AT^B \dots \dots \dots (13)$$

Dónde:

T_{acum} : Lamina infiltrada acumulada (L), cm.

T : Tiempo de infiltración.

A : Coeficiente para $T = 1$.

B : Exponente que varía entre 0 y

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.-Ubicación geográfica del estudio.

3.1.1. Ubicación geográfica

El centro poblado de Mañazo tiene la siguiente ubicación geográfica.

- GEOGRÁFICA:

Coordenadas UTM-N : 8'255,800 a 8'255,200

Coordenadas UTM-E : 357,400 a 356,500

Altitud : 3913 m.s.n.m.

- LÍMITES DEL DISTRITO DE MAÑAZO:

Por el Norte : Cabana

Por el Sur : Ichuña

Por el Este : Vilque y Tiquillaca

Por el Oeste : Cabanillas

- ADMINISTRACIÓN DEL AGUA CON FINES AGRÍCOLAS:

Zona Agrícola : Puno

Distrito de Riego : Mañazo

Sub-distrito de Riego : Mañazo

3.1.2.- Ubicación política

El centro poblado de Mañazo tiene la siguiente ubicación política

Región : Puno
Provincia : Puno
Distrito : Mañazo

- MAPAS Y CROQUIS DE UBICACIÓN DEL PROYECTO:



FIGURA 1: Mapa de ubicación

FUENTE: INEI 2013



FIGURA 2: Mapa de la región de Puno

FUENTE: INEI 2013



FIGURA 3: Ubicación del proyecto (Progreso I), parcela de 1ha

FUENTE: Elaboración propia.

3.1.3.- Acceso y vías de comunicación.

Existen dos rutas terrestres más directas para llegar al distrito de Mañazo, la ruta “A” es el acceso vial a partir de la ciudad de Juliaca por la autopista Héroes de la Guerra del Pacífico “Interoceánica” recorriendo en dirección sudoeste

aproximadamente a 30 km se encuentra la localidad de Cabanillas, donde se empalma con la carretera “122” para llegar finalmente al distrito de Mañazo.

La ruta B comprende el punto de inicio en la Ciudad de Puno, se recorre en sentido noroeste por la carretera “122” llegando a las localidades de Tiquillaca, Vilques y finalmente Mañazo.

TABLA 1: Accesos de vías al proyecto vía de aérea y terrestre.

RUTA	TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO	TIPO	MEDIO DE TRANSPORTE	ESTADO
0	Lima – Juliaca		1.5 Horas	Aérea	Aérea	Optima
1	Lima – Juliaca	1268	20 Horas	Terrestre	Bus / Particular	Optima
2	Lima – Puno	1290	20 Horas	Terrestre	Bus / Particular	Optima
A	Juliaca – Cabanilla	30	30 min	Terrestre	Bus / particular	Optima
	Cabanilla – Mañazo	20	25 min	Terrestre	Bus / particular	Regular
B	Puno – Tiquillaca	24	40 min	Terrestre	Bus / particular	Regular
	Tiquillaca – Vilque	10	10 min	Terrestre	Bus / particular	Regular
	Vilque – Mañazo	11	10 min	Terrestre	Bus / particular	Regular

FUENTE: Elaboración propia

3.2. Periodo de duración del estudio

El periodo de duración del estudio fue 7 meses desde la siembra hasta la cosecha de la quinua como también la metodología del sistema.

TABLA 2: Cronograma de actividades.

ACTIVIDAD	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES						
	MESES						
	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
Revisión bibliográfica y recopilación de información							
Delimitación de la zona de estudio							
Interpretación de resultados procesamientos de datos							
Aforos desde la Presa hasta el canal progreso 1 para ver la eficiencia de conducción y distribución							
Ensayo de infiltración para verificar la eficiencia de aplicación							
Instalación del tanque evaporímetro para determinar la evaporación							
Verificar la pluviometría							
Verifica el sistema de riego por aspersión con tuberías móviles de aluminio móvil.							
Determinar la eficiencia efectiva total.							
Presentación preliminar							
Elaboración del informe							
Correcciones y entrega final							

FUENTE: Elaboración propia.

3.3. Parámetros físicos químicos del suelo.

El análisis de suelos es una herramienta importante para evaluar o evitar problemas de balance de nutrientes como también en los cultivos. Mediante un análisis de suelo podemos conocer:

- Necesidades de nutrientes del suelo.
- La Texturas y las Propiedades Hídricas.
- Detectar necesidades de enmiendas (calizas, ácidas, orgánicas,).

Verificar la cantidad de los diferentes nutrientes del suelo para poder determinar las características físicas químicas que poseen los suelos en el área de la tesis.

Establecer las condiciones apropiadas para el desarrollo de los cultivos propuestos.

Realizar el estudio Edafológico a fin de determinar los diferentes tipos de Suelos existentes en la zona del proyecto, mediante el estudio.

3.3.1. Metodología aplicada

- Los suelos analizados nos permiten determinar las necesidades del suelo que permiten que los cultivos puedan desarrollarse en un ambiente apropiado.
- Nos permite poder verificar si el suelo es alcalino y de esta manera efectuar como estrategia.

3.3.2. Delimitación de las unidades de muestreo

- Para poder detallar la delimitación de las unidades de muestreo, primeramente, se ha realizado en ArcGIS un manejo del mapeo de la parcela, para así obtener de una hectárea, 10 muestra de suelo para la eficiencia de aplicación.
- Se obtuvo muestras también de suelo para la etapa de eficiencia de distribución y la de conducción.

TABLA 3: N° de muestras de suelo.

AREA BAJO RIEGO (ha)	Nº DE MUESTRAS DE SUELO
1	12

FUENTE: Elaboración propia.

3.3.3. Equipo para la toma de muestras

- Se reconoció el área general del área de estudio, con la identificación de los equipos y materiales para la toma de muestra.

TABLA 4: Equipo para la Toma de muestra

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD
1	Lampas	unidad
2	Picos	unidad
3	Barreta	unidad
4	Tabla de colores Munsell	unidad
5	Wincha metalica	unidad
6	Cuchillo de campo	unidad
7	carpeta de trabajo	unidad
8	Bolsas polietileno 8/12 plgs	Ciento
9	Camara fotografica digital	unidad
10	Pilas para la camara	Caja
11	GPS	unidad
12	Regla de Madera (Perfiles)	unidad
13	Escalimetro	unidad
14	Catalago de suelos	unidad

FUENTE: Elaboración propia



FIGURA 4: Equipo para toma de muestra.

FUENTE: Elaboración propia

3.3.4. Toma de muestras

Se obtendrán muestras representativas que correspondan a varias porciones del mismo volumen, las diferentes muestras que se han obtenido se llamarán muestras compuestas, donde pertenecen a la sub muestras o a la muestra simple tratando de tomar mayor información para la muestra compuesta, con el fin de que la muestra sea confiable, con el empleo del barreno y la apertura de calicatas se podrá determinar los perfiles típicos que corresponden a las unidades taxonómicas identificadas, y cuya descripción detallada incluye para cada estrato u horizonte lo siguiente: espesor, textura, estructura, color, consistencia, moteaduras,

modificador textural, presencia de raicillas, concreciones, actividad de organismos y límite inferior. Además, para cada calicata se ha enfatizado sobre los factores de formación (material madre, relieve, clima, vegetación) drenaje interno, erosión, pedregosidad superficial, nivel freático, salinidad aparente, uso actual de la tierra y otros de importancia.

Después de haber establecido la demarcación de cada unidad, se establecerá las sub muestras de la siguiente manera:

- Primeramente, se recolectará todas las muestras en diferentes distancias por ello se establecerá las sub muestras en cada vértice, se recomienda en el terreno sacar muestra al azar, en forma de zig zang, o en línea recta, entre surco, borde y parcela.
- Previo a la toma de la muestra de sub-suelo, revolver la cobertura vegetal y expulsar cualquier otro obstáculo para luego penetrar la herramienta a una profundidad deseable y extraer la cantidad de suelo necesaria para que posteriormente acomodarlo en un balde de plástico limpio, para conocer la fertilidad del suelo.
- La toma que se obtuvo en campo es de un kilo, se consideró el registro de toma de muestras.

3.3.5. Profundidad de muestreo

La descripción morfológica de los perfiles de suelos, así como su caracterización analítica, se hace necesario la excavación de calicatas de aproximadamente 30 cm de profundidad. De esta forma se facilita la descripción de campo y el muestreo de cada uno de los horizontes identificados.



FIGURA 5: Profundidad efectiva de la muestra.

FUENTE: Elaboración Propia.

TABLA 5: Profundidad efectiva del suelo

CLASE	SIMBOLO	ESPESOR (cm)
Muy superficial	ms	Menos de 15
Superficial	s	15 a 30
Regular	r	30 a 60
Mediana	m	60 a 90
Profunda	pr	90 a 150
Muy profunda	mpr	Mas de 150

FUENTE: Memoria descriptiva de suelos

3.3.6. Obtención de muestras

Seguidamente de obtener todas las sub muestras en cada parcela, se introdujo en una bolsa transparente hasta lograr un producto uniforme tales muestras se encontraron con defectos es por tal razón que se extrajeron de la muestra piedras, raíces gruesas y fauna edáfica entre otros componentes, se fragmentara con la mano las muestras con mayor cantidad para obtener una muestra homogénea.

En este proceso se aplicada el método de cuarteo, para proceder se revuelve bien el material y se forma un cono para separarlo en cuadrantes, como también se puede llevar a cabo por medio de un partididor de muestras. Una vez que la muestra este homogenizada se procede a aplanar la punta del cono que formamos con la misma. Después se procede al cuarteo, este se puede hacer mediante una regla o

cualquier otro objeto que sea de utilidad, se forman cuatro partes iguales, después se parten con la regla partiéndola en 2 primero y después de nuevo en otras dos partes utilizando como muestra solo la parte que no movimos.

Cada muestra que se identificó se consideró un nombre o código definido como (PSS 001) para luego ser enviada al laboratorio en un trascurso no mayor a dos días. La muestra debe estar a temperatura ambiente, sin exponerse al sol.



FIGURA 6: Identificación de la muestra.

FUENTE: Elaboración propia.

3.3.7. Descripción de las unidades taxonómicas.

tomó en cuenta la clasificación natural de Soil Taxonomy (1999).

TABLA 6: Clasificación natural del soil taxonomy

N°	NOMBRE	CARACTERISTICAS
1	Entisols	Suelos muy poco evolucionados desprovistos de horizonte
2	vertisols	Suelos con arcillas expandibles.
3	Inceptisols	Suelos poco evolucionados
4	aridisols	Suelos en clima calido
5	mollisols	Suelos con horizonte mollico
6	spodosols	Suelos con horizonte espodico
7	alfisols	Suelos con horizonte argilico y alteracion reducida
8	ultisols	Suelos con horizonte argilico y alteracion intensa
9	oxisols	Suelos con horizonte oxico
10	gelisols	Suelos de zonas frigidias y congeladas
11	andisols	Suelos de las andinas con ceniza volcanicas y alofaba
12	histosols	Suelos organicos hidromorfos

FUENTE: Soil Taxonomy (1999).

3.3.8. Análisis geotécnico.

3.3.8.1. Trabajo de campo

Para el presente estudio se obtuvo muestras in situ, a fin de evaluar la constitución física del suelo de fundación a nivel del perfil del terreno actual.

En la calicata excavada, se han realizado con la finalidad de determinar el tipo de material presente.

3.3.8.2. Apertura de calicatas

En la zona de estudio se realizó la excavación de 1 calicata, en la modalidad de cielo abierto con la finalidad de evaluar las condiciones del terreno e identificar la conformación estratigráfica del mismo.

Se acopiaron muestras representativas disturbadas del sub-suelo y de los diferentes estratos conformantes del terreno de fundación, por lo que se tomaron datos característicos relacionados a:

- Identificación del tamaño de las partículas
- Forma de partículas
- Contenido de humedad
- Color
- Presencia de bolonería
- Variaciones litológicas
- Compacidad y origen del suelo.



FIGURA 10: Perfil del suelo

FUENTE: Elaboración propia

3.3.8.3. Equipos y herramientas.

Se utilizaron equipos y herramientas para la apertura de calicatas como palas, picos, wincha, cámara fotográfica, sacos o bolsas para el transporte de las muestras.



FIGURA 7: Equipos y herramientas para la toma de muestras

FUENTE: Elaboración propia.

3.3.8.4. Profundidad de Calicata

La profundidad de excavación de la calicata nos describirá morfológicamente los perfiles de suelos, así como su caracterización analítica, se hace necesario la excavación de calicatas de aproximadamente la profundidad del cultivo para riego . De esta forma se facilita la descripción de campo y el muestreo de cada uno de los horizontes identificados.

Cuando haya terminado de excavar, examine cuidadosamente una de las paredes bien expuestas de la calicata para determinar los distintos horizontes del suelo: esto se denomina perfil del suelo y debe examinarse nada más que al terminar de acabar de excavar. Haga un dibujo del perfil del suelo de cada calicata que excave y mida y anote las profundidades de cada horizonte. Anote cuidadosamente en su dibujo el lugar en que tomó cada muestra.



FIGURA 8: Profundidad efectiva de la calicata

FUENTE: Elaboración Propia.

3.4. Parámetros físicos-químicos del agua.

3.4.1. Análisis del agua para riego

a) Muestra de agua 01.

Se extrajo una muestra de agua de 1 litro de los canales. Al terminar de extraer la muestra se procedió a etiquetarlo según protocolo del muestreo del laboratorio.

Ubicación del lugar del muestreo:

- Sector : Lagunillas
- Lugar : Mañazo



FIGURA 9: Toma de muestra Bocatoma

FUENTE: Elaboración propia

b) Muestra de agua 02

Se extrajo una muestra de agua de 1 litro de los canales laterales. Al terminar de extraer la muestra se procedió a etiquetarlo según protocolo del muestreo del laboratorio

Ubicación del lugar del muestreo

• Sector

: Mañazo



FIGURA 10: Toma de muestra canales laterales

FUENTE: Elaboración propia.

c) Muestra de agua 03.

Se extrajo una muestra de agua de 1 litro en el reservorio de progreso. Al terminar de extraer la muestra se procedió a etiquetarlo según protocolo del muestreo del laboratorio

Ubicación del lugar del muestreo

- Sector : Añasani
- Distrito : Queri mañazo



FIGURA 11: Toma de muestra de agua (Reservorio)

FUENTE: Elaboración propia.

3.5. Variables climáticas.

Evapotranspiración del cultivo

Es complicado medir la evapotranspiración del cultivo, por lo que se usa una forma indirecta que es la bandeja de evaporación, que relaciona la cantidad de agua que necesita el cultivo con la que se evapora de dicha bandeja.

Bandeja de evaporación clase A.

Método del tanque evaporímetro tipo “A” Para aplicar este método se usaron dos tanques evaporímetros tipo “A” que fueron instalados en el sitio de interés, uno ubicado en la estación meteorológica, superficie con pasto, en donde se estableció

el cultivo de quinua, de los cuales se tomaron los datos de evaporación diaria para cada caso, para después ser sustituidas en la ecuación

Descripción del tanque evaporímetro tipo “A” Se usó un tanque evaporímetro tipo “A” los cuales cuentan con los siguientes elementos:

- Tanque evaporímetro



FIGURA 12: Tanque evaporímetro tipo “A”

FUENTE: Elaboración propia.

- Cilindro de reposo



FIGURA 13: Cilindro de reposo.

FUENTE: Elaboración propia.

- Tornillo micrométrico
- Plataforma de madera

Para obtener lecturas representativas de evaporación fue necesario mantener el agua que contenía el tanque en buen estado y no dejar que este descendiera a menos de 5 ó 7.5 cm del borde, como se aprecia en la figura

Metodología en la toma de datos, la evaporación desde el suelo (Evs) es un componente importante de la evapotranspiración de los cultivos (ETr) en especial cuando el dosel no es completo, las principales estrategias para incrementar la eficiencia del uso del agua consisten en acortar el tiempo desde la siembra y hasta el cierre total del dosel (Cooper et. al., 1987; Montieth, 1993), debido a que la radiación solar incidente sobre el suelo provee la energía necesaria para la evaporación.



FIGURA 14: Evapotranspiración de cultivo

FUENTE: Elaboración propia.

Toma de lecturas

La toma de muestra se lectura por una planilla que se le entrego al usuario el señor jhony donde se le dijo que verificara las muestras según los horarios establecidos.

- La altura del agua evaporada se midió y registro diariamente a 5 horas determinada con un tornillo micrométrico (entre 8:00 y 1:00 p.m.).



FIGURA 15: Toma de lectura.

FUENTE: Elaboración propia.

- Si el nivel del agua está por debajo de los 7 ó 5 cm se requiere reponerla hasta alcanzar el nivel indicado.
- La evaporación diaria en mm. se obtuvo calculando la diferencia de la lectura actual y la del día anterior, durante el tiempo que duro el experimento.

3.6. Eficiencia de riego

3.6.1. Eficiencia de conducción

Para determinar la eficiencia de conducción se debe tener información suficiente y representativa y en diferentes niveles de la red de riego con la cual hacer los cálculos.

Aforos

Si no se dispone de información histórica de aforos, el cálculo de las eficiencias se realizará con los aforos realizados según el procedimiento indicado de este instructivo y para el canal o canales a los que se va a determinar sus eficiencias.

Materiales y equipos

- Cronómetro o reloj,
- Calculadora
- Wincha
- Cable o alambre

- Estacas de fierro o madera
- Pintura
- Flotador
- Libretas de campo
- Hojas de registro y procesamiento.
- Correntómetro (Si se dispone)
- Recipiente volumétrico (Si se dispone)

- **Métodos de medición de caudal**

Existen diferentes métodos para medir el caudal de agua que atraviesa una sección, a continuación, se describirá algunos de los métodos de aforo más utilizados:

- **Velocidad y sección**

Este método es el más usado y se requiere medir el área de la sección transversal del flujo de agua y la velocidad media del flujo y para el cálculo del caudal se aplica la relación

siguiente:

$$Q = VXA$$

Dónde:

Q: Caudal del agua en litros por segundo (l/s) o en metros cúbicos por segundo (m³/s).

A: Área de la sección transversal del flujo de agua.

V: Velocidad media del agua.

El problema principal es medir la velocidad media en los canales o causes ya que la velocidad varía en los diferentes puntos de la sección.

Los métodos más conocidos para determinar la velocidad de agua son los siguientes:

a) Método del correntómetro

En este método la velocidad del agua se mide por medio de un instrumento llamado correntómetro que mide la velocidad en un punto dado de la sección del canal.



FIGURA 16:Metodo del correntómetro

FUENTE: Elaboración propia.

Cada correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para calcular la velocidad sabiendo el número de vueltas o revoluciones de la hélice por segundo. Estos correntómetros se calibran en laboratorios de hidráulica por medio de una fórmula de calibración, que es la siguiente:

$$v=a*n+b$$

Dónde:

v: Velocidad del agua (m/s)

n: Numero de vueltas de la hélice por segundo. a: Paso real de la hélice en metros.

b: es la llamada velocidad de frotamiento en (m/s)

Como el correntómetro mide la velocidad en un punto, para obtener la velocidad media de un curso de agua se deben en ciertos casos, medir la velocidad en dos, tres o más puntos, a diversas profundidades a lo largo de una vertical y a partir de la superficie del agua.

TABLA 7: Profundidad de lectura del correntómetro

TIRANTE (d) (cm)	PROFUNDIDAD DE LECTURA DEL CORRENTÓMETRO (cm)
<15	d/2
15<d<45	0.6d
>45	0.2 y 0.8d o 0.2 ,0.6d y 0.8d

Fuente: Manual de Hidrometría INRENA-PSI, 2005

Las profundidades en las cuales se mide las velocidades con el correntómetro en función de la altura del tirante de agua (d). Conocidas las profundidades se calcula el área de la sección transversal, la que se utilizara para el cálculo del caudal:



FIGURA 17: Medición con el correntómetro.

FUENTE: Elaboración propia

Procedimiento:

1. Buscar un sitio adecuado, de preferencia un tramo recto con sección uniforme.
2. La sección se divide en varios tramos dependiendo de la anchura del canal.

3. En cada tramo hallar el área parcial, la cual se obtiene al multiplicar la profundidad media (se calcula midiendo la profundidad del agua en el extremo de cada tramo) por su anchura.
4. La velocidad media se mide en el centro de cada área parcial a una distancia 40% de abajo hacia arriba cuando la profundidad es menor de 0.60 m .Si es mayor, se hacen mediciones a 20 % y 80% de la profundidad.
5. Se multiplica el área del tramo correspondiente por la velocidad media y se obtiene el caudal parcial. La suma de todos los caudales parciales proporciona el caudal total.

b) Método del Flotador

Se utiliza un flotador con él se mide la velocidad del agua de la superficie, pudiendo utilizarse como flotador cualquier cuerpo pequeño que flote: como un corcho, un pedacito de madera, una botellita lastrada.



FIGURA 18:Metodo del flotador

FUENTE: Elaboración propia

Se recomienda utilizar el método del flotador, para aforos de caudales no menores de 0.250 m³/s (250 lt/seg.) ni mayores de 0.900 m³/s (900 lt/seg).

La metodología consiste:

1. Cálculo del área de la sección transversal de aforo

2. Seleccionar un tramo recto del cauce entre 15 a 20 metros.
3. Determinar el ancho del cauce y las profundidades de este en tres partes de la sección transversal.



FIGURA 19:Determinación de ancho de cauce

FUENTE: Elaboración propia

4. Calcular el área de la sección transversal
5. Cálculo de la velocidad

El procedimiento para la toma de datos es el siguiente:

Para medir la velocidad en canales o causes pequeños, se coge un tramo recto del curso de agua y alrededor de 5 a 10 m, se deja caer el flotador al inicio del tramo que está debidamente señalado y al centro del curso del agua en lo posible y se toma el tiempo inicial t1; luego se toma el tiempo t2, cuando el flotador alcanza el extremo final del tramo que también está debidamente marcado; y sabiendo la distancia recorrida y el tiempo que el flotador demora en alcanzar el extremo final del tramo, se calcula la velocidad.

$$V = e/t$$

Dónde:

v =Velocidad en m / s

e =Espacio recorrido por el flotador (m).

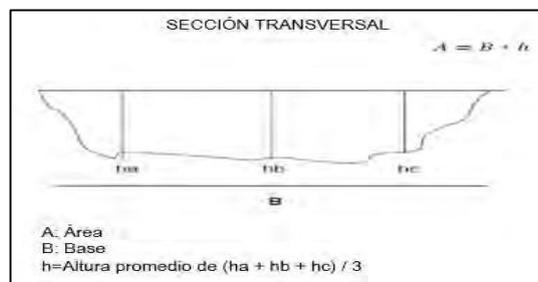


FIGURA 20:Seccion transversal

t= Tiempo recorrido por el flotador, en segundos. FUENTE:Elaboracion propia

A =Área de la sección transversal (m²)

C =Factor de corrección

Q Caudal (m³/s)

3.6.2. Eficiencia de distribución.

Se obtiene en toda la red de canales, acequias, regadoras o cauces que sirven para distribuir el agua hacia las parcelas, fincas, predios o chacras de los usuarios (Gráfico N° 03). Es mayor cuanto mejor sea el estado de los canales y estructuras de distribución. Esto quiere decir:

Que no haya fugas en las tomas y estructuras de retención, partidores y otros debido a deterioros o daños causados a veces por los mismos usuarios.

Que se programen uno, dos o tres canales para turno de riego con un caudal suficiente y no todos los canales al mismo tiempo, con caudales muy bajos que originan velocidades muy bajas.

La eficiencia de distribución (E_d) está definida por la relación entre el caudal del agua entregada en la cabecera de un canal lateral (V_e) y la sumatoria de los caudales o volúmenes distribuidos en las parcelas, predios o usuarios (V_n), que tiene la siguiente expresión.

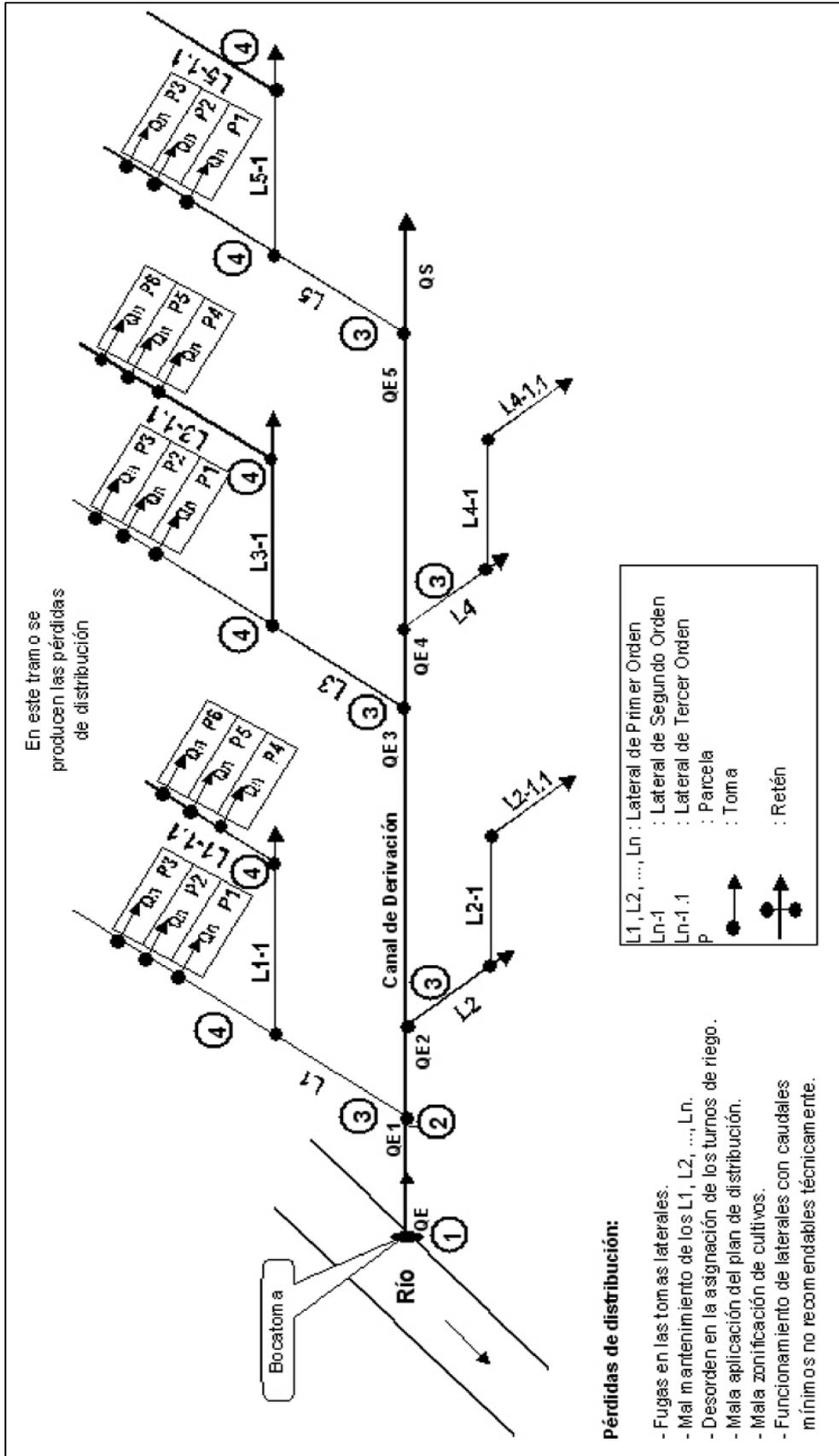


FIGURA 21: Pérdidas de eficiencia de distribución.

FUENTE: Elaboración propia.

3.6.3. Eficiencia de aplicación.

Dado que el instructivo tiene por finalidad sólo determinar la eficiencia de conducción y distribución, se hace referencia a la eficiencia de aplicación para poder entender el concepto global de la eficiencia de riego, siendo necesario en este caso disponer de información más compleja de datos climáticos, para utilizar fórmulas y programas especiales, o realizar mediciones de campo también complejas.

La eficiencia de aplicación se obtiene dentro de la parcela o chacra del usuario

Es mayor, cuanto mejor sea usada el agua en la parcela. Esto quiere decir:

- a) Tener terrenos bien nivelados



FIGURA 22: Terrenos bien nivelados.

FUENTE: Elaboración propia.

La Pluviometría.

Se denomina pluviometría al estudio y tratamiento de los datos de precipitación que se obtienen en los pluviómetros ubicados a lo largo y ancho del territorio, obteniendo así unos datos de gran interés para las zonas agrícolas y regulación de las cuencas fluviales a fin de evitar inundaciones por exceso de lluvia.

3.6.4. Eficiencia total de riego

En general es la cantidad de agua aprovechada por los cultivos, en la finca, parcela o chacra, con respecto a una cantidad de agua tomada en alguna fuente natural o artificial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros físicos y químicos del suelo.

Las características físicas químicas de los suelos son fundamentales para el desarrollo del proyecto, en especial para el establecimiento de actividades agrícolas; para lo cual se han recolectado muestras representativas que se han analizado en el laboratorio de Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA.

4.1.1. Textura del suelo

La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar en el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene, la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. La textura indica del contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo.

La textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. El término textura hace referencia a la proporción relativa de arena, limo y arcilla, en la masa del suelo, es decir, a las partículas inferiores a 2 mm de diámetro equivalente. Bajo un punto de vista “dinámico”, se puede definir la textura como el conjunto de propiedades que resultan directamente del tamaño de sus elementos individuales.

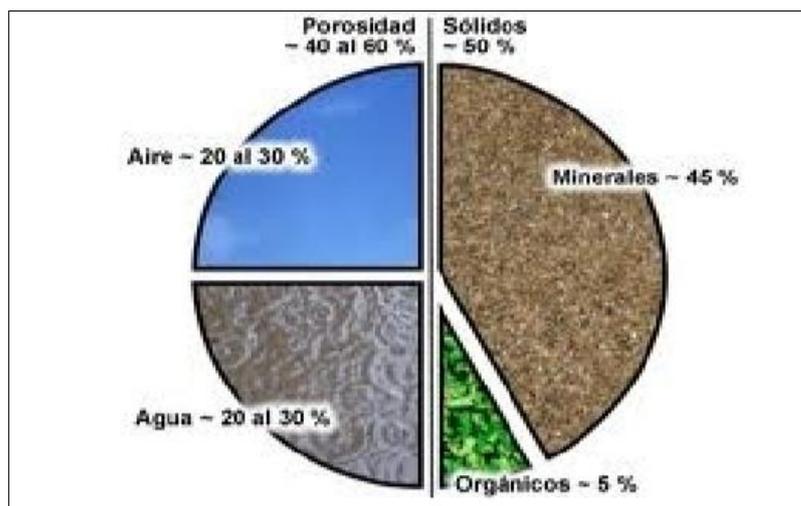


FIGURA 23: Componentes del suelo

FUENTE: Dirección de Estudios y Proyectos-2013.

La textura es, la característica más permanente del suelo, aunque puede ser modificada por la remoción de horizontes superficiales por laboreo y el desarrollo de una nueva superficie de textura diferente; o por la acumulación de materiales acarreados por el viento o por el agua de riego, etc.

Las partículas del suelo son de varios tamaños en forma continua, sin embargo, con un fin práctico, se han definido, arbitrariamente, grupos de tamaños de partículas.

Las partículas del suelo, se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas. Por lo tanto, «partícula» designa a toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o secundaria (agregado o unidad estructural).

El arreglo entre las partículas del suelo, la estructura, determina el espacio entre las mismas, que son predominantemente macroporosos. Según el nivel de observación, se puede hablar de macroestructura o microestructura. La macroestructura, es el arreglo de las partículas secundarias y primarias visibles a simple vista. La microestructura es el arreglo de las partículas primarias para formar las secundarias; de ella depende en alto grado la macroestructura. Al atender a la

microestructura, se observa que los componentes coloidales del suelo (plasma) actúan como cemento de los granos más gruesos (esqueleto).

El suelo puede ser sólo un conjunto de partículas sueltas, desordenadas; o bien estar constituido por estas mismas partículas unidas entre sí conformando un arreglo espacial, con una determinada forma y tamaño, bien definidos.

El arreglo y la organización de las partículas constitutivas del suelo, se conoce como estructura del suelo. Las unidades secundarias que se forman de la unión de las partículas primarias o individuales del suelo, se denomina agregados. Tales patrones o arreglos espaciales necesariamente incluyen espacios porosos.

Existen fuerzas que mantienen unidos esos componentes y que permiten que los agregados se comporten como una unidad. Tales fuerzas son mayores que aquellas que unen agregados adyacentes, de esa forma, al aplicarse una presión sobre una masa de suelo, los agregados se separan por superficies naturales de fragilidad, que representan los límites entre agregados.

A diferencia de un agregado, un terrón es causado por una perturbación, por ejemplo de aradura, que moldea el suelo en forma temporal, deshaciéndose al someterla a humedecimientos y secados repetidos.

Las partículas del suelo difieren en forma, tamaño y orientación, sus masas pueden estar asociadas e interligadas en diferentes formas, presentando configuraciones complejas e irregulares, las cuales son, en general, difíciles de caracterizar en términos exactos. Por otro lado, la estructura del suelo tiene una naturaleza variable, muy afectada por condiciones climáticas, biológicas y de manejo. Por estas razones, la estructura del suelo denota un concepto cualitativo más que una propiedad cuantitativa.

Desde un punto de vista teórico, pueden distinguirse microagregados, con diámetros menores a 0,250 mm y macroagregados, con diámetros entre 0,250 y 10 mm.

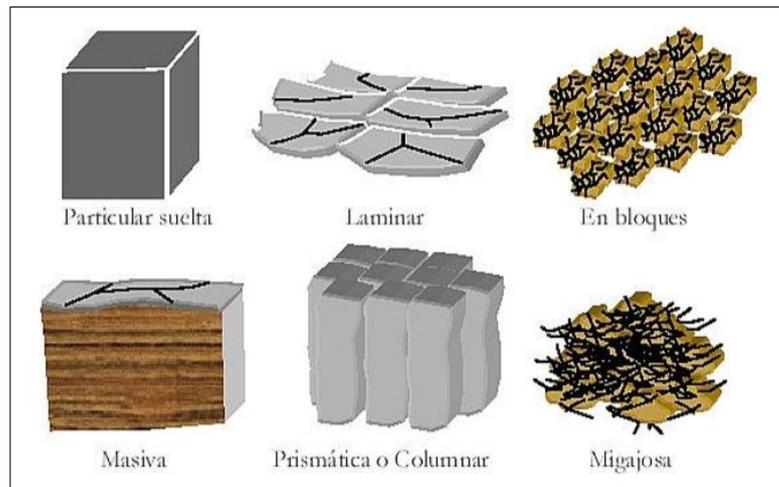


FIGURA 24: Clases de estructura del suelo

FUENTE: Dirección de estudios y proyectos-2013.

Con la ayuda del triángulo de textura y en función de la composición de la muestra se determina la textura del mismo.

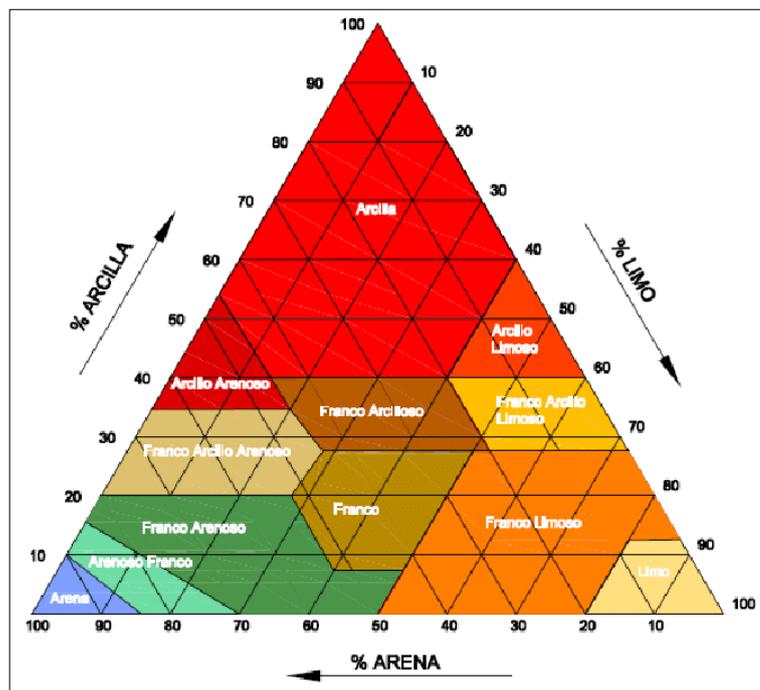


FIGURA 25: Diagrama triangular para la determinación de la textura.

FUENTE: Departamento de conservación de suelos de los estados Unidos (USDA)

TABLA 8: Grupo textural.

GRUPO TEXTURAL	CLASE TEXTURAL	SIMBOLO
Gruesa	Arena	A
	Arena franca	AF
	Franco arenosa	FA
Media	Franca	Fr
	Limosa	L
	Franco limosa	FL
Fina	Franco arcillo arenosa	FArA
	Franco arcillo limosa	FArL
	Franco arcillosa	FAr
	Arcillo arenosa	ARA
	Arcillo limosa	ArL
	Arcillosa	Ar

FUENTE: Instituto Nacional de innovación Agraria-INIA

TABLA 9: Resultado de análisis mecánico de suelos- textura

LABORATORIO	CAMPO	CE ds/m	ANALISIS MECANICO			
			ARENA(%)	LIMO(%)	ARCILLA(%)	TEXTURA(%)
12055	Cultivo de alfalfa	0.43	45.68	36	18.32	FRANCO
LABORATORIO	CAMPO	CE ds/m	ANALISIS MECANICO			
AÑAZANI	Cultivo de quinua	0.747	19.44	48.72	31.84	FRANCO ARCILLOSO

FUENTE: Laboratorio UNALM.

Los resultados obtenidos de las muestras de suelos en el laboratorio, nos indican que la textura predominante son **FRANCO ARCILLOSO**.

4.1.2. Consistencia

La consistencia es uno de los parámetros que pueden medirse en los horizontes del perfil del suelo, aunque su interrelación con la textura y la estructura de cada horizonte, nos obligan a tener un amplio conocimiento de los conceptos básicos de la ciencia del suelo. En este sentido si no conocemos bien la definición de suelo, los procesos y factores formadores de un suelo, así como las interrelaciones que se producen en la matriz del suelo.

La consistencia es el grado y el tipo de cohesión y adhesión entre las partículas del suelo, así como la resistencia del suelo a la deformación o ruptura después de aplicarle una cierta presión. Varía según el estado de humedad del suelo, por lo que interesa determinarla en seco, húmedo y mojado.

Las medidas en campo de esta propiedad son imperfectas y es por ello que se describe a tantos contenidos de humedad como sea posible. Generalmente se han ensayado en tres condiciones de humedad: seco, húmedo y mojado, en las cuales se obtienen determinaciones sobre la resistencia a la ruptura, la humedad, la plasticidad y la adhesividad del material.

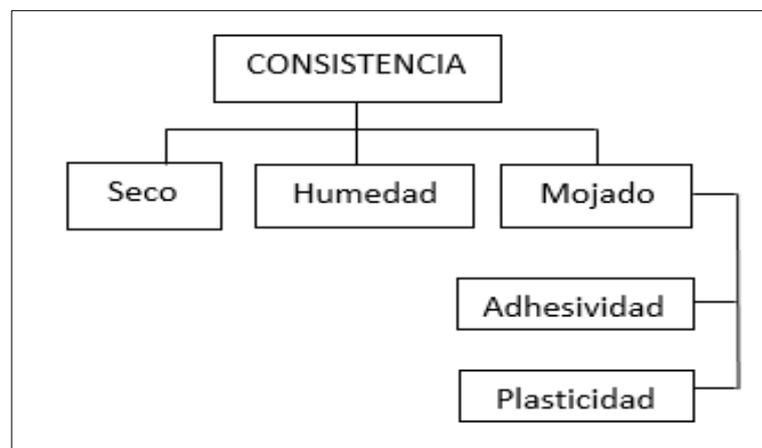


FIGURA 26: Elementos de un Suelo.

FUENTE: Dirección de Estudios y Proyectos-2013.

TABLA 10: Ensayo de campo para determinar la consistencia del suelo seco

CONSISTENCIA	DESCRIPCION
Suelto	Si el suelo no tiene coherencia (estructura de grano suelto).
Blando	Si el suelo tiene débil coherencia y friabilidad, se deshace en polvo o granos sueltos bajo muy ligera presión.
Ligeramente duro	Si el suelo resiste una presión ligera, pero se puede romper fácilmente entre el pulgar y el índice.
Duro	Si el suelo resiste una presión moderada, apenas se puede romper entre el pulgar y el índice, pero se puede romper en las manos sin dificultad.
Muy duro	Si el suelo resiste una gran presión, no se puede romper entre el pulgar y el índice, pero se puede romper en las manos con dificultad.
Extremadamente duro	Si el suelo resiste una presión extrema y no se puede romper en las manos.

FUENTE: fao.org.

TABLA 11: Ensayo de campo para determinar la consistencia del suelo húmedo

CONSISTENCIA	DESCRIPCION
Suelto	Si el suelo no tiene coherencia (estructura de grano suelto).
Muy friable	presión, pero no se une cuando se le comprime nuevamente.
Friable	Si el suelo se desmenuza fácilmente bajo una presión de ligera a moderada.
Firme	Si el suelo se desmenuza bajo una presión moderada, pero no se nota resistencia.
Muy firme	si el suelo se desmenuza bajo fuerte presión, pero apenas es desmenuzable entre el pulgar y el índice.
Extremadamente firme	Si el suelo se desmenuza solamente bajo una presión muy fuerte, no se puede desmenuzar entre el pulgar y el índice, y se debe romper pedazo a pedazo.

FUENTE: fao.org.

El resultado obtenido de la consistencia de la muestra en suelo seco, realizado en campo es de consistencia SUELTA.

El resultado obtenido de la consistencia de la muestra en suelo húmedo, realizado en campo es de consistencia es MUY FRIABLE.

4.1.3. Carbonatos

Los carbonatos son un componente que, en algunos suelos, pueden abatir (disminuir) los rendimientos de los cultivos, al limitar la respuesta a la fertilización e inclusive pueden llegar a impedir el desarrollo de ciertas especies de interés agrario. Las deficiencias de hierro, zinc, fósforo y nitrógeno pueden explicarse con la presencia excesiva de carbonatos. Cuando se presentan acumulaciones de carbonato a cierta profundidad en el perfil edáfico, las plantas pueden sufrir la muerte de su yema apical, después de haber tenido un desarrollo inicial normal. En el caso sobretodo de siembras de especies arbóreas como frutales, se sugiere al menos excavar un perfil y realizar las pruebas cuantitativas pertinentes en cada estrato, y así hasta la parte más profunda.

Los carbonatos del suelo están sometidos a procesos de movilización desde los horizontes de superficie. Desde un punto de vista genético es de gran interés distinguir un posible origen edáfico de las acumulaciones de carbonatos de origen geológico procedente de la roca madre.

TABLA 12: Clasificación del suelo según %CaCO₃.

CLASIFICACION	% CaCO ₃
Muy bajo	0 - 5
Bajo	5.1 – 10
Normal	10.1 – 20
Alto	20.1 - 40
Muy alto	>40

FUENTE: Marín García. M. L. (2003).

TABLA 13: Resultado de carbonato de calcio.

SECTOR	CO ₃ Ca(%)
PROGRESO 1	8.6
AÑAZANI	6,99

FUENTE: Laboratorio UNALM.

El resultado de la muestra analizada en el laboratorio, se ha obtenido que la cantidad de carbonato de calcio es de 8.6%, según la clasificación corresponde **BAJO**, muy poco calizo.

4.1.4. pH

El pH de los suelos es una medida de la acidez o alcalinidad. La escala de pH va de 0-14 unidades de pH, siendo el 7 el valor neutro.

Suelos con valores más bajos de 7 son ácidos y valores superiores a 7 son básicos. El mejor valor de pH para la mayoría de los cultivos suele oscilar entre 6 y 7,5. La máxima disponibilidad de nutrientes en el suelo tiene lugar cuando el pH es el óptimo, habiendo unos valores de pH óptimos para cada nutriente. Cuando los valores de pH están fuera de este rango óptimo, los nutrientes pueden estar menos disponibles, pudiendo producir deficiencias.

Reducir el pH es complicado. La fertilización con fertilizantes basados en amonio puede ir reduciendo el pH a lo largo del tiempo. Añadiendo azufre elemental que se puede reducir el pH pero se requieren grandes cantidades del mismo para reducir algunas décimas.

Este parámetro se mide en una solución, en el caso del suelo en el extracto de saturación, mediante el instrumento denominado peachímetro. En tanto, para calcular este valor es necesario conocer la cantidad de iones hidronio (H⁺) y iones hidroxilo (OH⁻). Si la concentración de iones es igual, es decir que el valor de ambos es de 1×10^{-7} , el nivel de pH es neutro; pero si varía, tiende a ser ácido o alcalino.

TABLA 14: Evaluación del suelo según el pH.

CLASIFICACION	pH
Fuertemente ácido	<5.5
Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	7.0
Ligeramente alcalino	7.1 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	>8.5

FUENTE: Marín García. M. L. (2003)

TABLA 15: Resultados del laboratorio del PH.

SECTOR	MUESTRA N°	PH
PROGRESO 1	12055	8.17
AÑAZANI	311K1	7.99

FUENTE: Laboratorio UNALM.

El resultado de pH=8,17, obtenido de la muestra analizada, corresponde según la clasificación de suelos a **FUERTEMENTE ALCALINO**.

4.1.5. Salinidad o conductividad eléctrica (CE)

Este parámetro permite estimar la cantidad de sales presentes en una pasta saturada o en el extracto de saturación del suelo, con un instrumento denominado conductivímetro; obteniendo así una mejor estimación ya que el valor resultante está directamente relacionado con la humedad del área de estudio (USSLR, 1954).

Los valores de la conductividad eléctrica, se expresan en decisiemens por metro (dS/m) a una temperatura de 25° C.

La conductividad eléctrica (CE) es la suma de las conductividades de los diferentes tipos de iones presentes.

Se trata de un parámetro físico que mide, a una determinada temperatura, la capacidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica.

Su valor viene determinado por la presencia de iones y su movilidad en una solución.

En agronomía, la CE es uno de los parámetros más utilizados para medir la salinidad del extracto saturado (CE_e) o del agua (CE_w), ya que su valor es proporcional a la cantidad de las sales en solución que contiene (Rhoades, 1981). Su valor se mide en deciSiemens / metro (dS/m) o milimhos / centímetro (mmho/cm) siendo $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmho/cm}$.

El principal objetivo del análisis de la CE en suelos es determinar si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar a la germinación de las semillas, el crecimiento de las plantas o a la absorción de agua de las mismas.

La CE_e está influenciada por las diferentes propiedades físicas y químicas del suelo.

Por ello conductividad aumentará en la medida en que el suelo contenga:

- Mayor contenido de humedad. Los suelos con mayor porosidad o menor densidad aparente, tendrán mayor capacidad de almacenamiento de agua, pudiendo alcanzar valores más altos de conductividad eléctrica (Samouëlian et al 2005).
- Mayor contenido de sales disueltas. Mayor salinidad y capacidad de intercambio catiónico. (Rhoades and Corwin, 1981).
- Textura fina. Al tener mayor capacidad de almacenamiento de agua y mayor capacidad de intercambio catiónico, las arcillas poseen mayores valores de conductividad.

TABLA 16: Suelos salinos según la conductividad eléctrica.

CLASIFICACION	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (ds/m)
Muy ligeramente salino (todos los cultivos pueden soportarla)	<2
Ligeramente salino (solo afecta a cultivos muy sensibles)	2 - 4
Moderadamente salino (solo deben cultivarse especies resistentes)	4 - 8
Fuertemente salino (solo podrán tolerarla cultivos excepcionalmente resistentes)	>8

FUENTE: Instituto Nacional de innovación Agraria-INIA.

TABLA 17: Resultados del laboratorio de la conductividad eléctrica.

SECTOR	MUESTRA N°	CE (mmhos/cm)
PROGRESO 1	12055	0.43
AÑAZANI	311K1	0.747

FUENTE: Laboratorio UNALM.

El resultado obtenido de la conductividad eléctrica $CE=0.43\text{mmhos/cm}$, de la muestra analizada en laboratorio resulta, que es un suelo **Muy ligeramente salino**, libre de sales, condición ideal para producir cualquier otro tipo de cultivo.

4.1.6. Materia orgánica

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micronutrientes. Cuando son agregados restos orgánicos de origen vegetal o animal, los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral que son solubles para las plantas; pero este proceso es lento, por lo tanto, la materia orgánica no representa una fuente inmediata de

nutrientes para las plantas, sino más bien una reserva de estos nutrientes para su liberación lenta en el suelo.

La cantidad de materia orgánica en los suelos generalmente se expresa como porcentaje en base al peso del suelo. En la práctica, es difícil en el laboratorio separar el material orgánico e inorgánico de un suelo, por lo que una estimación del contenido de materia orgánica se obtiene indirectamente a través del análisis de un elemento que es constituyente de todas las sustancias orgánicas en el suelo: el carbono (C).

Es decir, conociendo la cantidad de carbono orgánico (C_2) presente en una muestra de suelo, indirectamente se puede estimar cuál es su porcentaje de materia orgánica.

- **Determinación cuantitativa total de la materia orgánica en una muestra de suelo.**

El contenido de materia orgánica total del suelo se puede determinar de varias formas; por calcinación de la muestra de suelo, por oxidación de la muestra con dicromato de potasio (**Método de Walkley y Black**), y por oxidación con peróxido de hidrógeno (agua oxigenada).

- ✓ **Método de Walkley y Black**

Con este método se estima el contenido de carbono orgánico total de una muestra de suelo, completo o de alguna de sus fracciones. Es el método más utilizado en los laboratorios edafológicos para evaluar la materia orgánica del suelo.

Según el Soil Survey Laboratory [Laboratorio de Estudios de Suelos] (1995), este método actúa sobre las formas más activas del carbono orgánico que posee el suelo y no produce una oxidación completa de dichos compuestos, por lo que se deben hacer ajustes a los resultados obtenidos en el laboratorio, cuando se quieren expresar en términos de contenido de materia orgánica. El SSL (1996) recomienda utilizar un factor de corrección igual a 1.724, asumiendo que la materia orgánica tiene 58% de carbono orgánico.

Los procedimientos para llevar a cabo esta determinación son los siguientes:

Se pesan entre 0,2 y 2 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm (o al tamaño de la fracción requerida), dependiendo del color del suelo: más oscuro menos cantidad y viceversa.

Se coloca la muestra en un erlenmeyer de 250 mL y se le adicionan 5 mL de dicromato de potasio 1N y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado, se agita y se deja enfriar; hay que tener precaución en este punto pues la reacción que se presenta es violenta.

Cuando se enfría el conjunto anterior, se diluye con 50 mL de agua destilada y se le agregan 5 mL de ácido fosfórico y 3 gotas de difenilamina o 5 gotas de ortofenantrolina.

Se prepara un blanco, es decir, una mezcla de todos los reactivos mencionados pero sin suelo.

Se titulan la mezcla inicial y el blanco con una solución de sulfato ferroso 1N, la titulación está completa cuando se obtiene un color verde.

Se calcula el contenido de carbono orgánico con la ecuación siguiente:

$$\%C = \frac{V \left(1 - \frac{M}{B}\right) \cdot 0.003}{Pm}$$

Dónde:

%C = porcentaje de carbono orgánico

V = Volumen de dicromato de potasio empleado en la muestra y el blanco (5 mL)

M = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra.

B = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco.

Pm = Peso de la muestra de suelo

Se transforma el contenido de carbono orgánico a contenido de materia orgánica, en porcentaje (%MO), mediante la relación:

$$\%MO = \%C * 1.724$$

El SSL (1995) recomienda que cuando el contenido de carbono orgánico dé valores mayores a 8%, no debe ser tenido en cuenta y que, el contenido de materia orgánica del suelo en cuestión deba ser evaluado por el método de calcinación a 400° C.

Con este método, como ya se dijo, puede quedar alguna parte del material orgánico del suelo sin oxidar, sobre todo en sus fracciones más frescas y más gruesas, por lo cual los valores de materia orgánica del suelo pueden quedar subestimados, aunque en una fracción orgánica poco o nada activa en él.

La reacción de oxidación que se produce en esta determinación es violenta y desprende gran cantidad de vapores, razón que obliga a hacerla bajo campana extractora y con la protección adecuada.

TABLA 18: Porcentaje de materia orgánica de un suelo

CLASIFICACION	PORCENTAJE
Bajo	Menor de 2
Medio	2 a 4
Alto	Mayor de 4

FUENTE: Instituto Nacional de innovación Agraria-INIA.

TABLA 19: Resultados obtenidos del laboratorio de la materia orgánica.

SECTOR	MUESTRA Nº	MATERIA ORGANICA (%)
PROGRESO 1	12055	3.18
AÑAZANI	311K1	2.01

FUENTE: Laboratorio UNALM.

El resultado obtenido según el laboratorio de la UNALM el porcentaje de materia orgánica es de 3,18%. Según la clasificación de Materia orgánica es menor **MEDIO**.

4.1.7. Niveles de nutrientes disponibles en el suelo.

Antes de llevar a cabo el cultivo, lo más importante es conocer el tipo de suelo y cuáles son las características de las plantas. Así sabes si tienes que aportar nutrientes o si, por el contrario, hay excesos que pueden darte problemas en la cosecha. Ten en cuenta también aspectos como el momento del ciclo de vida en el que se encuentra la planta, la humedad del terreno, el pH o la actividad bacteriana de la tierra. Estos rasgos pueden influir en la correcta absorción de los nutrientes del suelo.

La pérdida de nutrientes representa dos problemas:

- a) Ineficiencia de uso de estos nutrientes lo que aumenta los costos de producción.
- b) Contaminación de cursos de agua, lagos, napas freáticas y océano.

TABLA 20: Resultado de análisis químico de suelos.

LABORATORIO	CAMPO	Ph	Mat. Org	P	K2o	CaCO3
		%	%	ppm	ppm	%
12055	Cultivo de alfalfa	8.17	3.18	23.78	191.8	8.6

FUENTE: Laboratorio UNALM.

4.1.8. Fósforo

Este elemento inhibe la absorción de hierro. Su carencia conlleva que el follaje y las raíces se desarrollen menos de lo normal y que dé menos semillas. El fósforo influye en la floración de la planta, así como en la fructificación y la maduración de los frutos, aporta consistencia a la planta y forma parte de la fotosíntesis. Por eso influye también en la calidad y el número de semillas que produce.

Es fósforo que se encuentra en la material madre es de baja asimilabilidad para las plantas. Probablemente todas las formas de fósforo sean asimilables luego de un largo período de tiempo. Si las plantas no toman los compuestos originales de fósforo, se hace necesario estudiar el comportamiento del mismo con relación a su asimilabilidad. Las plantas absorben el fósforo de la solución del suelo, pero ésta tiene una concentración muy pequeña del nutriente como para satisfacer las necesidades de los vegetales durante el período de crecimiento. Por lo tanto, el suelo debe ser capaz de hacer disponible una cantidad de fósforo varias veces mayor que la cantidad presente en la solución del suelo en un momento dado. Esto solamente es posible por la existencia de un equilibrio dinámico entre las diferentes formas de fósforo del suelo:

- P insoluble
- P lábil
- P soluble

Una vez removido el fósforo de la solución del suelo, el resultado será una transferencia de fosfatos desde la fase sólida del suelo. La relación entre fósforo en solución y fósforo fijado o lentamente soluble es un ejemplo del balance entre los factores capacidad e intensidad en la fertilidad del suelo.

El factor intensidad es la cantidad de un nutriente disuelto en la solución del suelo. El factor capacidad es la cantidad del nutriente asociado con la matriz del suelo y en equilibrio con los iones del mismo nutriente en solución.

En los suelos se pueden dar las siguientes combinaciones:

- Alta capacidad y baja intensidad: se presenta en suelos ácidos o calcáreos ricos en fósforo, donde éste precipita como fosfato de hierro, aluminio o calcio.
- Alta capacidad y alta intensidad: se presenta en suelos neutros con buen contenido de arcilla y materia
- Cátedra de Edafología. FAZ. UNT. Química del Suelo - El Fósforo orgánica, en donde el fósforo está adsorbido y es fácilmente intercambiable.

- Baja capacidad y baja intensidad: es típica de los suelos ácidos o calcáreos que además tienen materiales originarios pobres en fósforo.
- Baja capacidad y alta intensidad: se puede dar en suelos arenosos muy fertilizados y con pocos coloides o compuestos de hierro, aluminio o calcio que fijan el fósforo en forma de fosfatos insolubles.

TABLA 21: Clasificación del suelo según el contenido de fósforo

CLASIFICACION	P (ppm)
Bajo	Menor de 7
Medio	7 - 14
Alto	Mayor de 14

FUENTE: Instituto Nacional de innovación Agraria-INIA

TABLA 22: Resultados obtenidos del laboratorio del fosforo.

SECTOR	MUESTRA N°	P(ppm)
PROGRESO 1	12055	23.78

FUENTE: Laboratorio UNAL.

4.1.9. Sodicidad

Los suelos sódicos contienen alta cantidad de Sodio intercambiable y bajo nivel de sales solubles. El exceso de Sodio intercambiable tiene efecto adverso sobre el crecimiento de las plantas y estructura del suelo. Su resultado se traduce en reducción en los rendimientos de cultivos.

Para evaluar la cantidad de sodio presente en el suelo, se relaciona la cantidad de sodio (Na⁺) respecto de los demás cationes adsorbidos o capacidad de intercambio catiónico (CIC); dando como resultado el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que se determina con la siguiente ecuación:

$$PSI = \left(\frac{Na}{CIC} \right) \times 100$$

Usando unidades de meq/100 g para el Na y para la CIC.

El resultado va a indicar la cantidad de sodio adsorbido por parte de las partículas del suelo, expresado en porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico. Tanto el sodio como la CIC se expresan en unidades de mili-equivalentes por cada cien gramos de suelo.

Según Massoud (1971) podemos clasificar suelos según su PSI en:

TABLA 23: Clasificación del suelo según el porcentaje de sodio intercambiable

PSI	EVALUACION DE SUELO
<7	No sodico
7-15	Ligeramente sódico
15-20	Moderadamente sódico
20-30	Fuertemente sódico
>30	Extremadamente sódico

FUENTE: Flores, 1991.

TABLA 24: Resultado de porcentaje de sodio intercambiable

CIC TOTAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺⁺	k ⁺⁺
41.8	31.88	2.15	0.42	0.34

FUENTE: Elaboración propia.

4.1.10. Perfil del suelo y sus horizontes

Está constituido por suelos moderadamente profundos, derivados de sedimentos recientes aluviales, localizados en terraza baja, de relieve plano, con pendientes de 0 a 1 %, de perfil ABC.

- Localización: PROGRESO 1.
- Fisiografía: Terraza Baja.
- Pendiente: 0 a 1 % = Plano o casi a nivel.

- Relieve: Plano.
- Drenaje natural: Moderado.
- Erosión: Muy ligera.
- Profundidad efectiva: Moderadamente profundo.
- Pedregosidad superficial: Libre de piedras.
- Material parental: Aluvial - Coluvial.

Uso actual: Pastos naturales y pastos cultivados y forrajeros.

Vegetación: Pasto naturales: Festuca dolichophylla (Chilligua), Stipa ichu (ichu), Muhlenbergia fastigiata (grama dulce), Distichlis humilis (grama salada), Bromus unioloides (cebadilla) y otras en menor proporción.

De acuerdo con los resultados del análisis de caracterización de suelos se presentan las siguientes conclusiones:

El contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) es alto con un valor de 8.60%. El suelo es de textura Franco.

El pH indica 8.17, es decir moderadamente alcalino, por lo que es limitante para la instalación de diferentes cultivos en la zona.

La conductividad eléctrica (C.E) es de 0.43 dS/m por lo tanto es libre a muy ligeramente afectado por exceso de Sales.

- El contenido de materia orgánica (M.O) es medio con un valor de 3.18%.
- El contenido de fosforo (P) es alto con un valor de 23.78 ppm.
- El contenido de potasio (K) es medio con un valor de 191.80 ppm.

En general, se trata de un suelo con buenas características agronómicas sin concentraciones que pudieran resultar perjudiciales a los cultivos a implementar, tiene buena capacidad de retención de la humedad, es apropiado para instalar el sistema de riego por aspersión, siendo apto para el cultivo propuesto.

4.1.11. Resultados análisis geotécnicos.

4.1.11.1. Perfiles estratigráficos

Descripción del perfil

Tomando en cuenta la información recopilada durante los trabajos de campo de acuerdo observado del perfil del terreno en la calicata realizada se ha procedido a elaborar el perfil de la estratigrafía promedio de suelo de cimentación del proyecto, la cual presenta el siguiente detalle:

Primera Calicata.

- Del 0.00 m al 0.50 m: se trata de un suelo franco arcilloso limoso, con contenido de materia orgánica, raíces y material de relleno en capa superficial.
- Del 0.50 m al 1.00 m: compuesto por material franco arcilloso, (SP, según clasificación del SUCS), se observa poca presencia de piedras bolones.

No se ha encontrado nivel freático a la profundidad de 1.00 m.

La excavación efectuada se mantiene poco estable con paredes verticales y ha sido poco fácil la excavación manual con pico, pala y barreta, esto debido a presencia de material suelto.



FIGURA 27: Perfil de horizonte de suelo del Mañazo –Progreso 1

FUENTE: Elaboración Propia.

4.1.11.2. Cantera de agregados

El comentario que nos facilitó el señor Yony fue que la obtención de canteras para la ejecución del reservorio como también de la caseta de protección fueron sacados de la misma parcela.

Como conclusión trajeron consecuencias en crecimiento fenológico de la planta.

4.2. Resultados de análisis de agua

La muestra fue analizada en el laboratorio de agua y suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA; el reporte de los resultados obtenidos se muestra en el siguiente cuadro.

CATIONES			GRADO DE RESTRICCION			
ELEMENTO	EQUIVALENCIA	VALOR	NINGUNO	BAJO	ALTO	SEVERO
SODIO (Na)	meq/l	6.870		██████████████████████████████		
POTASIO(K)	meq/l	0.367	████████			
MAGNESIO(Mg)	meq/l	0.600	████████████████			
CALCIO(Ca)	meq/l	4.000	██████████████████████████████			
SUMATORIA		11.837				

ANIONES			GRADO DE RESTRICCION			
ELEMENTO	EQUIVALENCIA	VALOR	NINGUNO	BAJO	ALTO	SEVERO
CLORUROS (Cl)	meq/l	7.833		██████████████████████████████		
SULFATOS (SO4)	meq/l	0.782	████████			
CARBONATOS (CO3)	meq/l	0.000	█			
BICARBONATOS (HCO3)	meq/l	2.333	██████████████████████████████			
SUMATORIA		10.948				

	EQUIVALENCIA	VALOR	NO SALINO	BAJO	ALTO	SEVERO
C.E	ms/cm	1.24	██████████████████████████████			
			ACIDO	NEUTRO		ALCALINO
pH		7.25	██████████████████████████████			

SAR	4.530					
PSI	58.038					
	CLASE	C3-S1				
DUREZA TOTAL ppm CaCO3						
VALOR	MUY BLANDA	BLANDA	SEMIBLANDA	SEMIDURA	DURA	MUY DURA
230.00	██████████████████████████████					

FIGURA 28: Análisis físico - químico del agua

FUENTE: Análisis Estación experimental

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDAD	GRADO DE RESTRICCIÓN		
		NINGUNO	MODERADO	SEVERO
SALINIDAD				
CE agua	Ds/m	< 0.70	0.7 – 3.0	> 3.0
TSD	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
INFILTRACIÓN RAS / CE				
agua				
0 – 3	Ds/m	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
3 – 6		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
6 – 12		> 1.9	1.9 – 0.4	< 0.4
12 – 20		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
20 – 40		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
TOXICIDAD IONES				
Sodio (Na)				
Riego Superficial	me/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3
Riego por Aspersión	me/l	< 3	> 3	
Cloruros (Cl)				
Riego Superficial	me/l	< 4	4 – 10	> 10
Riego por Aspersión	me/l	< 3	> 3	
Boro	ppm	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3
ELEMENTOS TRAZA				
N-NO ₃	Me/l	< 5	5 – 30	> 30
HCO ₃	Me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
PH	Rgo. Normal		6.5 – 8.4	

FIGURA 29: Calidad de agua.

FUENTE: FAO

Según los resultados del análisis físico-químico del agua se puede mencionar lo siguiente:

La muestra de agua de riego se tomó del Canal Lateral CL – A1 de la Irrigación Mañazo.

Cuenta con un pH de 7.25, por lo que se trata de un agua moderadamente alcalina.

La conductividad eléctrica presenta un valor equivalente a CE = 1,24 ms/cm, por lo que la muestra se clasifica como una C3, es decir, es un agua con salinidad ligeramente alta.

C3: El suelo debe tener buena permeabilidad. El cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal.

S1: Peligro en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo contenga yeso. Puede usarse en suelos de textura gruesa entre la arenosa y franca u orgánicas con permeabilidad adecuada. Agua con bajo contenido de sodio si riesgo (dureza de agua: semi-blanda).

4.3. Resultado de las variables climáticas

Condiciones climatológicas

Las características climáticas de la zona de estudio, son las típicas que corresponden a la parte andina, con un clima seco y templado durante la mayor parte del año. La temperatura máxima promedio es de 16.1°C y una mínima promedio de -0.6°C en el invierno (Junio - Julio), desciende a los -5.2 y -5.9°C , presentándose fuertes heladas.

La precipitación de la zona se presenta con temporadas de lluvia eventualmente. La temporada de humedad está bien definida entre los meses de diciembre a marzo, siendo la temporada de estiaje entre los meses de junio a agosto, cuya precipitación anual fluctúa entre 500 mm a 800 mm.

ESTACION METEOROLOGICA : MAÑAZO

ALTITUD : 3920 m.s.n.m

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	3.0	15.6	65	1.8	5.1	18.4	3.40
Febrero	3.0	15.5	66	1.5	5.5	18.6	3.35
Marzo	2.7	15.5	65	1.4	5.8	18.2	3.22
Abril	0.8	15.9	58	1.8	8.3	20.1	3.45
Mayo	-2.9	15.9	49	2.2	9.2	19.1	3.35
Junio	-5.2	15.1	46	2.4	9.3	18.1	3.16
Julio	-5.9	15.2	46	2.4	9.3	18.6	3.21
Agosto	-4.3	15.9	45	2.3	9.0	20.0	3.53
Septiembre	-1.8	16.7	47	2.8	9.2	22.6	4.15
Octubre	-0.1	17.4	48	2.4	7.8	21.8	4.20
Noviembre	1.2	17.6	50	2.4	9.7	25.4	4.65
Diciembre	2.3	16.7	57	2.1	7.0	21.2	3.98
Promedio	-0.6	16.1	54	2.1	7.9	20.2	3.64

FIGURA 30: Datos meteorológicos de la estación MAÑAZO

FUENTE: Estación Meteorológica Mañazo – SENAMHI – Puno.

4.4. Sistema de riego de tuberías móviles de aluminio.

El Riego por aspersión se captará las aguas provenientes del Canal principal de riego de Mañazo, parte de la infraestructura del sistema integral de riego lagunillas, de una toma existente en el canal de riego parcelario, se captara un caudal de 25 l/s, que luego conducirá el agua por una tubería de 200mm, hacia un desarenador, para luego ser almacenadas en un reservorio de regulación de geomembrana, con dimensiones de largo 18m y ancho de 14m, con un máximo de altura de agua de 1.8 m como se muestra en los planos de detalle, donde el tiempo de embalse será de 4 horas como máximo y con una frecuencia de una vez por semana.

El sistema contempla la implementación de 1.0 has con un sistema de riego por aspersión, organizados en dos (02) bloques de riego con un turno cada bloque y con una frecuencia de riego de 7 días.

Las aguas captadas por medio de la toma serán conducidas hacia el reservorio utilizando para ello una tubería de PVC Ø 200mm C2

El reservorio será revestido con geomembrana de polietileno de 0.50mm de espesor y tendrá una capacidad de almacenamiento de 288 m³.

A la salida del reservorio se ubica una caja de válvulas, donde estará implementado con una unidad de bombeo, asimismo se ubicaran las válvulas de apertura y cierre y válvulas de control, el cual será construido de concreto, para brindar seguridad a la unidad de control del sistema de riego planteado, donde en el sistema se garantizara el caudal y la presión de operación requerida en las unidades de riego.

La red de tuberías de conducción y distribución, está conformada por tuberías de PVC Ø90mm C-5 UF, tiene como finalidad conducir las aguas almacenadas en el reservorio hacia las diferentes unidades de riego en turnos y sectores de riego correspondientes.

Los porta laterales de riego, están constituidos por tuberías de PVC de C-5 Ø90mm UF y PVC de C-5 Ø63mm UF, según la capacidad de conducción que tenga dentro de los bloques de riego.

Los bloques de riego están conformados por dos subunidades de riego, los que se regaran en un turno una subunidad de riego.

Los módulos de riego parcelario, están conformados, según la forma y disposición del área de riego, para cubrir cada turno de riego, los que se reflejan en los planos de diseño hidráulico y turnos de riego.

El sistema de riego parcelario por aspersión planteado en el presente proyecto es móvil donde los laterales estarán conformados por tubería de aluminio de 28mm, elevadores de aluminio, y aspersores de 3/4, con caudal de 1029 l/h y accesorios de conexión, los mismos que se detallan en los planos de diseño y

detalles, para el beneficiario considerado en el grupo de gestión, se plantea regar en una subunidad por turno, lo que permitirá que cada bloque se riegue en el tiempo planteado.

Asimismo, la infraestructura de riego planteado, contempla, válvulas de control sectorial, válvulas de aire de doble efecto, hidrantes de riego, cajas de protección y accesorios que garantizan la operación eficiente del sistema de riego.

PARAMETROS DE DISEÑO GGERT PROGRESO I		
PROYECTO: "INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL GGERT PROGRESO, DISTRITO DE MAÑAZO, PROVINCIA DE PUNO, REGIÓN PUNO"		
PARAMETROS DE DISEÑO		
SUPERFICIE	ha	1.00
TIPO DE RIEGO A EMPLEAR		ASPERSION
RELIEVE		UNIFORME
CULTIVO(S)		Quinua/Avena
LAMINA A REPONER (EN MAXIMA DEMANDA)	mm/día	3.81
INTERVALO DE RIEGO	días	7
LAMINA A REPONER (PARA 7 DÍAS)		26.67
PRECIPITACION HORARIA DEL SISTEMA	mm/h	4.57
TIEMPO MAXIMO DE RIEGO / POSICION	h	5.83
NUMERO DE POSICIONES / DIA		2
CAPACIDAD DEL SISTEMA	m3/h/ha	45.73
EMISOR		Aspesor VYR 33
PRESION MINIMA DE TRABAJO	bar	2.00
CAUDAL DEL ASPERSOR	l/h	1029.0
	m3/h	1.03
	l/s	0.29
DISTANCIA ENTRE ASPERSORES	m	15.00
DISTANCIA ENTRE LATERALES	m	15.00
LONGITUD MAXIMA DEL LATERAL	m	48.00
NUMERO LATERALES / TURNO		VARIBLE
SUPERFICIE MAXIMA POR TURNO	ha	VARIBLE
CAUDAL MAXIMA / HIDRANTE	l/s	2.00
<i>Fuente: Elaboración propia</i>		

FIGURA 31:Parámetros de diseño agronómico

FUENTE: Expediente técnico Mañazo

4.4.1. Instalación de un sistema de riego por aspersión:

Consistente en implementar la infraestructura de riego común para el GGE PROGRESO, la cual contará principalmente con la ejecución de las siguientes actividades:

- Construcción de toma de captación (1 und) y Red de aducción con tubería de PVC UF C-2 de 200mm (L=28m).
- Construcción de desarenador (1 und), para un caudal de 25 l/s.
- Construcción de reservorios (2und), de una capacidad de almacenamiento de 288m³ y 1080m³ e impermeabilizado con geomembrana HDPE de 0.5 mm.
- Red de conducción y distribución con tuberías de PVC UF Clase 5 de 160, 90 y 63mm (L=530m).
- Instalación de válvulas de aire de 2" con caja de protección (01 und); Instalación de válvulas de control de 3" con caja de protección (2 und); Instalación de hidrantes de riego de 2" en red porta lateral (8 und); ; Instalación de hidrantes de riego de 6" para Pívor central (1 und); Instalación de Pívor central para 8 has, Instalación de riego por aspersión en 1 hectáreas, con emisores de bajo presión y caudal, con tubería de aluminio de 28mm y de más accesorios detallados en los planos.

4.4.2. Análisis de la oferta hídrica

La fuente de agua indicada en el presente proyecto, pertenece a la Comisión de Usuarios Cabanillas de la Junta de Usuarios Juliaca, dichas aguas son provenientes del Sistema Regulado Lagunillas; la fuente es captada mediante una bocatoma ubicada en la margen izquierda del río Cabanillas y distribuyendo por el canal de riego un caudal de 4.5 m³/s hacia la irrigación Cabana Mañazo, de los cuales se Acredita la Disponibilidad Hídrica de un volumen anual para el GGE PROGRESO de 78,015.7 m³ según constancia N° 002-2014-ANA/ALA JULIACA del 26 de mayo del 2014, emitida por la Administración Local de Agua Juliaca. Según el presente proyecto, se indica que el Grupo de Gestión Empresarial PROGRESO, tiene un rol de distribución de riego actual autorizado por la Junta de usuarios de Juliaca, en la cual se le asigna un caudal promedio de 25 l/s con una frecuencia de riego de 7 días y un tiempo de riego de 2 horas por hectárea, para un área bajo riego de 9.00 ha. Sin embargo, para la situación

con proyecto la Junta de usuario modificara el rol de distribución actual entregándoles a los beneficiarios un volumen equivalente, a través de un caudal de 25 l/s, con una frecuencia cuatro días y durante un tiempo de embalse de 12 horas.

4.4.3. Parámetros de operación.

Se definieron los sectores de riego del proyecto, tomando en cuenta criterios de máximo caudal por sub unidad de riego, de acuerdo a la capacidad de riego del sistema (expresada en m³/hr/ha).

Luego se definió los turnos de riego de acuerdo a criterios de presión disponible, así como de pertenencia a cada beneficiario.

Se plantea el uso de emisores de media presión, para reducir el costo de operación se considerados diámetros de tubería de mayor dimensión, para asegurar las presiones requeridas en los hidrantes de riego, los que se justifican en los cálculos hidráulicos.

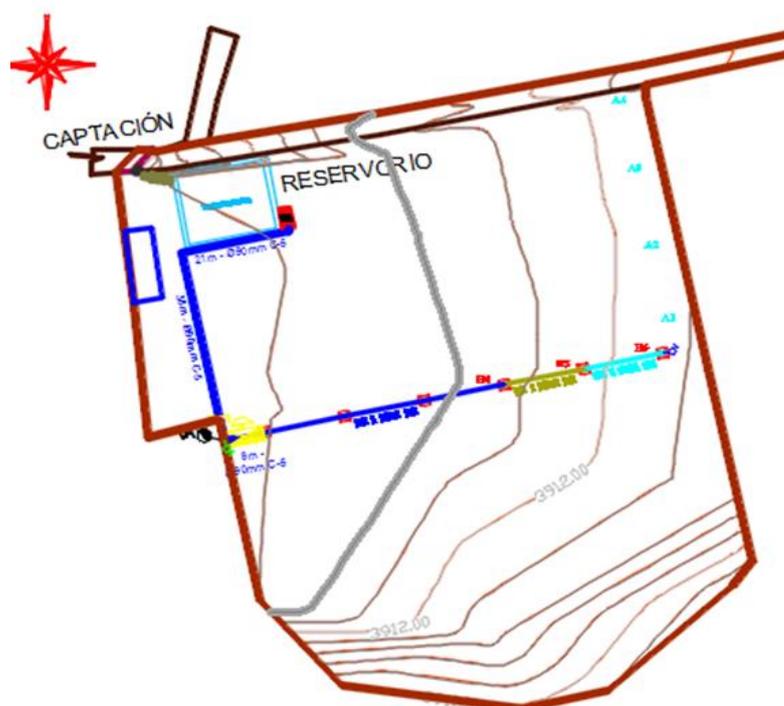


FIGURA 32:Plano progreso I

FUENTE: Expediente técnico.

4.4.4. frecuencia y tiempo de riego

La frecuencia de riego para el sistema de riego por aspersión es de 7 días, para lo cual se tendrá que reponer una lámina acumulada de 26.67mm, lo que se completara en un tiempo de 5.8 horas por posición para los 7 días.

- **EFICIENCIA DE RIEGO**

La eficiencia de aplicación de riego actual es de 40 % (gravedad), se estima aumentar a 75% con riego por aspersión, cabe resaltar que para el análisis hídrico del presente proyecto se ha tomado en cuenta la eficiencia de riego parcelario, es decir la eficiencia de aplicación, y además la eficiencia de conducción.

4.5. Determinación de la eficiencia de conducción y distribución y aplicación

1. Se actualizo el esquema hidráulico de la red de riego del sector, Comisión de Regantes o Junta de Usuarios donde se va a determinar la eficiencia de conducción y distribución, y aplicación; asimismo esquematizar las áreas bajo riego y tipo de cultivos.

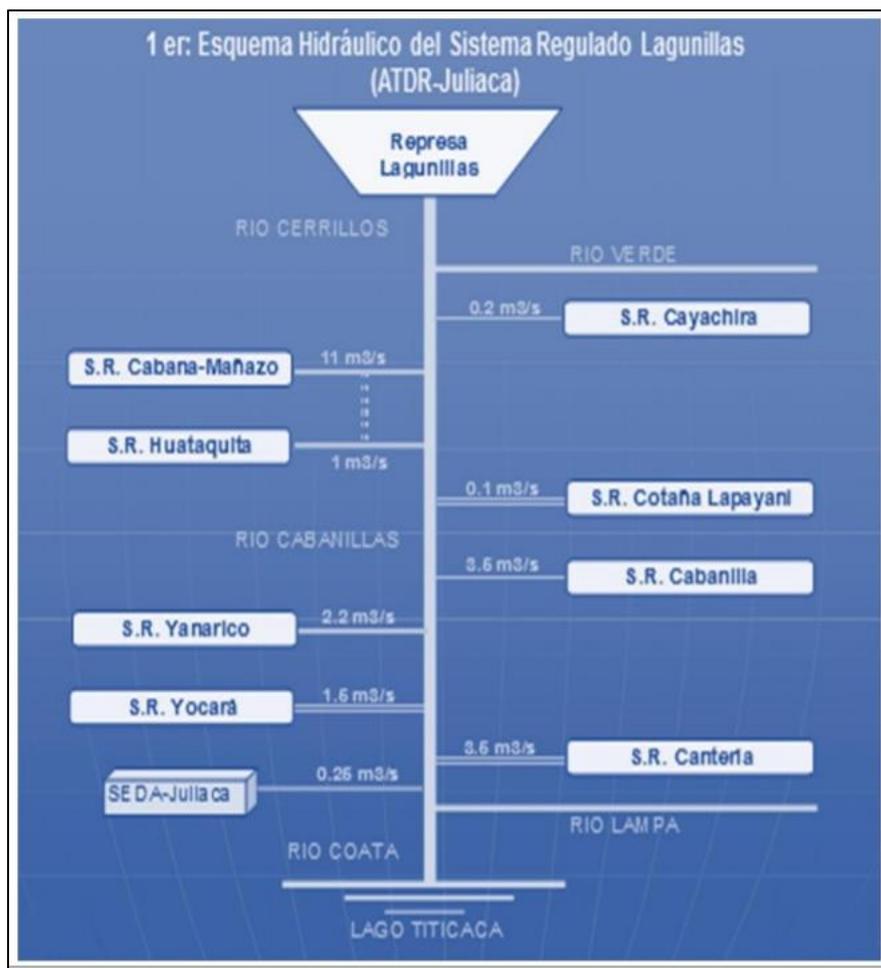


FIGURA 33:Esquema hidráulico lagunillas.

FUENTE: Repositorio. Ana

En el esquema determinar los puntos donde se va a aforar en el canal principal, y de distribución, así como en los puntos de aplicación de riego parcelario. En casos de presentarse un canal principal o de distribución de poca longitud se puede c

onsiderar dos puntos de control de aforos que será al inicio y al final. De presentarse principal o de distribución de extensa longitud se puede considerar realizar los aforos por tramos representativos.



FIGURA 34:Aforos por tramos

FUENTE: Elaboración propia

3. Se ha observado que en cada progresiva de los canales se encontraba en un buen estado a pesar del tiempo.

En la progresiva 1+500 se ha encontrado un medidor de agua

4. La periodicidad de las medidas para la eficiencia de conducción, serán diarias, durante las horas siguientes: 00:00, 06:00, 12:00 y 18:00 horas. En los días que el canal no tiene agua, el aforo se registrará como “sin agua”.

4.5.1. Eficiencia de conducción:

Se ha realizado aforos en la captación de la presa y a 1+520 del canal principal El agua que de capta en la bocatoma del reservorio es de 25l/s y es entregado al canal principal al inicio del riego, y el agua que fluye en el 1+520 es de 21l/s promedio. Desarrollando la relación se tiene:

TABLA 225: Aforo en canal de conducción Mañazo Progreso

canal	Lectura aforo_(volumetrico)(l/s)			
	1	2	3	Promedio
Bocatoma	50	48	42	46.666667
Conduccion	20	16	15	17

FUENTE: Elaboración propia

$$EC = \frac{17}{46} * 100 = 36\%$$



FIGURA 35:Canal de conducción

FUENTE: Elaboración propia

4.5.2. Eficiencia de distribución

En las tomas laterales igual que en las tomas principales, pero de no funcionar el canal en forma permanente, se debe asegurar que los datos tomados y registrados correspondan a los promedios de funcionamiento del canal desde el inicio hasta el final de cada turno o riego.

-En las tomas parcelarias se deberá tomar mínimo tres medidas durante la realización del riego de la parcela, al inicio, a la mitad del riego y casi al finalizar el mismo. Salvo que las tomas sean estructuras calibradas que permitan obtener los aforos con mayor regularidad, los aforos se adaptarán a estas condiciones.

Se ha determinado realizando aforos desde la entrada de agua del canal principal a los laterales 1 donde se tiene un promedio de 1.92 l/s., hasta la cabecera de la parcela de riego de 1.2 l/s. Promedio, se tiene:

TABLA 26: Aforo en canal de conducción Mañazo

canal	Lectura aforo_(volumetrico)(l/s)			
	1	2	3	Promedio
Distribucion	12	10	8	10
Distribucion	4	3	3	3.3333333

FUENTE: Elaboración propia.

4.5.3. Eficiencia de aplicación

TABLA 27:Resultados de la eficiencia de aplicación.

	1	2	3	PROMEDIO
Volumen elevado	0.7	0.6	0.5	0.6
Volumen aplicado	0.5	0.3	0.4	0.4

FIGURA 36:Eficiencia de aplicación.

$$Eap = \frac{0.6}{0.4} \times 100 = 20\%$$

4.5.4. Determinación eficiencia de riego

$$Er = Ec + Ed + Ea * 100 \dots \dots \dots (2)$$

$$Er = 36 + 30 + 20 = 86\%$$

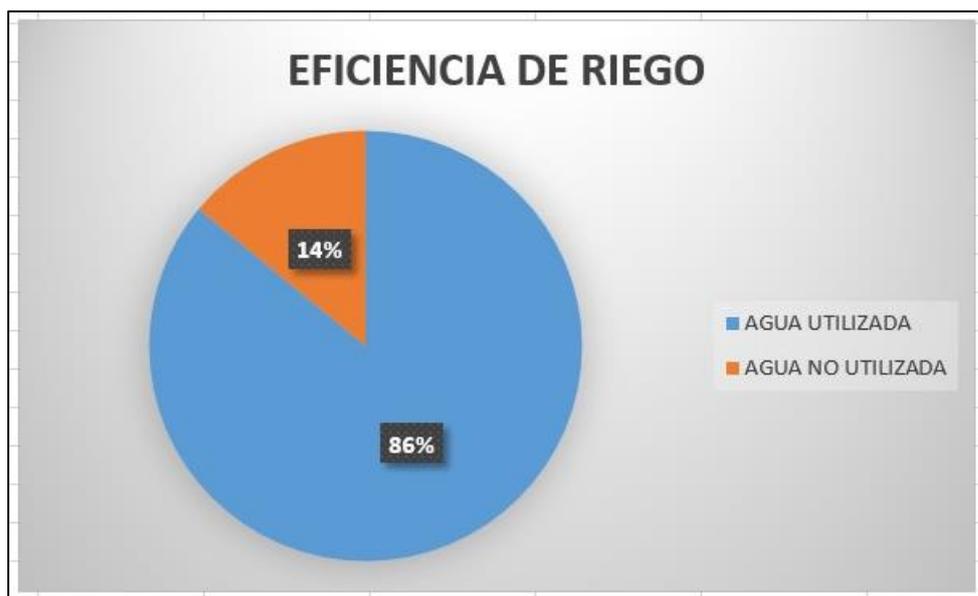


FIGURA 37: Eficiencia de riego progreso (1)

FUENTE: Elaboración propia

La eficiencia de riego es de 86% de agua utilizada y 14% de agua no utilizada de la eficiencia de

V. CONCLUSIONES

- Las características del suelo en función a los parámetros físicos y químicos; tiene un alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) con un valor de 8.60%, de textura Franco, con pH de 8.17, es decir moderadamente alcalino, factor es limitante para la instalación de diferentes cultivos en la zona, y la conductividad eléctrica (C.E.) es de 0.43 dS/m por lo tanto es libre a muy ligeramente sales.
- La calidad de agua en función a los parámetros físicos y químicos del Canal Lateral CL – A1 de la irrigación Mañazo, se ha determinado un pH de 7.25, por lo que está considerado como moderadamente alcalina, la conductividad eléctrica (CE) es de 1.24 mS/cm, por lo que se clasifica como una C3, es decir, agua con salinidad ligeramente alta.
- Las variables climáticas de Mañazo son las típicas de zonas altoandinas, con un clima seco y templado durante la mayor parte del año. La temperatura máxima promedio es de 16.1°C y una mínima promedio de -0.6°C en el invierno (Junio - Julio), desciende a los -5.2 y -5.9°C , presentándose fuertes heladas. La precipitación de la zona se presenta con temporadas de lluvia eventualmente. La temporada de humedad está bien definida entre los meses de diciembre a marzo, siendo la temporada de estiaje entre los meses de junio a agosto, cuya precipitación anual fluctúa entre 500 mm a 800 mm.
- La eficiencia en el sistema de riego de Cari Cari - Mañazo es de 86% de agua utilizada y 14% de agua no utilizada, determinándose en base a las cuantificaciones realizadas en el canal de conducción, canal de distribución; y aplicación, a nivel parcelario, deduciéndose que existen pérdidas de agua en la conducción, pérdida de agua en distribución por infiltración, y pérdidas de agua en la aplicación por percolación profunda, estos resultados nos muestran indicadores de uso deficiente de agua en el sistema de riego Cari Cari Mañazo.

VI. RECOMENDACIONES

- Impulsar la investigación de riegos tecnificados para la sierra ya que el pensamiento y formación de los agricultores surge empresarialmente.
- El conocimiento real de los parámetros físicos y químicos del suelo para poder deducir el tipo de sistema tecnificado para el lugar de campo a fin de orientar los turnos de riego y optimizar el recurso del agua escaso para las actividades del

hombre.

- Realizar los estudios de los requerimientos edafológicas de los cultivos que permitan una adecuada instalación de los cultivos de acuerdo a las necesidades de los mismo de calidad de suelo y agua, logrando así incrementar los rendimientos de los cultivos.
- El conocimiento real de los parámetros físicos y químicos del agua para poder verificar la calidad de agua para der un mejor rendimiento del cultivo .

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS N. Y MEJÍA - M.A. (1992). Estructuras de captación (Bocatomas) Dimensionamiento hidráulico, Universidad Nacional La Molina, Lima Perú.
- BENITES C.C., (1998) Sistemas hidráulicos de riego, ed. Universidad Nacional San Agustín Arequipa Perú.
- BARRO R. J., (1982). Macroeconomía Ed. Mc. Graw-Hill México.
- DOORENBOS J. Y PRUITT. W. O, (1976). Las necesidades de agua de los cultivos, Publicación N° 24, Roma Italia. Pág. 192
- FUENTES Y. J. L. (1998). Técnicas de riego. Ediciones Prensa, Madrid España.
- GARCIA C. Y BRIONES S. G. (1997). Sistemas de Riego Ed. Trillas, Primera Edición, México.
- GUROVICH R. L., (1999). Riego superficial tecnificado, ediciones Universidad Católica de Chile, segunda edición, Santiago de Chile.
- ISRAELSEN O. Y HANSEN V.E. (1975). Principios y aplicación del riego, editorial Reverte S.A., segunda edición España.
- LUQUE J. A., (1998). Manual de Operaciones de riego, ediciones Riagro, primera edición, Buenos Aires Argentina.
- LINSLEY RAY Francini (1992). Ingeniería de los recursos hidráulicos. Graw Hill. Edit. México.
- OROZCO Carlos, (1993). Hidráulica Elemental. Universidad "Autónoma de Chapingo, México.
- OLARTE U. J. W. (1997). Manual de riego por gravedad. Comisión de Tecnología Andina, Lima Perú.
- PIZARRO C.F. (1990). Riegos localizados de alta frecuencia, Ediciones Mundi - Prensa, Segunda Edición, Madrid España.
- PALACIOS V.E. (1992). Eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego, Colegio de Post Graduados, Montecillo, México.
- ROCHA A. (1998). Introducción teórica a estudio de Bocatomas, primera edición: editorial Artes Gráficas Espino, Lima Perú.
- ROSSEL C. (2000). Irrigación capítulo de Ingeniería Civil, Lima Perú.
- RAYMOND E. D. (1989). Tratado de Topografía, Juan Bravo Madrid España.
- VILLON B. M., (1994). Hidráulica de canales, editorial Horizonte latinoamericano, Lima Perú.

- VASQUEZ V.A. Y CHAN N.L. (1992). El riego principios básicos, Tomo I, Lima Perú.
- VASQUEZ V. A. (2000). Manejo de cuencas alto andinas. Escuela Superior de Administración Charles Sutton, Lima, Tomo I y II, Lima Perú.

ANEXOS:

		
Evento: Salida de campo	FOTO N°A.01	Comentario: Parcela de usuario(1ha)
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/09/2018	

		
Evento: Salida de campo	FOTO N°A.02	Comentario: Vivienda de usuario.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 09/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.03	Comentario: Usuario de la parcela.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.04	Comentario: Parcela en general progreso 1
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.05	Comentario: Caseta de proteccion del motor .
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.06	Comentario: Vista del reservorio.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.07	Comentario: Cerco perimetrico del reservorio
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.08	Comentario: Tuberias moviles dentro de la parcela
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.09	Comentario: Revorsorio de cari cari Mañazo.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.10	Comentario: Caseta de control.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.11	Comentario: Manometro de riego de aspersion
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.12	Comentario: valvula de aire del sistema.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.13	Comentario: Reconocimiento de juego de llaves principales
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.14	Comentario: Infiltrómetros
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



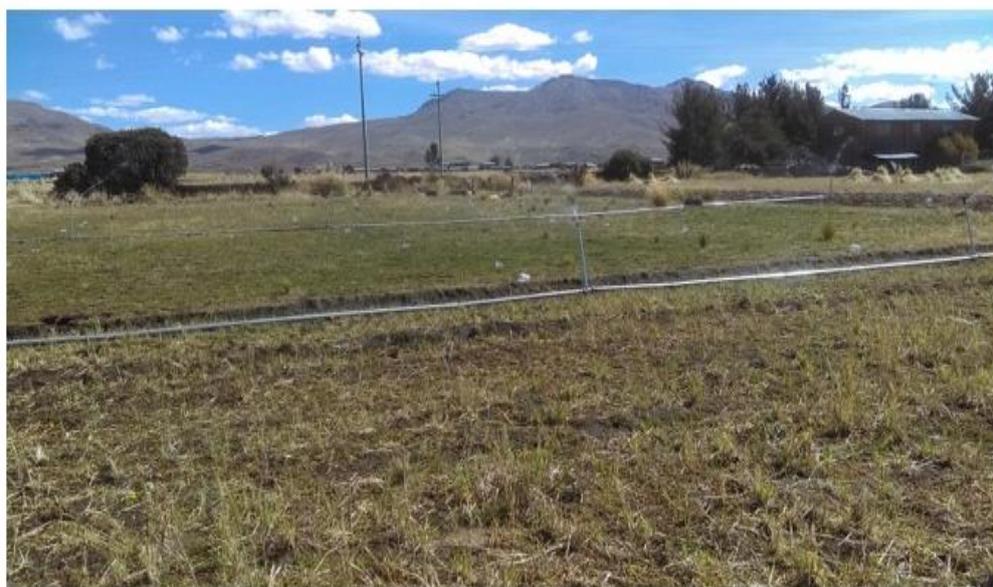
Evento: Salida de campo	FOTO N°A.15	Comentario: MOTOBOMB A MARCA BERMAD 12HP
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.16	Comentario: Motor dentro de la caseta de proteccion.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/08/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.17	Comentario: Tuberias de aluminio movil.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 09/09/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.18	Comentario: Colocacion de tuberias de aluminio movil
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 15/09/2018	

		
Evento: Salida de campo	FOTO N°A.19	Comentario:funcionamiento del sistema
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 20/09/2018	

		
Evento: Salida de campo	FOTO N°A.20	Comentario:Aspersores individuales de aluminio
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 18/09/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.21	Comentario: Canales abiertos(eficiencia de conduccion)
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 05/10/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.22	Comentario: Puente de derivacion.
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/10/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.23	Comentario: Canales artesanales
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 20/10/2019	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.24	Comentario: Canales cuidado sin ninguna abertura
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 25/10/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.25	Comentario: Progresiva de canales
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 26/10/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.26	Comentario: Recoleccion de muestra de suelo
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 08/11/2018	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.27	Comentario: El primer registro de riego con el sistema de aluminio movil
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 15/05/2019	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.28	Comentario: Recogiendo de la cosecha de quinua bastante grande
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 16/05/2019	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.29	Comentario: Desarrollo de la quinua
Lugar: Cari-Cari Mañazo jundo Queri	FECHA: 18/05/2019	



Evento: Salida de campo	FOTO N°A.30	Comentario: Desarrollo de la quinua
Lugar: Cari-Cari Mañazo	FECHA: 25/05/2019	

ANEXO DE ENCUESTA

ANEXO N° 1: Ficha técnica(Encuesta)

"EFICIENCIA EN EL SISTEMA DE RIEGO DE ASPERSIÓN CON ALUMINIO MÓVIL EN EL CULTIVO DE QUINUA EN EL SECTOR AÑASANI CENTRO POBLADO CARI CARI-MAÑAZO"

FICHA TÉCNICA

INFORMACIÓN DE CAMPO - PROGRESO N° 1

1. DATOS DEL USUARIO

Nombres y apellidos : YHONY AUSBERTO MARIN BURGOS

DNI : 01298369 Edad: 41 Años Celular: 926483437

Estado del Usuario : Formalizado Informal

Junta de Usuarios : MACOVI - LATERAL 9

Comité de Usuarios : _____

Sector : AÑAZANI - QUERI



2. DATOS DE LA PARCELA

Ubicación:

Región : _____ Provincia: PUNO Distrito: MAÑAZO Progreso 1

Área Total: 1.00 Área Bajo Riego: 1.00 ha

Acreditación de Propiedad:

ha
Título de Propiedad: Escritura: Otros:

Posesión:

Propietario: Alquiler: Otros:

3. RECURSO HÍDRICO

Tipo de Fuente de Agua: LAGUNILLAS Operativo: Inoperativo:

Derecho de Uso de Agua SI NO Licencia Permiso Autorización

Caudal: 25.00 L/s Dotación de agua: 7 días Tiempo: 4.0 h/ha Tiempo Total: 4.0 h

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO N° 2: Ficha técnica(Encuesta)

4. CEDULA DE CULTIVOS												
Cultivo	Variedad	Edad (años)	Área (ha)	Marco de Plantación		Periodo Vegetativo		Riego		Rendimiento	Costo	Precio en
				Hileras	Plantas	Inicio	Final	Frecuencia	Tiempo	Kg/ha	Soles/h	Soles/Kg
QUINUA	SALCEDO-INIA	8MESES	1.40	75CM	10CM	SETIEMBRE	MAYO	7 DIAS	2 HORAS	20 KILOS		10 SOLES
ABENA	TAYKO ANDES	8MESES	1.4	0.5	0.5	OCTUBRE	ABRIL	7DIAS	3HORAS	10 PACAS		10 SOLES
ALFALFA	RANYER	5 AÑOS	1.2	0.5	0.5	DICIEMBRE		7DIAS	3HORAS	SOLO PARA EL		15 SOLES
PAPA	IMIÑA NEGRA	6MESES	1.3	0.8	20	NOVIEMBRE	ABRIL	7DIAS	3HORAS	200 KILOS		10 SOLES
HABAS			3 SURCOS									
Indique si tiene algun cultivo con certificacion											NO	
De que entidad											NO	
5. INFRAESTRUCTURA DE RIEGO												
Sistema: Gravedad <input type="checkbox"/> Aspersión <input checked="" type="checkbox"/> Goteo <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>												
Como Instaló el Sistema de Riego? Con apoyo de alguna entidad SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Indique que entidad: PSI												
Descripción de Componentes:												
Hidrante Cantidad: <input type="text" value="8"/> Material: MAMPOSTERIA DE C Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
Reservorio Cantidad: <input type="text" value="1"/> Capacidad: <input type="text" value="12X14"/> Material: GEOMEMBRANA Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
Cuenta con sistema de Limpia: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Cuenta con sistema de reboso: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>												
Tipo de Salida del reservorio: Salida con tubería de fondo: <input type="checkbox"/> Salida tipo sifón con bombeo: <input checked="" type="checkbox"/>												
Unidad de Bombeo Cantidad: <input type="text" value="1"/> Marca: HIDROSTAL Potencia: <input type="text" value="12HP"/> Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
ESTA EN BUEN ESTADO LA MOTOBOMBA												
Cabezal de Filtrado Cantidad: <input type="text" value="1"/> Tipo de filtro: ANILLAS Diámetro: <input type="text" value="2"/> Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
Inyector de Fertilizantes Cantidad: <input type="text" value="1"/> Tipo: VENTURI Capacidad: <input type="text"/> Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
NO LO UTILIZA (POR QUE NO HICIERON UNA CAPACITACION)												
Caseta de Proteccion Material: MALLA OLIMPICA Dimensiones: 4X8 Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
Red de Tuberias Diámetro: <input type="text" value="4"/> Material: PVC Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
Laterales de Riego Estado: B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>												
Otros												
Cada cuanto tiempo realiza mantenimiento de su sistema de riego? 1 VEZ AL AÑO												
* B = Bueno R = Regular M = Malo												

FUENTE: Elaboración propia.

ANEXO N° 3: Ficha técnica(Encuesta)

6. INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA

Grado de Formación del Beneficiario: No tiene Primaria Secundaria Superior

TECNICO EN COMPUTACION _____

Actividad principal a la que se dedica: AGRICULTURA _____

Número de personas que dependen de la actividad agrícola: 3 PERSONAS _____

Tipo de material de la vivienda en la parcela: ADOBE _____

Ingreso promedio mensual (aproximado): S/900 _____

Reciben capacitación y/o asistencia técnica: SI NO PSI _____

Pertenece a alguna organización: SI NO JUNTA DE USUARIOS MACOVI _____

Que productos vende? TODO ES PARA CONSUMO _____

Cual es su mercado? _____

Cuenta con maquinaria agrícola propia: SI NO _____

Cuenta con animales en su parcela: SI NO 2 VACAS,UNA CRIA,1 OVEJA _____

Con que servicios básicos cuenta:

Luz SI NO _____

Agua SI NO _____

Desague SI NO _____

Otros SI NO _____

7. FOTOS DE LA PARCELA

ENCUESTA	OBRAS DE RIEGO	CULTIVO REPRESENTATIVO
		

8. OBSERVACIONES

L APORTE DEL EXPEDIENTE TECNICO NOS AFIRMA QUE EL TIPO DE CULTIVO QUE DEBERIA ENTRAR PARA PROGRESO 1 DEBERIA SER QUINUA SEGÚN ESTUDIC PERO EN LA ACTUALIDAD SE HA VISTO QUE EL TIPO DE SUELO NO ERA FACTIBLE PARA EL CULTIVO DE QUINUA .
 COMO TAMBIEN SE HA VISTO LA FALTA DE CAPACITACION PARA UTILIZAR LOS INYECTORES DE FERTILIZANTES A LOS AGRICULTORES
 LA FALTA DE PROTECCION A LOS HIDRANTES

9. COMENTARIO DEL ENCUESTADO

EL SEÑOR JHONY NOS COMENTA QUE EL SISTEMA DE RIEGO HA SIDO DE BENEFICIO PARA SU PARCELA YA QUE DE SUS PARCELA DEPENDIA PARA COMER COMO TAMBIEN EL PENSAMIENTO SE VOLVIO DE EMPRESARIO EL COMENTABA QUE DESEABA COMPRAR TERRENOS PARA SEMBRAR SUS DIFERENTES CULTIVOS EL UNICO DEFICIT ERA EN EPOCAS DE GRANIZADA (DICIEMBRE)

10. RESPONSABLES DE LA INFORMACIÓN

<p>10. RESPONSABLES DE LA INFORMACIÓN</p>  <p>JONATHAN MARTIN BUROOS 01298369</p>	<p>FIRMA</p> <p>Encuestador: WENDY YASMINA APAZA HILASACA DNI: 70002206</p>
--	---

FUENTE: Elaboración propia.

FICHA TECNICA										
CALCULO DE LA EFICIENCIA DE DISTRIBUCION										
NOMBRE DE CANAL DISTRIBUCION	PROGRESIVA CANAL DISTRIBUCION	CAUDAL CANAL DISTRIBUCION (Lts./seg)	LATERALES DE RIEGO			EFICIENCIA(Ed)	CARACTERISTICAS CANAL DISTRIBUCION			OBSERVACIONES
			NOMBRE DEL LATERAL	CAUDAL (Lts./seg)	PERDIDAS (Lt./seg)		TIPO DE SECCION	REVESTIDO(*)	SIN REVESTIR	
TOMA HUATAQUIETE	1+000	90					Trapezoidal	Concreto		
	1+025		TP1	12			Trapezoidal	Concreto		
	1+050	70			8		Trapezoidal	Concreto		
	1+075		TP2	11			Trapezoidal	Concreto		
	1+100	40			19	60.00%	Trapezoidal	Concreto		
	1+125		TP3	15			Trapezoidal	Concreto		
	1+150	20			5		Trapezoidal	Concreto		
	1+175		TP4	11			Trapezoidal	Concreto		
	1+200					4	Trapezoidal	Concreto		
	1+225		5 TP5				Trapezoidal	Concreto		
	SUBTOTAL			49	36					
CABANA MAÑAZO	1+000	20					Trapezoidal	Concreto	franco arenoso	
	1+050		TP6	15			Trapezoidal	Concreto		
	1+100	15			15		Trapezoidal	Concreto		
	1+150		TP7	8			Trapezoidal	Concreto		
	1+200	13			2	65.00%	Trapezoidal	Concreto		
	1+250		TP8	12			Trapezoidal	Concreto		
	1+300	12			10		Trapezoidal	Concreto		
	1+350		TP9	6			Trapezoidal	Concreto		
	1+500					1	Trapezoidal	Concreto		
	1+600		3 TP10				Trapezoidal	Concreto	franco arenoso	
	SUBTOTAL			43	28					

FICHA TECNICA																	
CALCULO DE EFICIENCIA DE APLICACION (Ea)																	
CANAL DISTRIBUCION	NOMBRE	CAUDAL (Lts/seg.)	TOMA LATERAL		N° PARCELA	PENDIENTE	TEXTURA DE SUELO	HUMEDAD DEL SUELO	AREA		CULTIVO	PROFUNDIDAD DE RAICES (m)	TIPO DE RIEGO		EFICIENCIA %	AGUA UTIL PARA CULTIVO (lt/seg)	OBSERVACIONES
			NOMBRE	CAUDAL QUE INGRESA (Lts/seg.)					Ha	%			SUPERFICIAL	A PRESION			
TOMA HUAQUITE	60	12	TP1		1	1.00%	Franco-Arcilloso	Humedo	5	0.24	Quinoa	2	Tendido		30%		Presenta el suelo presenta pendiente muy pronunciada
					2	0.50%	Arcilloso	Muy humedo	3	0.21	Avena	2	Surcos		40%	4.4	
					3	2.00%	Franco-Arcilloso	Muy humedo	5	0.32	papa	2	surcos		40%		pendiente muy pronunciada y no es uniforme la humedad en el
					4	2.00%	Franco-Arcilloso	Humedo	5	0.24	papa	2	Tendido		30%	5	5 radio
SUBTOTAL		49		26	1									35%	23.4		
CABANAMANAZO	65	15	TP5		5	1.00%	Franco-Arenoso	Humedo	5	0.29	avena	2	aspersion		60%		Presencia de malezas
					6	0.50%	arenoso	Muy humedo	5	0.14	papa	2	aspersion		60%	5	Presencia de malezas
					7	2.00%	Franco-Arenoso	Muy humedo	5	0.46	quinoa	2	aspersion		60%	9	
					8	2.00%	Franco-Arcilloso	Humedo	1	0.11	quinoa	2	aspersion		60%	1.8	
SUBTOTAL		43		16	1								60%	20.3			

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION MAÑAZO													4		
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA	DESVEST
1980	93.6	54.9	122.8	2.1	0	0	0	2.4	28.9	100.2	226.2	27.1	658.2	54.85	69.77
1981	269.6	259	133.6	44.15	13.55	3.65	2.92	21.99	33.82	12.88	11.06	118.1	924.3	77.02	97.43
1982	213.5	262.2	126.9	33.8	10.49	3.34	2.72	24.13	23.37	19.6	31	118.3	869.3	72.44	88.00
1983	123.8	193.2	158	28.46	13.26	0	3.43	0.57	19.98	25.85	54.78	133.8	755.1	62.93	69.46
1984	111	150.8	158.6	33.49	0.16	0	4.66	6.43	17.42	9.45	70.8	107.1	669.9	55.82	60.96
1985	92.6	169.6	147.2	30.38	2.21	0.3	3.42	4.45	3.07	22.49	94.8	115.2	685.8	57.15	62.93
1986	149.4	129.8	145.5	29.3	3.54	0.84	1.25	9.33	12.85	35.35	91.7	113.8	722.7	60.22	60.72
1987	173.7	136.3	140.3	27.37	5.47	1.3	0.97	11.78	21.25	44.24	80.92	73.43	717.2	59.76	60.96
1988	170.7	186	131.5	24.57	8.16	1.76	2.35	12.25	29.33	45.72	99.59	89.72	801.6	66.80	66.89
1989	197.7	240.5	142.6	38.52	10.85	2.26	3.57	15.77	23.38	10.51	24.99	128.4	839.1	69.93	84.34
1990	104.7	61.3	34	27.6	11.1	47.4	0	26.1	23.4	21.4	39.5	105	501.5	41.79	33.47
1991	142.4	139.2	108.9	35.26	6.86	2.31	1.81	6.58	14.27	28.69	52.42	99.45	638.2	53.18	54.43
1992	175.9	197.7	112	35.42	11.6	17.3	2.67	20.74	24.9	11.11	25.26	125.5	760	63.34	69.85
1993	142.4	61.3	25.4	86.2	0.9	0	0	13.7	7.6	71.3	56.6	132.5	597.9	49.83	50.83
1994	182.4	138.6	131.6	95.3	6.1	1.4	0	0	4	2.4	87.4	104.6	753.8	62.82	67.53
1995	89.6	114	131.8	5.1	0	0	0	0	14.7	6.8	24.8	95.1	481.9	40.16	51.34
1996	215.5	142	50.8	20.8	1.2	0	0.5	15.3	2.3	9.1	73.8	135.3	666.6	55.55	71.77
1997	192.1	197.1	152.1	84.5	1.3	0	0	23.5	47.9	22.6	68.5	44.6	834.2	69.52	72.66
1998	179.8	138.2	77.5	25.1	0	3.8	0	1.9	0	34.8	51.3	25.4	537.8	44.82	59.14
1999	109.1	134.4	179	83.8	9.3	0	0	4.8	21.4	90.2	8.3	103.9	744.2	62.02	62.12
2000	143.5	190	75.1	17.6	6.3	0	0	3.8	8.6	73.3	9.3	107.3	634.8	52.90	64.78
2001	361.1	231.4	151.8	72.1	5.4	0	1.2	10.5	1.9	31.7	34.3	69.8	971.2	80.93	113.13
2002	77.3	161.2	106.2	68.3	21.2	8.7	12.4	6.8	9.7	77.2	70.7	98.5	718.2	59.85	48.99
2003	136.7	78.8	139.4	23.4	14.1	3.7	0	1.6	20.1	9.1	35.3	96.8	559	46.58	52.36
2004	183.3	133.7	89.7	38	0	1.1	10.8	23.3	19.6	3.4	11.8	30.5	545.2	45.43	59.02
2005	88.5	220.3	63	53	0	0	0	0	5.5	22.1	71.5	114.6	638.5	53.21	66.01
2006	219.8	92.6	108.6	30.7	1.2	0	0	1.8	28.5	22.8	62.5	103.1	671.6	55.97	65.99
2007	111.7	100.1	224.1	71.9	11.4	0	2.5	6.7	22.4	30.8	77.6	113.6	772.8	64.40	66.52

2008	231.1	103	70.2	0	5.5	0	0	1.2	1.2	27.9	4.1	154.5	598.7	49.89	76.14
2009	99.7	137.3	109.3	33.5	1.5	0	3	0	4.1	8.1	86.9	136.2	619.6	51.63	57.26
2010	116.9	173.4	77.3	25.2	15.9	0	1.81	0	0	24.4	35.5	105.5	575.9	47.99	57.16
2011	84.3	190.3	89.2	41.6	5.2	0	4.2	0	4.4	11.4	92.8	209.4	732.8	61.07	74.41
2012	158.3	250.3	163.1	62.7	0	0	0	2.2	1.5	2.3	61.2	181.4	883	73.58	90.42
2013	181.5	174.9	85.1	8.2	2.9	10.8	15.4	2.1	6.2	38.9	42.3	98.3	666.6	55.55	65.49
2014	166	51.3	55.8	68.7	1.2	0.2	0.8	27.7	43	43.4	69.3	113.2	640.6	53.38	48.56
2015	157.3	106.9	90.4	145.9	1.9	0	5.8	6.8	23	34.7	33.8	41.6	648.1	54.01	56.66
2016	36.4	130.2	19.7	99.6	1.4	1.5	4.1	0	3.5	64	10.6	52.9	423.9	35.33	43.33
2017	179.1	131.8	106.7	31.5	14.4	7.1	6.1	0	43.6	54.4	81.9	99.5	756.1	63.01	57.17
2018	161	146.6	118.3	40.6	0	14	22.9	0	0	49.6	46.2	96.3	695.5	57.96	58.26
PROM	154.4	151.5	111.6	44.2	5.783	3.404	3.11	8.108	15.91	32.16	56.7	103.1			

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION MAÑAZO														4		
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA	DESVI	
1980	93.6	54.9	122.8	2.1	0	0	0	2.4	28.9	100.2	226.2	27.1	658.2	54.85	69.7	
1981	269.6	259	133.6	44.15	13.55	3.65	2.92	21.99	33.82	12.88	11.06	118.1	924.3	77.02	97.4	
1982	213.5	262.2	126.9	33.8	10.49	3.34	2.72	24.13	23.37	19.6	31	118.3	869.3	72.44	88.0	
1983	123.8	193.2	158	28.46	13.26	0	3.43	0.57	19.98	25.85	54.78	133.8	755.1	62.93	69.4	
1984	111	150.8	158.6	33.49	0.16	0	4.66	6.43	17.42	9.45	70.8	107.1	669.9	55.82	60.9	
1985	92.6	169.6	147.2	30.38	2.21	0.3	3.42	4.45	3.07	22.49	94.8	115.2	685.8	57.15	62.9	
1986	149.4	129.8	145.5	29.3	3.54	0.84	1.25	9.33	12.85	35.35	91.7	113.8	722.7	60.22	60.7	
1987	173.7	136.3	140.3	27.37	5.47	1.3	0.97	11.78	21.25	44.24	80.92	73.43	717.2	59.76	60.9	
1988	170.7	186	131.5	24.57	8.16	1.76	2.35	12.25	29.33	45.72	99.59	89.72	801.6	66.80	66.8	
1989	197.7	240.5	142.6	38.52	10.85	2.26	3.57	15.77	23.38	10.51	24.99	128.4	839.1	69.93	84.3	
1990	104.7	61.3	34	27.6	11.1	47.4	0	26.1	23.4	21.4	39.5	105	501.5	41.79	33.4	
1991	142.4	139.2	108.9	35.26	6.86	2.31	1.81	6.58	14.27	28.69	52.42	99.45	638.2	53.18	54.4	
1992	175.9	197.7	112	35.42	11.6	17.3	2.67	20.74	24.9	11.11	25.26	125.5	760	63.34	69.8	
1993	142.4	61.3	25.4	86.2	0.9	0	0	13.7	7.6	71.3	56.6	132.5	597.9	49.83	50.8	
1994	182.4	138.6	131.6	95.3	6.1	1.4	0	0	4	2.4	87.4	104.6	753.8	62.82	67.5	

1995	89.6	114	131.8	5.1	0	0	0	0	14.7	6.8	24.8	95.1	481.9	40.16	51.3
1996	215.5	142	50.8	20.8	1.2	0	0.5	15.3	2.3	9.1	73.8	135.3	666.6	55.55	71.7
1997	192.1	197.1	152.1	84.5	1.3	0	0	23.5	47.9	22.6	68.5	44.6	834.2	69.52	72.6
1998	179.8	138.2	77.5	25.1	0	3.8	0	1.9	0	34.8	51.3	25.4	537.8	44.82	59.1
1999	109.1	134.4	179	83.8	9.3	0	0	4.8	21.4	90.2	8.3	103.9	744.2	62.02	62.1
2000	143.5	190	75.1	17.6	6.3	0	0	3.8	8.6	73.3	9.3	107.3	634.8	52.90	64.7
2001	361.1	231.4	151.8	72.1	5.4	0	1.2	10.5	1.9	31.7	34.3	69.8	971.2	80.93	113.3
2002	77.3	161.2	106.2	68.3	21.2	8.7	12.4	6.8	9.7	77.2	70.7	98.5	718.2	59.85	48.9
2003	136.7	78.8	139.4	23.4	14.1	3.7	0	1.6	20.1	9.1	35.3	96.8	559	46.58	52.3
2004	183.3	133.7	89.7	38	0	1.1	10.8	23.3	19.6	3.4	11.8	30.5	545.2	45.43	59.0
2005	88.5	220.3	63	53	0	0	0	0	5.5	22.1	71.5	114.6	638.5	53.21	66.0
2006	219.8	92.6	108.6	30.7	1.2	0	0	1.8	28.5	22.8	62.5	103.1	671.6	55.97	65.9
2007	111.7	100.1	224.1	71.9	11.4	0	2.5	6.7	22.4	30.8	77.6	113.6	772.8	64.40	66.5
2008	231.1	103	70.2	0	5.5	0	0	1.2	1.2	27.9	4.1	154.5	598.7	49.89	76.1
2009	99.7	137.3	109.3	33.5	1.5	0	3	0	4.1	8.1	86.9	136.2	619.6	51.63	57.2
2010	116.9	173.4	77.3	25.2	15.9	0	1.81	0	0	24.4	35.5	105.5	575.9	47.99	57.1
2011	84.3	190.3	89.2	41.6	5.2	0	4.2	0	4.4	11.4	92.8	209.4	732.8	61.07	74.4
2012	158.3	250.3	163.1	62.7	0	0	0	2.2	1.5	2.3	61.2	181.4	883	73.58	90.4
2013	181.5	174.9	85.1	8.2	2.9	10.8	15.4	2.1	6.2	38.9	42.3	98.3	666.6	55.55	65.4
2014	166	51.3	55.8	68.7	1.2	0.2	0.8	27.7	43	43.4	69.3	113.2	640.6	53.38	48.5
2015	157.3	106.9	90.4	145.9	1.9	0	5.8	6.8	23	34.7	33.8	41.6	648.1	54.01	56.6
2016	36.4	130.2	19.7	99.6	1.4	1.5	4.1	0	3.5	64	10.6	52.9	423.9	35.33	43.3
2017	179.1	131.8	106.7	31.5	14.4	7.1	6.1	0	43.6	54.4	81.9	99.5	756.1	63.01	57.1
2018	161	146.6	118.3	40.6	0	14	22.9	0	0	49.6	46.2	96.3	695.5	57.96	58.2
PROM	154.4	151.5	111.6	44.2	5.783	3.404	3.11	8.108	15.91	32.16	56.7	103.1			

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) - ESTACION MAÑAZO													4		
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA	DESVEST
1980	93.6	54.9	122.8	2.1	0	0	0	2.4	28.9	100.2	226.2	27.1	658.2	54.85	69.77
1981	269.6	259	133.6	44.15	13.55	3.65	2.92	21.99	33.82	12.88	11.06	118.1	924.3	77.02	97.43
1982	213.5	262.2	126.9	33.8	10.49	3.34	2.72	24.13	23.37	19.6	31	118.3	869.3	72.44	88.00
1983	123.8	193.2	158	28.46	13.26	0	3.43	0.57	19.98	25.85	54.78	133.8	755.1	62.93	69.46
1984	111	150.8	158.6	33.49	0.16	0	4.66	6.43	17.42	9.45	70.8	107.1	669.9	55.82	60.96
1985	92.6	169.6	147.2	30.38	2.21	0.3	3.42	4.45	3.07	22.49	94.8	115.2	685.8	57.15	62.93
1986	149.4	129.8	145.5	29.3	3.54	0.84	1.25	9.33	12.85	35.35	91.7	113.8	722.7	60.22	60.72
1987	173.7	136.3	140.3	27.37	5.47	1.3	0.97	11.78	21.25	44.24	80.92	73.43	717.2	59.76	60.96
1988	170.7	186	131.5	24.57	8.16	1.76	2.35	12.25	29.33	45.72	99.59	89.72	801.6	66.80	66.89
1989	197.7	240.5	142.6	38.52	10.85	2.26	3.57	15.77	23.38	10.51	24.99	128.4	839.1	69.93	84.34
1990	104.7	61.3	34	27.6	11.1	47.4	0	26.1	23.4	21.4	39.5	105	501.5	41.79	33.47
1991	142.4	139.2	108.9	35.26	6.86	2.31	1.81	6.58	14.27	28.69	52.42	99.45	638.2	53.18	54.43
1992	175.9	197.7	112	35.42	11.6	17.3	2.67	20.74	24.9	11.11	25.26	125.5	760	63.34	69.85
1993	142.4	61.3	25.4	86.2	0.9	0	0	13.7	7.6	71.3	56.6	132.5	597.9	49.83	50.83
1994	182.4	138.6	131.6	95.3	6.1	1.4	0	0	4	2.4	87.4	104.6	753.8	62.82	67.53
1995	89.6	114	131.8	5.1	0	0	0	0	14.7	6.8	24.8	95.1	481.9	40.16	51.34
1996	215.5	142	50.8	20.8	1.2	0	0.5	15.3	2.3	9.1	73.8	135.3	666.6	55.55	71.77
1997	192.1	197.1	152.1	84.5	1.3	0	0	23.5	47.9	22.6	68.5	44.6	834.2	69.52	72.66
1998	179.8	138.2	77.5	25.1	0	3.8	0	1.9	0	34.8	51.3	25.4	537.8	44.82	59.14
1999	109.1	134.4	179	83.8	9.3	0	0	4.8	21.4	90.2	8.3	103.9	744.2	62.02	62.12
2000	143.5	190	75.1	17.6	6.3	0	0	3.8	8.6	73.3	9.3	107.3	634.8	52.90	64.78
2001	361.1	231.4	151.8	72.1	5.4	0	1.2	10.5	1.9	31.7	34.3	69.8	971.2	80.93	113.13
2002	77.3	161.2	106.2	68.3	21.2	8.7	12.4	6.8	9.7	77.2	70.7	98.5	718.2	59.85	48.99
2003	136.7	78.8	139.4	23.4	14.1	3.7	0	1.6	20.1	9.1	35.3	96.8	559	46.58	52.36
2004	183.3	133.7	89.7	38	0	1.1	10.8	23.3	19.6	3.4	11.8	30.5	545.2	45.43	59.02
2005	88.5	220.3	63	53	0	0	0	0	5.5	22.1	71.5	114.6	638.5	53.21	66.01
2006	219.8	92.6	108.6	30.7	1.2	0	0	1.8	28.5	22.8	62.5	103.1	671.6	55.97	65.99
2007	111.7	100.1	224.1	71.9	11.4	0	2.5	6.7	22.4	30.8	77.6	113.6	772.8	64.40	66.52
2008	231.1	103	70.2	0	5.5	0	0	1.2	1.2	27.9	4.1	154.5	598.7	49.89	76.14
2009	99.7	137.3	109.3	33.5	1.5	0	3	0	4.1	8.1	86.9	136.2	619.6	51.63	57.26
2010	116.9	173.4	77.3	25.2	15.9	0	1.81	0	0	24.4	35.5	105.5	575.9	47.99	57.16
2011	84.3	190.3	89.2	41.6	5.2	0	4.2	0	4.4	11.4	92.8	209.4	732.8	61.07	74.41
2012	158.3	250.3	163.1	62.7	0	0	0	2.2	1.5	2.3	61.2	181.4	883	73.58	90.42
2013	181.5	174.9	85.1	8.2	2.9	10.8	15.4	2.1	6.2	38.9	42.3	98.3	666.6	55.55	65.49
2014	166	51.3	55.8	68.7	1.2	0.2	0.8	27.7	43	43.4	69.3	113.2	640.6	53.38	48.56
2015	157.3	106.9	90.4	145.9	1.9	0	5.8	6.8	23	34.7	33.8	41.6	648.1	54.01	56.66
2016	36.4	130.2	19.7	99.6	1.4	1.5	4.1	0	3.5	64	10.6	52.9	423.9	35.33	43.33
2017	179.1	131.8	106.7	31.5	14.4	7.1	6.1	0	43.6	54.4	81.9	99.5	756.1	63.01	57.17
2018	161	146.6	118.3	40.6	0	14	22.9	0	0	49.6	46.2	96.3	695.5	57.96	58.26
PROM	154.4	151.5	111.6	44.2	5.783	3.404	3.11	8.108	15.91	32.16	56.7	103.1			

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"												
	CO. 110820			LATITUD	15°48'00,2"			DEPARTAMENTO			PUNO	
		MAÑAZO		LONGITUD	70°03'59,7"			PROVINCIA			PUNO	
				ALTITUD	3920			DISTRITO			MAÑAZO	
PARAMETRO : PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MEDIA EN °C												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	9.9	9.5	9.0	9.2	6.6	6.4	5.4	7.1	8.1	10.5	11.1	10.2
2009	10.2	9.9	9.5	8.4	7.6	5.9	7.2	7.1	9.4	10.6	11.5	11.1
2010	11.0	11.0	10.2	9.5	8.3	8.3	7.2	7.9	9.4	10.4	11.0	10.7
2011	10.4	9.4	9.4	8.8	7.6	5.6	6.6	7.8	8.3	10.0	10.4	9.9
2012	9.5	8.7	8.7	9.0	7.3	6.0	6.5	6.8	8.6	10.6	10.7	10.2
2013	9.4	9.2	10.3	8.7	8.5	6.5	7.0	6.9	9.4	10.7	10.6	10.5
2014	10.1	10.1	10.2	9.3	8.6	8.2	7.3	7.3	8.9	9.6	10.8	11.5
2015	9.3	10.1	9.9	8.8	8.3	7.3	6.5	7.5	9.6	9.9	11.7	11.2
2016	11.9	11.7	11.3	9.8	8.8	7.5	7.3	8.2	8.7	10.3	10.7	11.6
2017	10.1	9.4	11.1	8.9	9.2	7.1	6.8	8.1	8.6	10.0	11.1	11.0
2018	10.3	10.0	10.1	8.8	7.8	7.1	6.8	7.5	8.8	10.7	12.2	11.4
PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN mm.												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	231.1	103.0	70.2	0.0	5.5	0.0	0.0	1.2	1.2	27.9	4.1	154.5
2009	99.7	137.3	109.3	33.5	1.5	0.0	3.0	0.0	4.1	8.1	86.9	136.2
2010	116.9	173.4	77.3	25.2	15.9	0.0	T	0.0	0.0	24.4	35.5	105.5
2011	84.3	190.3	89.2	41.6	5.2	0.0	4.2	0.0	4.4	11.4	92.8	209.4
2012	158.3	250.3	163.1	62.7	0.0	0.0	0.0	2.2	1.5	2.3	61.2	181.4
2013	181.5	174.9	85.1	8.2	2.9	10.8	15.4	2.1	6.2	38.9	42.3	98.3
2014	166.0	51.3	55.8	68.7	1.2	0.2	0.8	27.7	43.0	43.4	69.3	113.2
2015	157.3	106.9	90.4	145.9	1.9	0.0	5.8	6.8	23.0	34.7	33.8	41.6
2016	36.4	130.2	19.7	99.6	1.4	1.5	4.1	0.0	3.5	64.0	10.6	52.9
2017	179.1	131.8	106.7	31.5	14.4	7.1	6.1	0.0	43.6	54.4	81.9	99.5
2018	161.0	146.6	118.3	40.6	0.0	14.0	22.9	0.0	0.0	49.6	46.2	96.3

PARAMETRO : PROMEDIO MENSUAL DE EVAPORACION EN mm.												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	2.4	2.8	3.2	4.1	4.0	3.7	3.9	4.4	5.3	5.2	5.8	4.2
2009	3.4	2.8	2.8	3.0	3.0	2.7	3.9	4.9	5.6	6.5	5.4	4.5
2010	3.7	3.6	3.5	3.2	3.8	3.4	4.4	4.7	5.8	5.9	6.7	3.9
2011	4.1	2.3	2.9	3.3	3.2	3.8	4.2	4.5	4.6	6.2	5.9	4.2
2012	3.8	2.7	2.8	2.3	3.7	3.3	3.8	4.6	4.9	6.1	5.9	3.8
2013	3.2	3.5	3.6	4.3	3.8	3.3	3.4	4.2	5.8	5.6	6.1	4.2
2014	3.9	4.0	3.7	3.6	4.0	4.3	3.9	3.9	4.3	4.8	5.7	5.0
2015	3.1	3.4	2.7	2.2	2.8	3.4	3.2	4.4	4.8	4.6	5.1	4.4
2016	4.5	3.6	3.8	3.3	3.5	3.1	3.2	4.5	5.2	5.4	6.5	5.9
2017	3.3	4.3	3.4	2.9	3.5	3.8	4.0	5.8	4.5	6.1	6.9	5.2
PARAMETRO : PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA EN %												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	78	75		56	43	45	44	41	43	51	45	63
2009	69	78	74	66	50	44	51	45	44	45	58	62
2010	71	74	70	60	53	47	38	43	44	45	40	62
2011	67	79	74	67	55	50	47	43	49	40	50	65
2012	71	82	75	70	50	49	45	48	53	43	53	73
2013	77	79	75	65	65	65	70	65	56	60	73	72
2014	76	72	69	71	60	58	59	69	70	68	59	65
2015	78	76	77	80	62	60	56	58	55	56	57	64
2016	62	76	66	78	67	63	65	60	55	57	52	68
2017	79	75	81	78	67	51	59	51	65	59	58	66
PARAMETRO : PROMEDIO MENSUAL DE VELOCIDAD DE VIENTO EN M/SEG.												
AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	1.4	1.6	1.7	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.9	2.7	2.0	2.1
2009	1.7	1.8	1.3	1.6	1.7	1.6	2.3	2.2	2.1	1.9	1.9	1.7
2010	1.2	1.4	1.3	1.5	2.3	1.7	2.3	2.0	2.3	2.3	2.2	2.0
2011	2.0	1.1	1.2	1.2	0.6	1.9	1.7	1.9	1.8	2.0	1.2	1.0
2012	1.3	1.1	1.5	1.5	1.0	1.5	1.4	0.8	1.1	1.8	1.7	1.2
2013	1.2	1.6	1.4	1.8	1.4	1.6	1.1	1.8	1.8	2.0	1.4	1.5
2014	1.2	1.7	2.2	1.8	2.0	2.2	2.3	1.8	2.0	1.6	2.2	2.3
2015	1.7	2.0	1.6	1.6	2.0	1.4	2.3	2.4	2.7	2.6	3.4	2.2
2016	2.6	1.7	2.0	2.1	3.2	3.1	2.0	2.8	2.8	3.0	3.6	2.9
2017	2.2	2.1	1.6	2.0	2.7	2.2	1.9	2.9	2.4	2.9	2.9	2.9

ANEXO DE LABORATORIO



Nº 012055

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe

Análisis de Suelo - Salinidad y Sodicidad

SOLICITANTE : IPESA HYDRO S.A.
PROYECTO : Instalación de sistemas de riego por aspersión para G.G.E. Progreso I
PROCEDENCIA : Mañazo - Puno
RESP. ANALISIS : Ing. Elizabeth Monterrey Porras
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 20 de febrero del 2017

Número de muestra	CE dS / m Relación 1:1	Análisis Mecánico			pH Relación 1:1	MO %	P ppm	K ₂ O ppm	CaCO ₃ %	Cambiables			Al ³⁺ +H ⁺	
		Arena %	Limo %	Arcilla %						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		CMol (+) / Kg
12055	0.43	45.68	36.00	18.32	8.17	3.18	191.80	8.60	41.60	31.68	2.15	0.42	0.34	
MUESTRA Campo	pH Suelo : Agua 1:3	C.E. dS/m 1:3	CATIONES SOLUBLES (meq/l)			ANIONES SOLUBLES (meq/l)			Yeso Soluble %	Boro ppm				
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SUMA	CT			SO ₄ ⁻	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃
12055	8.38	0.61	1.65	0.50	0.07	3.91	0.96	1.60	0.00	3.49	0.10	6.14	0.05	1.00



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Fig. Msc. Teresa Valdivia Barrantes
 JEFE DE LABORATORIO

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS

1. Análisis Mecánico: Textura por el Método de Hidrómetro.
2. Conductividad eléctrica: C.E. Lectura de extracto de relación suelo agua 1:1 y extracto de la pasta saturada.
3. pH. Método de potenciómetro, relación suelo-agua 1:1 y en la pasta saturada.
4. Calcio total: Método gaso-volumétrico.
5. Materia orgánica: Método de Walkley y Black % M.O. = % C x 1,724
6. Nitrógeno total: Método Micro Kjeldahl.
7. Fósforo: Método de Olsen Modificado, Extracto, NaHCO_3 0.5M, pH = 8.5
8. Potasio Disponible: Extracto Acetato de Amonio 1N, pH 7,0
9. Capacidad de Intercambio Catiónico: Acetato de Amonio 1N pH 7,0
10. Cambiabilles: Determinaciones en extracto Amónico.
 - Ca^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Mg^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - K^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Na^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
11. Iones Solubles
 - a. Cationes Solubles:
 - Ca^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Mg^{2+} : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - K^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - Na^+ : Espectrofotometría de Absorción Atómica.
 - b. Aniones Solubles:
 - Cl^- : Volumétrico: Nitrato de Plata.
 - CO_3^{2-} : Volumétrico: Ácido Clorhídrico.
 - HCO_3^- : Volumétrico: Ácido Clorhídrico.
 - SO_4^{2-} : Tubidimétrico: Sulfato de Bario.
 - NO_3^- : Colorimétrico.
12. Yeso Soluble: Solubilización con agua y precipitación con acetona.
13. Boro Soluble: Colorimétrico, Método de la Curcumina.

INTERPRETACIÓN

C.E. (Sales) Según respuesta de los cultivos (dS/m)

Muy ligeramente Salino : < 2
 Ligeramente Salino : 2 - 4
 Moderadamente Salino : 4 - 8
 Fuertemente Salino : 8 - 16
 Extremadamente Salino : > 16

DISPONIBLES

Clase	Materia Orgánica	Calcáreo Total $\text{CaCO}_3\%$	Fósforo P (ppm)	Potasio K (ppm)
Bajo	< 2%	< 1%	< 7	< 100
Medio	2 - 4%	1 - 5%	7 - 14	100 - 240
Alto	> 4%	> 5%	> 14	> 240

CIC Efectiva

< 5 meq/100 gr	Mi y baja
5 - 10	Baja
10 - 15	Medio
15 - 20	Alto
> 20	Muy alto

Reacción del Suelo (pH)

5.1 - 5.5 Fuertemente ácido.
 5.6 - 6.0 Moderadamente ácido.
 6.1 - 6.5 Ligeramente ácido.
 6.6 - 7.3 Neutro.
 7.4 - 7.8 Ligeramente alcalino.
 7.9 - 8.4 Moderadamente alcalino.

* CIC: Capacidad Intercambiable de Cationes.

EQUIVALENCIAS
 1 mmhos/cm = 1 ds/m
 1 cmo(+)/kg = 1 meq/100gr



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS Y FERTIRRIEGO

LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefaxis: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe **Nº 007750**



ANALISIS DE AGUA - RUTINA

SOLICITANTE : IPESA HYDRO SA
PROYECTO : Instalacion de sistema de riego por aspersión para el G.G.E. Koyllor
PROCEDENCIA : Miraflores - Puno
RESPONSABLE ANALISIS : Ing. Nore Arévalo Flores
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 16 de febrero de 2017

Nº LABORATORIO	7750
Nº DE CAMPO	Agua
CE	1.16
pH	8.14
Calcio meq/l	1.95
Magnesio meq/l	0.57
Sodio meq/l	8.35
Potasio meq/l	0.26
SUMA DE CATIONES	11.14
Cloruro meq/l	9.51
Sulfato meq/l	0.14
Bicarbonato meq/l	1.82
Nitratos meq/l	0.01
Carbonatos meq/l	0.22
SAR	11.70
CLASIFICACION	C3-S2
Boro ppm	0.23



LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Nore Arévalo Flores
 JEFE DE LABORATORIO



MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de pasta de saturación(es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcimetro.
5. Materia orgánica: método Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5. Bray I, Bray II.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃-COONH₄) N, pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃-COOCH₃) N; pH 7.0.
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺-K⁺ cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica Na⁺, K⁺; Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA.
11. Al-3-h: método de Yuan. Extracción con KCl. N
12. Iones solubles: Ca²⁺, Mg²⁺ EDTA; Na⁺, K⁺ fotometría de llama y/o absorción atómica; Cl, CO₃, HCO₃⁻, NO₃⁻; volumetría y colorimetría, SO₄ turbidimetría con cloruro de bario.
13. Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
14. Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad	Nitrógeno	Materia Orgánica	Fósforo Disponible	Potasio Disponible	Relaciones Catiónicas
Clasificación	Clasificación	%	ppm P	ppm K	K/Mg
Muy ligeramente salino	Bajo	<2.0	<7.0	<100	0,2-0,3
Ligeramente salino	Medio	2 a 4	7.0 a 14	100-240	>0,5
Moderadamente salino	Alto	>4,0	>14	>240	>0,2
Fuertemente salino					>10

Reacción ó pH	Clases Texturales	Distribución de Cationes
Clasificación		
Fuertemente ácido	A	Ca ²⁺ 60-75
Moderadamente ácido	AF	Mg ²⁺ 15-20
Ligeramente ácido	FA	K ⁺ 3 a 7
Neutro	Fr	Na ⁺ <15
Ligeramente alcalino	FL	
Moderadamente alcalino	L	
Fuertemente alcalino		

Equivalencias:

- 1 ppm = 1 mg/kilogramo.
- 1 milimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro.
- 1 me/equivalente/100g = 1 cmol(+) /kilogramo.
- Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes.
- CE (1 : 2.5) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm.
- T= Trazas. *F= Floculo (excesiva presencia de sales, se sugiere realizar análisis de Salinidad, por extracto de saturación).



ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Analisis
 S.A.L.C.E.B.O

Rinconada de Salcedo s/n
 Puno. Puno. Perú
 T: (051) 363-812

www.inia.gob.pe



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



ANÁLISIS DE FERTILIDAD

Nombre: Wendy Yasmina Apaza Hilarasa.
 Fecha de Recepción: 22 de Mayo del 2019.
 Localidad: Añazani. Mañazo.

Fecha de Certificación: 31 de Mayo del 2019.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANÁLISIS			MECANICO		Suelo: Agua 1:2.5			M.O. %	Al (meq/100 gr)	CO ₃ Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura	pH	C.F. mmhos/cm	N %	P (ppm)			
311K1	Añazani.	19,44	31,84	48,72	FAI-FAIL	7,99	0,747	2,01	0,00	6,99		

Referencias: Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p
Conclusiones: La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.
Nota: Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento.
Observaciones: (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).



INGENIERO AGRÓNOMO
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Analisis
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a estas muestras.

Rinconada de Salcedo s/n
 Puno, Puno, Perú
 T: (051) 363-812

www.inia.gob.pe

CLAVE

PELIGRO DE SALES

C1 - Salinidad baja	(0.00 - 25 dS/m)	:	Buenas para riego de diferentes cultivos. Sólo peligro de salinización de suelos muy impermeables de difícil drenaje interno.
C2 - Salinidad moderada	(0.25 - 0.75 dS/m)	:	De calidad buena para cultivos que se adaptan o toleran moderadamente la sal. Peligro para plantas muy sensibles y suelos impermeables.
C3 - Salinidad entre media y alta	(0.75 - 2.25 dS/m)	:	El suelo debe tener buena permeabilidad. El cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal.
C4 - Salinidad alta	(2.25 - 4.00 dS/m)	:	Sólo para plantas tolerantes y suelos permeables, donde pueden ser necesarios lavados especiales para remover las sales.
C5 - Salinidad muy alta	(4.00 - 6.00 dS/m)	:	Sólo para plantas muy tolerantes, suelos muy permeables y donde se puedan aplicar lavados frecuentes para remover el exceso de sales.
C6 - Salinidad excesiva	(más de 6.00 dS/m)	:	Deben tomarse precauciones para su uso (pueden usarse en suelos muy permeables y/o mezclado con agua de buena calidad).

PELIGRO DE SODIO

S1 - Poco sodio	Sin peligro.
S2 - Medio sódica	Peligro en suelos de textura fina o arcillosa con alta capacidad de cambio especialmente si la permeabilidad es baja, a menos que el suelo contenga yeso. Puede usarse en suelos de textura gruesa entre arenosa y franca u orgánica con permeabilidad adecuada.
S3 - Muy sódica	Peligro en suelos sin yeso, requieren estos suelos buen drenaje, adición de materia orgánica y eventuales enmiendas químicas, tales como yeso o azufre, que no son efectivos si las aguas son de salinidad alta C4.
S4 - Excesivamente sódica	No sirven generalmente para riego. Sólo cuando la salinidad es baja o media, donde la solución de calcio del suelo o el uso del yeso u otras enmiendas pueden hacer factibles el uso de esta agua.

PELIGRO DE BORO, CARBONATO DE SODIO RESIDUAL Y DUREZA

Boro		Na ₂ CO ₃ Residual		Dureza Total	
ppm	Clase	meq/l.	Tipo de agua	mgCaCO ₃ /Lt	Tipo de agua
< 0.3	Buena	Menor a 1.25	Recomendable	< 75	Agua blanda
		1.25 - 2.50	Poco recomendable	75 - 150	Agua moderada
0.3 - 4.0	Condicionada	Mayor de 2.50	No recomendable	150 - 300	Agua dura
> 4.0	No recomendable			> 300	Agua muy dura

ANEXO DE PLANOS