

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA EL
APROVECHAMIENTO CON FINES DE RIEGO PRESURIZADO
EN LA ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA ILLPA - PUNO”**

PRESENTADA POR:

FIDEL ISIDRO VILCA CALLATA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

PUNO – PERÚ

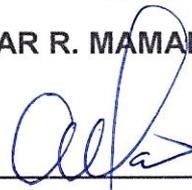
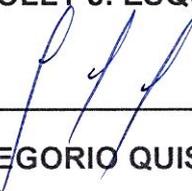
2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
“EVALUACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA EL
APROVECHAMIENTO CON FINES DE RIEGO PRESURIZADO EN LA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA ILLPA - PUNO”

TESIS

PRESENTADO A LA COORDINACION DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD
 DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO
 PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA

APROBADO POR:

PRESIDENTE	:	 <hr/> M.Sc. OSCAR R. MAMANI LUQUE
PRIMER JURADO	:	 <hr/> M.Sc. ROBERTO ALFARO ALEJO
SEGUNDO JURADO	:	<hr/> Ing. MARCO ANTONIO QUISPE PEREZ
DIRECTOR DE TESIS	:	 <hr/> M.Sc. AUDBERTO MILLONES CHAFLOQUE
ASESOR	:	 <hr/> M.Sc. ROLLY J. ESQUIVEL URVIOLA
ASESOR	:	 <hr/> Ing. GREGORIO QUISPE QUISPE

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
 TEMA: Modelamiento de aguas subterráneas
 LÍNEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

A ti Dios porque siempre me apoyas cuando más te necesito, por darme fuerza y coraje para hacer realidad este sueño.

A mis queridos padres Alejandro Vilca y Felipa Callata por el apoyo, amor y confianza que me brindan en todo momento, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.

A mis queridos hermanos Edgar, Eliseo, Julia, Irene, Furtunata por el apoyo incondicional que me proporcionan en todo momento.

Con muchísima gratitud y amor a mi querida esposa Norma por el apoyo incondicional que me proporciona en todo momento.

Fidel Vilca. C.

AGRADECIMIENTO

El autor desea sus sinceros agradecimientos:

A nuestra alma mater la Universidad Nacional Del Altiplano, en especial a la Escuela Profesional De Ingeniería Agrícola, por ser la casa donde me forme y por la labor que cumple en el logro de nuestra formación profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional De Ingeniería Agrícola, por haberme brindado sus conocimientos y enseñanzas y haber compartido sus experiencias para mi Formación Profesional en los Claustros Universitarios.

A los Ingenieros Ing. Oscar Mamani Luque, Roberto Alfaro Alejo, Marco Antonio Quispe Perez, Percy Ginez Choque, Audberto Millones Chafloque, por el asesoramiento meritorio en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

A Ing° Gregorio Quispe Quispe, Rolly Esquivel Urviola, Fredy Choque Cutiri, Willian Flores Alejo, Rogelio Cahuachia Apaza, Alberto Carrasco Huanca, por sus valiosos consejos y amplia colaboración en la ejecución del presente trabajo.

A mis mejores compañeros y amigos Benjamin Mamani, Walter Alanoca, Juan Arucutipa, Edgar Carrasco, Jaime Herrera, Henry Tapara y otros a quienes no pude mencionar en este texto pero siempre le tendré presente por siempre porque siempre estuvieron alentándome y apoyándome durante mi investigación y siempre.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, JUSTIFICACIÓN, ANTECEDENTES, OBJETIVOS.....	4
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.2.1. Problema general	4
1.1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.2. JUSTIFICACIÓN	5
1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	6
1.4.1. Hipótesis general.....	6
1.4.2. Hipótesis específicas	6
1.5. ANTECEDENTES	6
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.1. Agua subterránea.....	9
2.1.1.1. Tipos de acuíferos	9
2.1.1.2. Propiedades hidráulicas de los acuíferos	15
2.1.1.2.1. Conductividad hidráulica o permeabilidad (K)	15
2.1.1.2.2. Transmisibilidad (T)	16
2.1.1.2.3. Coeficiente de almacenamiento (s).....	17
2.1.1.3. Nivel freático.....	20
2.1.2. Pozos de observación	21
2.1.3. Evaluación del nivel freático	22
2.1.4. Realización de hidrogramas de pozos	23

2.1.5.	Elaboración de planos de isohypsas	24
2.2.	HIDRAULICA SUBTERANEA	25
2.2.1.	Ley de Darcy	25
2.3.	EXPLOTACION DE AGUA SUBTERRANEA	27
2.4.	PRUEBAS DE BOMBEO	27
2.4.1.	Propiedades hidráulicas del acuífero libre durante el bombeo	29
2.5.	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO	30
2.6.	SUELO	31
2.6.1.	Estructura y textura del suelo	31
2.7.	SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO POR GOTEO	32
2.7.1.	El riego por goteo	32
2.7.2.	Ventajas de un sistema de riego por goteo.....	34
2.7.3.	Desventajas de un sistema de riego por goteo	34
2.7.4.	Componentes del sistema de riego por goteo	35
III.	MATERIALES Y METODOLOGÍA	37
3.1.	UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	37
3.1.1.	Ubicación política	37
3.1.2.	Ubicación geográfica	38
3.2.	ASPECTOS GENERALES DEL AREA DEL ESTUDIO	38
3.2.1.	Límites y ubicación de los pozos	38
3.2.2.	Área del proyecto	38
3.2.3.	Fisiografía	38
3.2.4.	Climatología	39
3.2.5.	Recursos naturales	39
3.3.	MATERIALES	39
3.3.1.	Recopilación de información existente.....	39
3.4.	METODOLOGIA.....	43
3.4.1.	EVALUACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN AREA DE ESTUDIO.....	43
3.4.1.1.	Inventarios y evaluación de los pozos existentes en el área de estudio	43
3.4.1.2.	Evaluación del nivel freático de los pozos.....	43
3.4.1.3.	Elaboración de hidrogramas de pozos	44

3.4.1.4.	Elaboración y evaluación de los planos de isohipsas.....	44
3.4.2.	PRUEBAS DE BOMBEO DEL POZO N°05.....	45
3.4.2.1.	Objetivos de las pruebas.....	46
3.4.2.2.	Metodología de ejecución.....	46
3.4.2.3.	Proceso de limpieza y verificación de funcionamiento.....	47
3.4.2.4.	Características técnicas del pozo de bombeo.....	47
3.4.2.5.	Características técnicas de los pozos de observación o piezómetros.....	47
3.4.2.6.	Realización de las pruebas de bombeo.....	47
3.4.2.7.	Duración de las pruebas de bombeo del pozo y de los piezómetros.....	48
3.4.2.8.	Realización de las pruebas de recuperación del pozo y de los piezómetros.....	49
3.4.2.9.	Medición del caudal de extracción.....	49
3.4.2.10.	Determinar las propiedades hidráulicas del pozo.....	50
3.4.2.11.	Determinar la ecuación de la prueba de bombeo del pozo N°05....	51
3.4.3.	CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO.....	52
3.4.3.1.	Diagrama para la clasificación de agua para riego.....	53
3.4.4.	ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELO.....	55
3.4.5.	DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	56
3.4.5.1.	Diseño agronómico.....	56
3.4.5.1.1.	Cedula de cultivo.....	56
3.4.5.1.2.	Evapotranspiración potencial método de: hargreaves.....	56
3.4.5.1.3.	Coeficiente de cultivo (Kc).....	57
3.4.5.1.4.	Evapotranspiración real o actual (ETA).....	57
3.4.5.1.5.	Precipitación efectiva (PE).....	58
3.4.5.1.6.	Balance hídrico.....	58
3.4.5.1.7.	Parámetros de diseño de riego por goteo.....	60
3.4.5.1.8.	Parámetros de operación del sistema de riego por goteo.....	62
3.4.5.2.	Diseño hidráulico.....	63
3.4.5.2.1.	Tuberías primarias y secundarias.....	63
3.4.5.2.2.	Ecuación de descarga del gotero.....	68
3.4.5.2.3.	Calculo de la bomba hidráulica.....	69
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71

4.1.	EVALUACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	71
4.1.1.	Ubicación de los pozos existentes en el área de estudio	71
4.1.2.	Evaluaciones del nivel freático en área de estudio.....	73
4.1.3.	Hidrogramas de pozos.....	75
4.1.4.	Interpretación de los planos de Isohipsas	78
4.2.	RESULTADOS DE PRUEBAS DE BOMBEO DEL POZO N°05	79
4.2.1.	Rendimiento del pozo N°05 durante la prueba de bombeo.....	79
4.2.2.	Pruebas de duración del pozo n°05 y de los piezómetros.....	81
4.2.3.	Variaciones del nivel freático del pozo N°05 y de los pozos piezometricos	81
4.2.4.	Pruebas de recuperación del pozo n°05 y de los piezómetros	82
4.2.5.	Ecuación de la prueba de bombeo del pozo N°05.....	84
4.2.6.	Propiedades hidráulicas durante las pruebas de bombeo.....	87
4.3.	CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO	91
4.3.1.	Conductividad eléctrica	92
4.3.2.	Composición química.....	92
4.4.	ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO	92
4.5.	DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	94
4.5.1.	DISEÑO AGRONÓMICO	94
4.5.1.1.	Cedula de cultivo	94
4.5.1.2.	Evapotranspiración potencial	96
4.5.1.3.	Coeficiente de cultivo.....	98
4.5.1.4.	Evapotranspiración real o actual.....	100
4.5.1.5.	Precipitación efectiva	102
4.5.1.6.	Balance hídrico	104
4.5.1.7.	Parámetros de diseño de riego por goteo	106
4.5.1.8.	Parámetros de operación del sistema de riego por goteo	107
4.5.2.	DISEÑO HIDRÁULICO.....	108
4.5.2.1.	Calculo hidráulico	108
4.5.2.2.	Tipo de gotero para el sistema.....	110
4.5.2.3.	Ecuación de descarga del gotero	111
4.5.2.4.	Calculo de Electro-bomba hidráulica.....	113
	CONCLUSIONES	114



RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116

RESUMEN

Este trabajo de Investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Agraria Illpa, INIA - Puno. Cuyo objetivo principal es “Determinar la variación del nivel freático para el aprovechamiento de las aguas subterráneas con fines de riego presurizado”, la metodología utilizada para el presente estudio se realizó la evaluación y monitoreo de los pozos en el área de estudio, se ubicó el pozo para el aprovechamiento del recurso hídrico, para ello realizándose la prueba de bombeo y determinándose el rendimiento (caudal) del pozo asimismo se determinó las características los parámetros hidráulicos del pozo de Permeabilidad K, Transmisibilidad, Coeficiente de Almacenamiento S, luego de determinar el caudal de aforado del pozo en estudio se realizó el diseño de riego por goteo en el cultivo de la quinua considerando para la obtención de semilla de quinua certificada y cultivo orgánico.

Los resultados obtenidos es que durante la evaluación y el monitoreo de los pozos se determinó la dirección del movimiento de las aguas subterráneas presentándose el plano de isohipsas, asimismo se determinó la variación del nivel freático durante la prueba de bombeo del pozo N°05 fue: $\Delta = 15.00$ m.

El rendimiento del pozo en estudio es de 2.3 litros por segundo, cuyos parámetros hidráulicos del pozo es Permeabilidad $K=0.40$ m/día, Transmisibilidad $T=11.58$ m/día, Coeficiente de Almacenamiento $S= 5.96 \times 10^{-3}$, asimismo se obtuvo la ecuación de relación de la variación del nivel freático y el tiempo, del pozo en estudio que es: $H = 0.0828t^{1.002}$

Luego se diseñó el riego por goteo, con agua subterránea del pozo para la producción de quinua y la obtención de la semilla certificada por INIA, para un área total de 5 hectáreas.

Palabras Claves: Agua subterránea, diseño, riego por goteo.

ABSTRACT

This research was conducted at the Agricultural Experiment Station Illpa, INIA - Puno. Whose main objective is "to determine the variation of the water table for the use of groundwater for the purpose of pressurized irrigation", the methodology used for this study the evaluation and monitoring of the wells in the study area took place, stood the well for the use of water resources, for it carried out the test and determining the pumping performance (flow) of the well also features hydraulic parameters determined from the well of permeability K, transmissibility, storage coefficient S, after determining the flow of volumetric well in study design we were performed drip irrigation in the cultivation of quinoa considering for obtaining certified seed quinoa and organic farming.

The results is that during the evaluation and monitoring of wells the direction of movement of groundwater is determined presenting the plane of contour levels, also the change in the water table is determined during the pump test well No. 05 was: $\Delta = 15.00$ m.

Well performance under study is 2.3 liters per second, which is well parameters hydraulic permeability $K = 0.40$ m / day, transmissibility $T = 11.58$ m / day, storage coefficient $S = 5.96 \times 10^{-3}$ also the relation equation of the variation of the water table and the time the well is being studied was obtained: $H = 1.002 \wedge 0.0828t$

Drip irrigation is then designed, with underground water from the well to the production of quinoa and obtaining certified seed INIA, for a total area of 5 hectares.

Keywords: Groundwater, design, drip irrigation.

INTRODUCCIÓN

En la región del Altiplano, la productividad de las tierras dependen del régimen de precipitación pluvial, el cual ocurre generalmente durante un periodo de tres a cuatro meses al año (diciembre, enero, febrero y marzo), con una distribución irregular de ocurrencia, causando problemas de sequía. Este hecho origina acudir a otras fuentes de obtener recurso hídrico como las aguas subterráneas para el aprovechamiento para diferentes fines.

Frente a este fenómeno es de urgente necesidad emprender estudios de riego y aprovechar el recurso del agua existente en los diferentes estratos de la corteza terrestre como el de las aguas subterráneas a través de pozos profundos. Cuyos caudales son constantes durante todo el año, los que muy bien pueden ser aprovechados en épocas de sequía que se presentan periódicamente.

Para el planteamiento y operación de los recursos hídricos es necesario conocer previamente las necesidades de agua de los cultivos, realizando un análisis de la agricultura en seco y bajo riego, a fin de evaluar las ventajas de este último. Las demandas brutas de agua, la programación de su dotación y el momento oportuno del riego dependen de diferentes factores como: las características físicas del suelo, condiciones de evapotranspiración, cantidad y distribución de la precipitación, características fisiológicas de los cultivos, topografía del terreno y las eficiencias de conducción, distribución y aplicación de agua, entre los más importantes, los que influyen decisivamente en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de riego.

El diseño y planteamiento que se dan a la infraestructura de condición y otros a nivel de proyecto y a nivel de parcela, deben presentar características de capacidad suficiente para conducir la máxima demanda durante la época de mayor consumo.

La falta de criterios adecuados en el planteamiento y diseño de la red del sistema de riego ocasiona y en alguna medida un mal dimensionamiento de las obras.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, JUSTIFICACIÓN, ANTECEDENTES, OBJETIVOS

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento del problema

La escasez del recurso hídrico que se traduce en la baja producción de productos agrícolas y pecuarios, es uno de los problemas más importantes en la actualidad, el problema del recurso hídrico, implica que se tenga que recurrir a estudios de aguas subterráneas para el aprovechamiento de los recursos hídricos.

En la actualidad uno de los problemas que agobia a la Estación Experimental Agraria Illpa INIA Puno, es la escasez del recurso hídrico. Teniendo en cuenta que la actividad principal de este Centro Experimental es la ganadería y producción de cultivos andinos y pastos, por lo que hay insuficiencia de recurso hídrico en épocas de escasez y es necesario dar solución a este problema a través de un estudio de aguas subterráneas para el aprovechamiento con fines de riego presurizado debido a las características propias del lugar, aumentando así las eficiencias de producción de los cultivos andinos, pastos y mejoramiento de la ganadería que conlleva a una mayor productividad.

Por lo expuesto, esta problemática nos induce a formularnos las siguientes interrogantes:

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la variación del nivel freático para el aprovechamiento óptimo y el manejo eficiente del recurso hídrico con fines de riego presurizado en la Estación Experimental Agraria Illpa, INIA – Puno?

1.1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la variación del nivel freático en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa INIA, para su aprovechamiento del recurso hídrico con fines de riego?

¿Cuál es el rendimiento del pozo para el aprovechamiento óptimo de las aguas subterráneas en la Estación Experimental Agraria Illpa, INIA - Puno?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la Estación Experimental Agraria Illpa INIA Puno, la baja producción agropecuaria, y la ampliación de la frontera agrícola en el Centro Experimental, causadas por la Insuficiente disponibilidad de agua en épocas de escasez, que no satisface la demanda de agua de los cultivos.

El estudio de aguas subterráneas de área de estudio, viene a constituir un aporte más para el manejo y aprovechamiento del recurso hídrico, sea para uso agrícola o pecuario. Cuyos factores son importantes para dar alternativas de solución al problema de escasez de recurso hídrico que se presenta en dicha área normalmente en todas las campañas agrícolas.

1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la variación del nivel freático para el aprovechamiento de las aguas subterráneas con fines de riego presurizado en la Estación Experimental Agraria Illpa, INIA - Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la variación del nivel freático en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa, INIA para el aprovechamiento del recurso hídrico con fines de riego presurizado.
- Determinar el rendimiento del pozo para el aprovechamiento óptimo de las aguas subterráneas en la Estación Experimental Agraria Illpa, INIA - Puno.

1.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

- Mediante la determinación del nivel freático mejora el sistema de manejo del recurso hídrico y la toma de decisiones en la Estación Experimental Agraria Illpa, INIA – Puno.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con la determinación de la variación del nivel freático en el ámbito Estación Experimental Agraria Illpa, INIA se elevará la eficiencia de uso óptimo del recurso hídrico con fines de riego presurizado.
- La determinación de la variación del rendimiento del pozo del agua subterránea permitirá optimizar el uso de recurso hídrico.

1.5. ANTECEDENTES

En el plano local, Aro (1989), en la investigación: “Estudio de aguas subterráneas del Centro Experimental Camacani, Sector Camata”, plantea como objetivo: Determinar las características del escurrimiento subterráneo. La investigación es de tipo experimental. Concluye afirmando que el Centro Experimental Camacani, Sector Camata se encuentra regionalmente situado en la Unidad morfoestructural Altiplano, la precipitación fue de 702,32 mm (1964-85) promedio de 21 años de observaciones, con una variabilidad de 22,10% y de 1069,5 mm (1984-85) alcanzando a su mayor intensidad en el mes de febrero a 337,6 mm; siendo el año hidrológico más lluvioso 1984-85 con 1069,5 mm y la de menor precipitación 1979-80 con 484,4 mm. El déficit de agua se presenta de abril a diciembre (1964-85) y de mayo a enero (1984-85) de 1027,38 y 704,90 mm respectivamente. Para sustituir esta deficiencia, el suelo cede de las reservas de agua de saturación totalmente, produciéndose a consecuencia de ello la época de estiaje. La calidad de agua freática corresponde a la clase C2S1, de mediana presencia de sales y sin riesgo al exceso de sodio. Pueden suministrarse en la mayor parte de los casos a plantas de moderada tolerancia salina.

En el plano local, Tumi (2005), en la investigación: “Estudio de aguas subterráneas en la Comunidad de Chañocahua, de la Provincia de Lampa”, plantea como objetivo: Evaluar la variación del nivel freático con fin de

aprovechar el recurso hídrico para uso doméstico. La investigación es de tipo experimental. Concluye afirmando la precipitación total media anual 1965 – 1998 es de 689.7mm, alcanzando mayor intensidad durante los meses de diciembre a marzo y los valores más bajos en junio a agosto. Para el año de 1985 la precipitación total anual fue de 1 369.1 mm, y para el mes de febrero es de 433.3 mm. Reservorio acuífero está constituido por material aluvial cuaternario reciente y conformado por arcilla, limo, arenas, grava y canto rodado. Para la evaluación de los niveles freáticos se realizaron un total de 36 pozos de observación para obtener la información de la fluctuación de agua. La principal fuente de alimentación la constituyen las filtraciones de las aguas del lago Sumilla y del río Lampa y micro cuenca de la zona.

En el plano local, Balboa (1999), en la investigación: “Estudio y diseño del sistema de drenaje en la Ciudad Universitaria UNA Puno”, plantea como objetivo: Distinguir las causas que originan la presencia de una napa freática alta, en áreas de la Ciudad Universitaria, Evaluar las fluctuaciones del nivel freático durante las épocas de Estiaje y de Avenida, Establecer, zonas de recarga y descarga de las aguas subterráneas, al acuífero libre de la Ciudad Universitaria. El área urbana de la Universidad Nacional del Altiplano-PUNO, es parte integrante de la microcuenca Llavini, que según el estudio topográfico adquiere una superficie total de 295.45Has, de donde 47.60 Has le corresponde a la Ciudad Universitaria, de los cuales, en 17.34 Has se realizó el presente trabajo de investigación, donde se presenta el problema de drenaje con mayor frecuencia de un nivel freático alto, muy cercanos a la superficie del suelo, en zonas con relieve casi planas y ondulaciones suaves con pendientes variables que fluctúan desde 0.5% a 2% a una altura promedio de 3814msnm. La precipitación media anual calculada a través del método de promedio aritmético, en zonas del área de estudio de la ciudad universitaria alcanzó 704.25mm. De un registro de 37 años hidrológicos (1970-1996) con una variabilidad de 25.39%, alcanzando su mayor intensidad durante el mes de diciembre 92.28mm; enero 149.34mm; febrero 134.97mm y marzo con 127.28mm y niveles más bajos se registró en los meses de junio y julio. El año hidrológico 1995-1996 logró en registrarse una lámina de precipitación total de 702.10mm, alcanzando su mayor resistencia en el mes de enero y febrero con 257.7mm y 130.5mm

respectivamente, de donde se concluye que, el acuífero superficial de la ciudad universitaria se evaluó en un año sub-húmedo.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Agua subterránea

ROJAS, R. (1991); Plantea que, el interés de los estudios de agua subterránea es suministrar la información necesaria acerca de la posición y fluctuación a lo largo de un periodo de tiempo de la tabla de agua, en varios puntos del área problema. Considerando que el agua subterránea no es estática sino dinámica, siendo una de sus características que reacciona a varios factores de recarga y descarga de una manera determinística (relación de causa y efecto) o probabilística, que no permite exactitud en la predicción, sin embargo es tratada generalmente de una manera determinística.

Los principales objetivos de un estudio de las condiciones de agua subterránea que forman parte de un estudio de drenaje pueden definirse como:

- Determinación de la extensión, grado y naturaleza de los problemas de drenaje existente o potenciales.
- Analizar el sistema de agua subterránea y establecer un balance de agua con el cual pueda comprenderse las causas del problema de drenaje.
- Indicar como puede ser alterado artificialmente el sistema de agua subterránea para que el nivel freático pueda ser mantenida a un nivel establecido como parte del objetivo.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. (1991); Manifiesta que las aguas subterráneas al igual que las aguas superficiales, provienen de la precipitación y se encuentran íntimamente ligadas entre si no son indiferentes, el agua subterránea se alimenta de las aguas superficiales vía infiltración y percolación y a su vez puede alimentar la escorrentía superficial a través del afloramiento como manantiales.

2.1.1.1. Tipos de acuíferos

YAP, S.H. (1989); Definen al acuífero como unidad geológica de estructura permeable que permite el almacenamiento y el movimiento de agua a través del material que lo constituye. Asimismo corrobora que, la definición del problema de

agua subterránea, así como la explicación de su solución, requiere de una clara identificación del “medio” o “sistema” en donde se desarrolla el proceso.

CLEARY, R. W. (2001); Un acuífero es toda o una formación geológica capaz de contener y transmitir agua. También se puede definir como el medio poroso, donde se puede almacenar agua y través del cual puede moverse a fluir el agua. Desde el punto de vista de geotécnica hay dos tipos de acuíferos. Los medios porosos consistentes de agregados de partículas individuales tales como arena o grava, son llamados no consolidados, en ellos el agua subterránea ocurre y se mueve a través de los poros. Los medios porosos donde los granos no son conectados el uno al otro se consideran no consolidados. Si los granos se cementan juntos, tales acuíferos son llamados consolidados, como las areniscas, por ejemplo. En las rocas fracturadas, el agua subterránea se mueve a través de las fracturas o fisuras.

En relación con la presencia de estratos permeables e impermeables y de acuerdo al comportamiento hidráulico, se consideran los acuíferos confinados y libres.

a) Acuíferos no confinados o libres

S. SANTAYANA, V. (2002); Esta caracterizada por la presencia de una superficie libre de agua (nivel freático) que constituye su límite inferior, puede ser formación impermeable o semipermeable. La presión de agua en estos acuíferos sigue las leyes hidrostáticas.

Un acuífero se considera libre cuando presenta como límite superior la superficie freática y como límite inferior una unidad del tipo de los acuicludos ("impermeable"). Este tipo de acuífero funciona con una superficie freática a una presión igual a la atmosférica y su espesor varía en el tiempo, esto es, con las fluctuaciones de la superficie freática (Figura 1.1).

Al ser bombeado un acuífero libre, el agua de su almacenamiento se mueve por efecto de la gravedad hacia el nivel freático conforme éste desciende. A este mecanismo se le conoce como "drenaje retardado" y es otra característica de un acuífero libre.

Un acuífero libre presenta ciertas ventajas con respecto a los otros tipos de acuíferos:

- Cede volúmenes de agua muchos mayores por cada metro de abatimiento del nivel freático.
- Presenta mejores condiciones de recarga, por estar totalmente abierto a la superficie en su límite superior

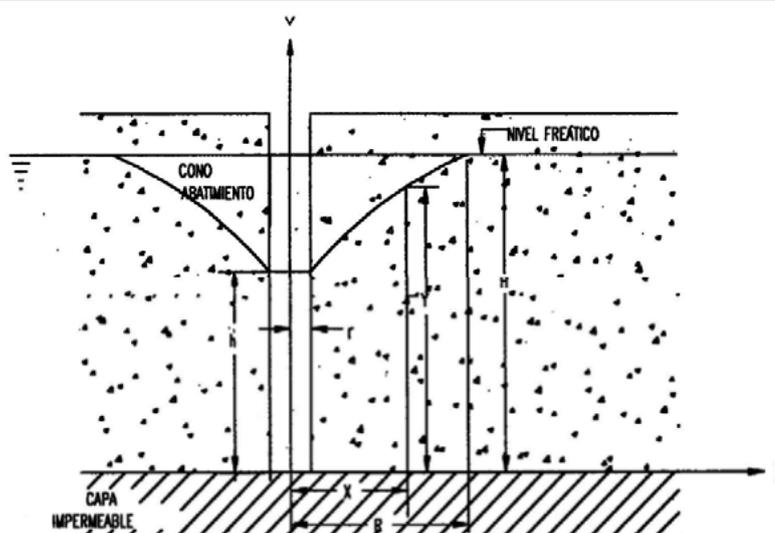


Figura 1.1. Acuífero libre

No obstante, su gran desventaja respecto a los demás acuíferos, es su alto nivel de susceptibilidad a la contaminación proveniente de la superficie del terreno, ya sea por infiltración directa de sustancias líquidas peligrosas y/o por la lixiviación de materiales contaminantes localizados en la superficie del terreno, tales como fertilizantes, desechos sólidos (basura), etc.

A continuación se indican las características principales de los acuíferos libres:

Tiene una superficie freática sin presión, debido a que cuentan con una superficie libre y con comunicación directa con la atmósfera (la presión sobre la superficie freática es igual a la presión atmosférica)

Su espesor, así como la temperatura del agua, su mineralización y el caudal asequible dependen de fluctuaciones estacionales climáticas, durante

el transcurso de los años; si son de gran espesor (>1000 m) se manifestarán diferentes sistemas de flujo subterráneo y en consecuencia, aguas de diferente calidad físico-química.

La recarga se produce por:

- La infiltración de las precipitaciones atmosféricas
- La infiltración de las aguas de los ríos, lagos y canales
- La condensación de los vapores de agua dentro del terreno
- El movimiento lateral de agua procedente de otros acuíferos.

b) Acuíferos confinados o artesianos

LOHMAN, S. (2006); Se trata de una formación permeable comprendida entre dos estratos impermeables; es decir, están limitados superior e inferiormente por capas impermeables o confinantes, que mantienen el agua a presión, por lo que el flujo en este tipo de acuíferos es a presión, como en las tuberías.

Un acuífero confinado es aquel que se encuentra limitado en su parte inferior y superior por unidades geológicas "impermeables" (acuifugos o acuicludos). En un acuífero de este tipo, la presión del agua es generalmente más elevada que la presión atmosférica, de ahí que también se les conozca como "artesianos" (Figura1.2). A diferencia de los acuíferos libres, en los pozos perforados en estos acuíferos, el nivel piezométrico se eleva por encima del techo de los mismos.

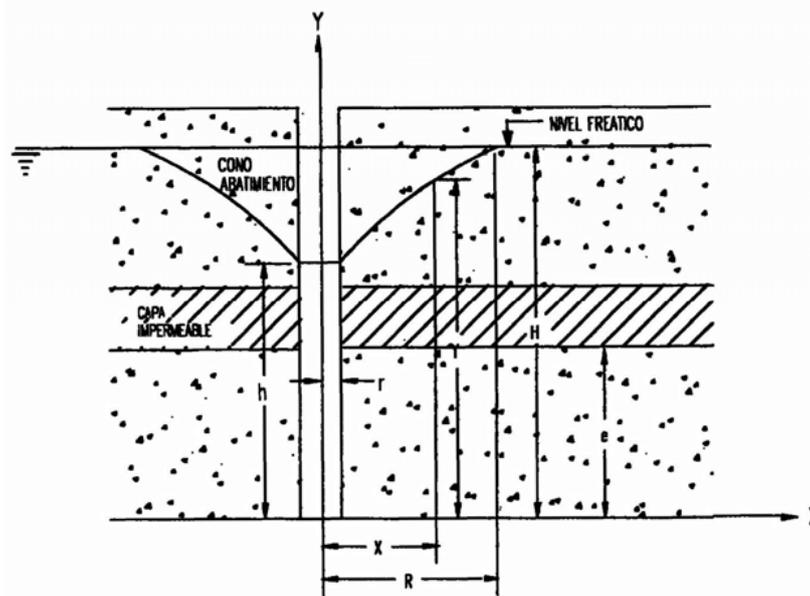


Figura 1.2. Acuífero confinado.

La superficie imaginaria a la cual se eleva el agua en los pozos localizados en los acuíferos confinados se llama "superficie piezométrica", dicha superficie puede localizarse por encima o por debajo de la superficie del terreno. Cuando se perfora un pozo en un acuífero confinado, en donde la superficie piezométrica se localiza por encima de la superficie del terreno, el agua fluye libremente a una cierta presión superior a la atmosférica, dando lugar a lo que se conoce como pozo artesiano surgente. El nombre de "artesiano" debe su origen a Artois, provincia septentrional de Francia, en donde se sabe que se perforaron los primeros pozos profundos que manifestaron esta particularidad.

Usualmente, el agua que recarga a un acuífero confinado entra a él en un área donde la formación o unidad geológica que lo constituye se encuentra comunicada hidráulicamente y a una elevación mayor con respecto a la superficie del terreno. Esta zona se llama de recarga y en ella, el acuífero es libre. Los acuíferos confinados también pueden recibir agua del subsuelo procedente de filtraciones, a través de las capas confinantes y en intersecciones con otras capas acuíferas cuyas áreas de recarga están a nivel del terreno y a una mayor elevación topográfica.

Algunas características de los acuíferos confinados son:

- Generalmente se localizan a mayor profundidad que los acuíferos libres, en horizontes o capas acuíferas localizadas entre acuicludos
- Las regiones de recarga y las áreas de manifestación de la presión en el agua (pozos artesianos), se encuentran a menudo, alejadas una de otra
- El nivel piezométrico en pozos perforados en acuíferos confinados, sobrepasa el techo del acuífero
- El régimen de flujo en los acuíferos confinados es más estable que en los acuíferos libres, su nivel piezométrico se halla poco influenciado por fluctuaciones climáticas estacionales

c) Acuíferos semiconfinados

CASTANY, G. (1986); Es un estrato permeable completamente saturado que tiene como límite superior un estrato semipermeable y límite inferior un estrato permeable y semipermeable.

PULIDO, C. (1993); Define al acuífero como una unidad geológica de estructura permeable que permite el almacenamiento y el movimiento del agua a través del material que los constituye y fundamenta a dos grandes tipos de acuíferos principales:

- Acuitardo.- Es la formación geológica que transmite muy lentamente el agua (estrato semipermeable).
- Acuicludo.- Es la formación geológica que tiene agua pero no la transmite (estrato impermeable).
- Acuifugo.- Es la formación geológica que no tiene agua ni la transmite.

Un acuífero semiconfinado es aquel que se encuentra limitado, tanto superior como inferiormente, ya sea por acuitardos, o por un Acuitardo y un acuifugo independientemente de su posición. En este tipo de acuíferos el agua se mueve libremente de los acuitardos que lo limitan, ya sea en dirección ascendente o descendente.

Bajo condiciones de flujo no estacionario en un acuífero semiconfinado, el nivel de agua en un pozo perforado en este tipo de acuífero, puede coincidir con el nivel freático en el acuitardo sobreyacente, o bien alcanzar alturas superiores o inferiores a dicho nivel (Figura 1.3).

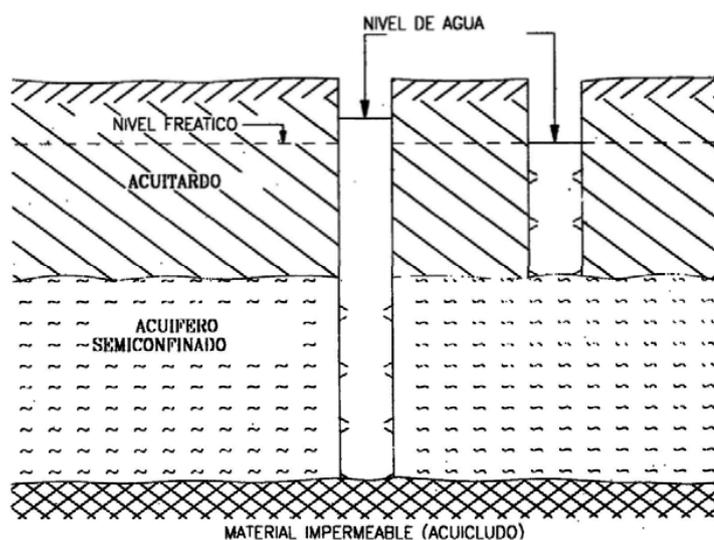


Figura 1.3. Acuífero semiconfinado.

2.1.1.2. Propiedades hidráulicas de los acuíferos

Los acuíferos presentan ciertas características con las cuales se debe estar familiarizado para poder seguir cualquier tema relacionado con el movimiento de agua en un medio poroso.

2.1.1.2.1. Conductividad hidráulica o permeabilidad (K)

Se conoce como conductividad hidráulica (K) a la cantidad de agua, que bajo condiciones físicas específicas, circula a través de una sección de área unitaria normal al sentido de flujo, bajo un gradiente hidráulico unitario.

SANTAYANA, S. (2002); Es la propiedad relacionada con la facilidad que ofrece el medio poroso al movimiento del agua depende tanto de las propiedades del fluido como de la matriz sólida. En el aprovechamiento del agua subterráneo se define como el flujo de agua a través de un área unitaria transversal a la dirección del flujo bajo un gradiente hidráulico unitario a la temperatura de 20 ° C. tiene dimensiones de L/T y comúnmente se expresa en Cm/s, m/s o m/d, representa en factor (K) en la ley de Darcy.

$$V = K * i$$

Donde:

V= Velocidad del flujo (m/s) o descarga específica

i= Gradiente Hidráulico

K = Conductividad Hidráulica (m/día)

LOHMAN, J. (2006); Es definida como un medio determinado tiene una conductividad hidráulica de longitud unitaria por unidad de tiempo si transmite en la unidad de tiempo un volumen unitario de agua subterránea a la viscosidad que esta se encuentra a través de una sección de área unitaria normal a la dirección del flujo y bajo un gradiente de carga hidráulica unitaria.

MOOG, J. (1986); La permeabilidad de un acuífero viene a ser la capacidad de un medio poroso para transmitir agua. El movimiento del agua de un punto de presión o carga entre dos puntos, esta diferencia de presión es el resultado de la resistencia por fricción que se desarrolla entre los pozos del material cuando tiene lugar el flujo.

2.1.1.2.2. Transmisibilidad (T)

La transividad es una propiedad que ha tenido relevancia práctica en la evaluación de los acuíferos. Ésta determina directamente el rendimiento del espesor acuífero que atraviesa el aprovechamiento hidráulico. A través de ella se pueden calcular la cantidad de agua que puede proporcionar un acuífero en una sección de interés determinada o estimar el rendimiento probable de una captación. Sin embargo esta propiedad no describe satisfactoriamente la velocidad real de movimiento del agua subterránea, tan necesaria para plantear y resolver problemas de movimiento de contaminantes.

Se define como el caudal que se filtra a través de una franja vertical de terreno en una unidad de ancho y la altura igual a la del manto permeable saturado bajo una unidad de gradiente a una temperatura fija determinada se expresa en m/día, de donde:

$$T = mK$$

Donde:

T= Transmisibilidad (m²/día)

K= Conductividad hidráulica (m/día)

m = Espesor del acuífero saturado (m)

GARCIA, M. O. (1998); Define al coeficiente de transmisibilidad como el caudal del flujo de agua en m²/día a través de una franja vertical del acuífero de un metro de ancho y que se extiende por todo el espesor saturado con pendiente hidráulica 100% a la temperatura de 20°C.

2.1.1.2.3. Coeficiente de almacenamiento (s)

El coeficiente de almacenamiento es un concepto que determina la capacidad que tiene un acuífero, para almacenar o ceder agua, misma que depende de manera directa, tanto de las características físicas del agua, como de las condiciones petrofísicas e hidráulicas del acuífero, así como de las presiones a las que se encuentra sometida el agua (presión intersticial o de poro) y las partículas granulares (presión intergranular o efectiva), que en general se consideran constantes, salvo que sean modificadas de manera artificial. Así por ejemplo, si el nivel piezométrico desciende, la presión intersticial disminuye y la intergranular aumenta y las moléculas del agua se expanden, provocando que los materiales se compriman o compacten. Al contrario, si el nivel aumenta, la presión intersticial aumenta y la intergranular disminuye, provocando que los materiales se expandan. Por lo anterior, los materiales que forman un acuífero, ceden o retienen cierta cantidad de agua, según ascienda o descienda el nivel del agua subterránea.

El coeficiente de almacenamiento (S) se define como la cantidad de agua que libera (o toma) una columna del acuífero, de sección horizontal unitaria y altura igual a su espesor saturado, cuando la carga hidráulica desciende (o asciende) una unidad (Figura 1.4).

Por lo anterior S, es un coeficiente adimensional.

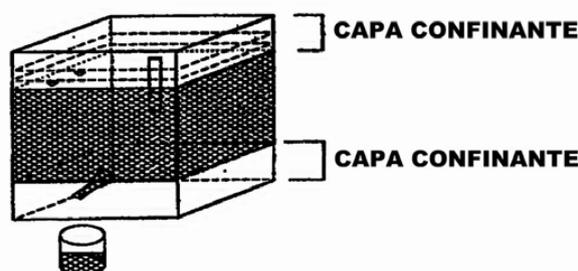


Figura 1.4. Coeficiente de almacenamiento

El coeficiente de almacenamiento en acuíferos confinados, varía entre 10^{-3} y 10^{-5} intervalo muy reducido y de valores pequeños, debido a que la compresión afecta muy poco a los materiales que los forman y el volumen de agua que ceden es pequeño. Sin embargo, cuando el acuífero es libre, una cantidad adicional de agua es cedida (o retenida) por el vaciado (o llenado) de los espacios abiertos, dicha cantidad está representada por el rendimiento específico del material que forma el acuífero libre. En general, se establece que el coeficiente de almacenamiento para acuíferos libres varía entre 5×10^{-3} y 3×10^{-1} , prácticamente equivalente al rendimiento específico de los mismos.

De lo anterior se infiere que un acuífero libre proporciona mucho más agua, por unidad de abatimiento, que un acuífero confinado, aun cuando ambos estén litológicamente compuestos por el mismo material y presenten dimensiones idénticas, es por ello que la baja capacidad de almacenamiento de los acuíferos confinados, es una de sus principales desventajas. El coeficiente de almacenamiento en acuíferos confinados se puede obtener mediante la ecuación. Su definición está basada en que S representa el valor promedio de respuesta de la parte del acuífero afectada por el bombeo.

$$S = S_s b$$

En donde:

S = Coeficiente de almacenamiento promedio del acuífero confinado

(adimensional)

S_s = Coeficiente de almacenamiento específico del acuífero confinado (m-1)

b = Espesor saturado del acuífero confinado (m)

El coeficiente de almacenamiento específico (S_s), se define como la cantidad de agua liberada o retenida por un volumen unitario de material del acuífero confinado, cuando el nivel del agua subterránea desciende o asciende una unidad, S_s , se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$S_s = \rho g (\alpha + n\beta)$$

En donde:

S_s Coeficiente de almacenamiento específico (m-1)

ρ = Densidad del agua (kg/m³)

g = Valor de la aceleración de la gravedad (=9.81 m/s²)

α = Compresibilidad del acuífero (Pascales-1)

n = Porosidad del acuífero (adimensional)

β = Compresibilidad del agua en el acuífero (Pascales-1)

Al realizarse un análisis dimensional de la ecuación, se observa que las unidades que le corresponden a S_s son de longitud al menos uno (L^{-1}). Esta ecuación es de aplicación restringida a casos en donde no se cuenta con pruebas de bombeo; no es recomendable el uso posterior de las ecuaciones, especialmente cuando se obtienen valores del coeficiente de almacenamiento mayores a la unidad ($S_s \geq 1.0$).

CLEAR, R. (2001); En los acuíferos libres el coeficiente de almacenamiento (S) es igual a la porosidad eficaz o efectiva, es decir el volumen de agua que se extrae de una unidad de acuífero saturado.

Mientras que en los acuíferos cautivos o confinados entran en juego los efectos mecánicos de comprensión del terreno o de la propia agua que circula si se supone un acuífero formado por incompresibles al disminuir la presión del agua

por bombeo el agua del acuífero se expansiona. En columna de acuífero de sección unitaria y altura total saturada (D) al disminuir una unidad del nivel piezométrico se obtiene un volumen de agua.

$$S = D \times Ss$$

Donde:

S = Coeficiente de almacenamiento

D = Espesor del acuífero (saturado)

Ss = Almacenamiento Específico

2.1.1.3. Nivel freático

ROJAS, R. (1991); Conceptúa, al nivel freático, como el espejo de agua presente en la parte superior de la zona de saturación; por lo que su estudio es indispensable tomar en cuenta los niveles de superficie de agua que está en conexión libre con el agua subterránea, cuyas observaciones deben ser hechas a través de:

- Pozos de observación.
- Pozos existentes / abandonados.
- Piezómetros.
- Superficie de agua (lagos, drenes, canales, arroyos, manantiales, etc.).

LUTHIN, J. (2001); Establece que la investigación de la napa freática, es una parte importante con mayor interés, de cualquier investigación de drenaje; por lo que se instalan pozos de observación en distintos puntos de la zona de problema y en diferentes estratos del suelo, con fines de determinar posteriormente la posición y fluctuación de la napa freática.

LINSLEY, R. (2004); Afirma que, la tabla de agua de un acuífero no confinado es el lugar geométrico de los puntos donde la presión hidráulica es igual a la presión atmosférica. Por encima del nivel freático esta la zona vadosa en la cual los poros del suelo pueden contener aire o agua; por esta razón se llama zona de aireación; en la zona freática, por debajo de la tabla de agua, los intersticios están llenos de agua por lo cual esta se denomina zona de saturación.

YAP, S. H. (1989); Considera a la superficie freática como la zona de transición de presiones positivas y negativas, derivados del Status de agua libre y agua capilar respectivamente en el perfil del suelo; en donde la superficie de presión esta en equilibrio con la presión atmosférica.

CASTANY, G. (1986); Afirma que, las capas acuíferas son fijadas por los niveles de alimentación y de drenaje, los cuales imponen los puntos superior e inferior de su perfil de depresión, el perfil de equilibrio entre dos puntos está determinado por las características hidrológicas de la capa acuífera y por la relación alimentación drenaje.

Los mantos aluviales son alimentados esencialmente por la pluviometría y por los horizontes acuíferas subterráneos.

Una napa de superficie piezometrica representa la posición de la superficie freática por medio de curvas de igual altura llamadas: ISOPIEZAS, ISOLINEAS, HIDROISOIPSAS, etc. Los que permiten determinar:

- La profundidad de la superficie piezometrica.
- Trazar las líneas de corriente y determinar la dirección del movimiento de las aguas subterráneas.
- Determinar el gradiente hidráulico.
- Construir el perfil de depresión; cuya interpretación conduce a conclusiones importantes sobre las características hidrológicas de las capas acuíferas y sobre la relación Recarga y Descarga.

2.1.2. Pozos de observación

LUTHIN, J. (2001); Define que, un pozo de observación es uno de los medios más útiles que se puedan emplear en la investigación de drenaje de cualquier tipo; pues mediante esta es posible determinar las fluctuaciones del nivel freático, dirección del flujo, zonas de recarga y descarga, etc. El tipo, la localización y la cantidad de pozos de observación instaladas por el investigador puede depender del tipo de

información que se necesite. El tipo más común es un pozo ordinario perforado verticalmente en el terreno con ayuda de un barreno.

ROJAS, R. (1991); Afirma que, los pozos de observación son colocados en puntos del área problema para permitir una observación periódica de los niveles de la tabla de agua. El propósito de los pozos es permitir la medición de los altos y bajos niveles de agua dentro de ciertos límites. Generalmente es perforado con barreno manual hasta una profundidad tal que cubra el mínimo nivel esperado de la tabla de agua, por lo que es necesario entubarlos, para evitar su desmoronamiento, debido a que la mayoría de ellos son perforado en materiales que no permanecen estables, más aun si consideramos que estos pozos deben ser mantenidos por un periodo de algunos años.

En el entubado del pozo, pueden ser usados muchos tipos de materiales, dependiendo de la disponibilidad, costos y duración del estudio. El material más utilizado es de plástico, PVC (cloruro de polivinilo) debido a su fácil manipulación, bajo peso y durabilidad a las condiciones de humedad; con diámetros que pueden variar de $\frac{3}{4}$ " a 2" pulgadas, dependiendo de la profundidad de instalación.

Para evitar la entrada de material fino al tubo y que obstruya los orificios, se debe colocar en el extremo inferior de la tubería un corcho o tapón y las ranuras o perforaciones en el contorno del tubo, deben ser cubiertos con un forro de una tela de bajo costo, de manera que actúe como filtro.

2.1.3. Evaluación del nivel freático

ROJAS, R. (1991); Afirma que, en cada pozo de observación instalada, se debe realizarse periódicas mediciones, a una frecuencia una o dos veces por mes, en caso de existir rápidas fluctuaciones a causa de intensas precipitaciones, la frecuencia de evaluación deberá ser incrementada a una o dos veces por semana; con la finalidad de frecuentar con gran precisión el incremento o la reducción actual del nivel de agua. Todas las mediciones del nivel de agua deben ser tomadas desde un punto de referencia que puede ser el extremo o cabeza del pozo de observación previamente acotada con referencia al nivel medio del mar.

Todo dato a nivel de agua observado puede ser convertido a:

- Profundidad debajo de la superficie del terreno.
- Elevación absoluta por encima o por debajo del nivel medio del mar.

Existen varios métodos para medir la profundidad a la cual se encuentra el nivel de agua, dentro de éstas los más utilizados son:

- **Registro indicador automático.-** Consiste de un flotador y un contrapeso conectados a un registrador. Tiene la ventaja que el registro puede ser ajustado para diferentes longitudes de periodos de observación.
- **Método de Cinta graduada.-** Este método consiste de una cinta de acero graduada en milímetros, la cual tiene un peso en su extremo para mantenerla recta dentro del pozo. Para facilitar la lectura de la cinta se marca con tiza, se introduce dentro del pozo, hasta que el peso se encuentra debajo del nivel de agua, se extrae y puede leerse fácilmente por el humedecimiento de la tiza.

Los datos recabados de las variaciones del nivel del agua, son usados para determinar:

- La fluctuación puntual del nivel de agua subterránea (hidrogramas).
- Para establecer la configuración de la tabla de agua y de la superficie piezométrica.
- Para establecer la dirección del movimiento del agua subterránea.
- Para localizar áreas de recarga y descarga.

2.1.4. Realización de hidrogramas de pozos

YAP, S. (1989); Afirma que, al haberse establecido una red de observación, las mediciones del nivel de agua deberán hacerse por un periodo de algunos años, incluyendo preferentemente los años secos y húmedos. Una vez que se tengan suficientes lecturas aprovechables, deberá analizarse sistemáticamente los hidrogramas de todos los puntos de observación, la comparación de estos hidrogramas permitirán distinguir diferentes grupos de pozos y piezómetros.

La amplitud de las fluctuaciones del nivel de agua en los pozos no necesariamente deberá ser la misma pero deberán mostrar una gran similitud. Las lecturas del nivel de agua en ciertos pozos en un grupo, deberán

correlacionarse con aquellos pozos de ese grupo. Para calcular la correlación existente entre pozos de observación y piezómetros es comúnmente usado el método de correlación lineal; el procedimiento del método consiste en seleccionar dos pozos o piezómetros que tengan la misma tendencia en los niveles de agua y trazar un diagrama de las fluctuaciones, ploteando los niveles de agua de un pozo contra los datos del otro y hacer un análisis de regresión múltiple; esto conducirá a reducir la cantidad de mediciones y a reducir la frecuencia de observación en un número de pozos; por ejemplo, las mediciones podrán tomarse una vez en cada estación en lugar de una o dos veces al mes.

ROJAS, R. (1991); Establece que, un hidrograma de un pozo de observación, con las lecturas del nivel de agua en un periodo determinado, son fundamentales para evaluar las condiciones del agua subterránea puesto que suministran muchas informaciones fundamentales como se menciona:

- Los hidrogramas que cubren varios años, dan una idea de la tendencia del comportamiento del agua subterránea, caso característico de la recarga y descarga del acuífero.
- La tasa de elevación o descenso del nivel freático.
- En combinación con la información de los otros componentes del balance de agua como precipitación, riego, bombeo, etc. Estos hidrogramas pueden ayudar a componer las causas de las fluctuaciones del nivel de agua.
- Las fluctuaciones cortas, relativas a bombeo de un pozo o al cambio del nivel de agua en cauces abiertos, pueden usarse para calcular las propiedades hidráulicas del acuífero.

2.1.5. Elaboración de planos de isohypsas

ROJAS, R. (1991); Define que, los planos de la superficie freática denominados como planos de isohypsas o líneas equipotenciales, son preparados para una época específica o para una estación del año, mayormente se acostumbra acondicionar sobre un plano topográfico, donde es localizado los pozos de observación y sus niveles absolutos de agua, que al unirse todos los puntos de igual elevación de la superficie freática se obtienen las líneas isofreáticas.

Los planos de niveles freáticos nos permite determinar la configuración de la superficie freática, la dirección y el gradiente hidráulico y Áreas de recarga y descarga de aguas subterráneas.

CASTANY, G. (1986); Define que, un plano de superficie freática representa la posición de la superficie freática por medio de curvas de igual altura freática denominada como hipsométrica, isolíneas o isopiezas; por consiguientes son curvas que permiten determinar:

- Trazar las líneas de corriente y determinar la dirección del movimiento de las aguas subterráneas.
- Calcular la profundidad de la superficie piezométrica.
- Determinar el gradiente hidráulico.

2.2. HIDRAULICA SUBTERANEA

2.2.1. Ley de Darcy

La ley de Darcy es una de las bases más importantes en el análisis de comportamiento y movimiento del agua en el subsuelo. De acuerdo a esta ley, el flujo de un fluido a través de un medio poroso de área A, es directamente proporcional a la pérdida de carga hidráulica y a un coeficiente K, e inversamente proporcional al trayecto recorrido (figura 1.7) de tal forma que la ley de Darcy se expresa como:

$$Q=KiA$$

o bien

$$Q / A = V_d = K i$$

Donde:

Q =Gasto (m³/día)

K =Constante de proporcionalidad, conductividad hidráulica (m/día)

i = Gradiente hidráulico (adimensional)

A = Área transversal perpendicular al flujo (m²)

V_d = Velocidad aparente de flujo (m/día), también conocida como "Velocidad de Darcy".

El coeficiente K de la ley de Darcy, es una constante que depende de las propiedades del medio poroso (k), del fluido (p/v) y de la aceleración de la gravedad (Figura 1.5).

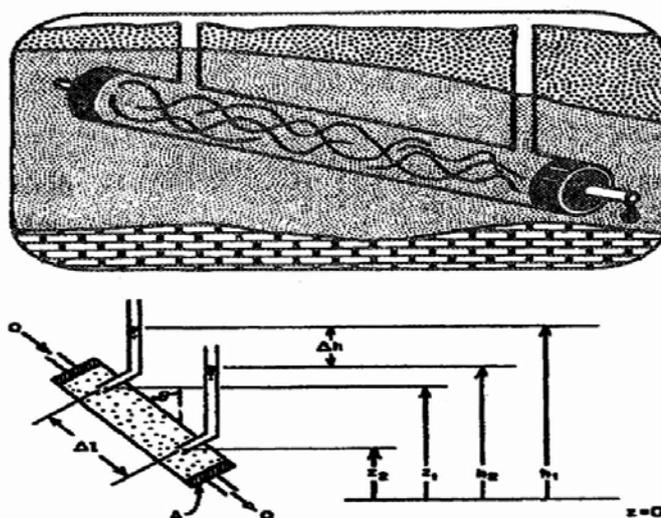


Figura 1.5. Instrumento experimental que ilustra la Ley de Darcy

Se han desarrollado dos tipos de ecuaciones en la hidráulica de pozos que describen el movimiento del agua subterránea hacia un pozo de bombeo en condiciones de flujo permanente y transitorio.

a) Régimen permanente

El flujo en régimen permanente es independiente del tiempo. Esto significa que el nivel del agua al fluir hacia un pozo, no cambia con el tiempo. El flujo en régimen permanente se presenta, cuando el acuífero bombeado presenta recarga proveniente de fuentes externas, las cuales pueden ser la infiltración de la precipitación pluvial, drenaje a través de acuitardos, o de cuerpos abiertos de agua con los cuales se tenga conexión hidráulica o contacto directo. En la práctica, se dice que se llega a un flujo en régimen permanente, si los cambios en el nivel del agua en el pozo de bombeo y los piezómetros de observación son tan pequeños, conforme pasa el tiempo, como para no ser medibles, ni apreciables, de tal forma que pueden ignorarse. Conforme el bombeo continúa, el nivel del agua puede descender más adelante, no

obstante el gradiente hidráulico inducido durante el resto del bombeo puede no cambiar. En otras palabras, el flujo hacia el pozo ha alcanzado un régimen permanente.

b) Régimen transitorio

El régimen transitorio es una función del tiempo y se presenta al momento de iniciar el bombeo, hasta que se alcanza el flujo en régimen permanente. Consecuentemente, si se tiene un acuífero de dimensiones infinitas, horizontal, completamente confinado, de espesor y condiciones de bombeo constantes, el flujo transitorio se mantendrá indefinidamente. En la práctica el flujo es considerado en régimen transitorio, mientras se presenten y sean medibles cambios en el nivel del agua, tanto en el pozo de bombeo, como en los piezómetros de observación o, en otras palabras, en tanto que la variación del gradiente hidráulico sea apreciable y pueda ser medido.

2.3. EXPLOTACION DE AGUA SUBTERRANEA

AMISIAL, R. (2000), indican que con el fin de dar un manejo más racional a los recursos hidráulicos, se realizan estudios de prospección del agua subterránea. De los distintos métodos de explotación utilizados se mencionan algunos de los que más se utilizan.

La exploración geológica, hace uso de la petrografía para el análisis de la porosidad y permeabilidad de las rocas. La estratigrafía interesada en la determinación del espesor de las diferentes capas acuíferas, la geología estructural que se ocupa de la localización de zonas de fracturación de las rocas, la geomorfología que permite sacar información estratigráfica valiosa. La exploración hidrogeológica consiste en la determinación de las zonas de recarga de agua. La prospección su superficial o sondeos de reconocimiento, consiste en la realización de una perforación que proporciona informaciones más seguras y confiables que los métodos de superficie.

2.4. PRUEBAS DE BOMBEO

AMISIAL, R. (2000). Los ensayos o pruebas de bombeo es uno de los más útiles medios para determinar las propiedades hidráulicas de acuíferos y capas confinantes. Se pueden obtener resultados fidedignos que en general son

representativos de una superficie mayor que los obtenidos, por medio de observaciones puntuales o de superficie.

Una prueba de bombeo, puede servir para dos objetivos, principales:

- En primer lugar, para determinar las características hidráulicas de acuíferos o de capas que transportan agua.
- En segundo lugar, un ensayo por bombeo puede proporcionar Información sobre el rendimiento y el descenso del nivel de agua en el pozo. Estos datos, pueden ser utilizados para determinar la capacidad específica o la relación descarga-descenso del pozo.

KRUSSEMAN G.P. (2003). Para la determinación de los parámetros hidrogeológicos como: permeabilidad, transividad y el coeficiente de almacenamiento; existen diferentes métodos de cálculo para condiciones de flujo en régimen permanente y variable, para acuíferos de extensión infinita y aplicado a acuíferos libres, confinados, semiconfinados y semilibre, en condiciones corrientes de campo sin considerar límites de barreras, recarga o forma de acuíferos; se basan en los siguientes supuestos.

- El acuífero, tiene una extensión superficial infinita.
- El acuífero en el área influenciada por el ensayo de bombeo es homogéneo, isótropo y de espesor uniforme.
- Antes de bombear la superficie piezométrica y/o superficie freática son casi horizontales en el área influenciada por el bombeo.
- Se bombea el acuífero o caudal constante.
- El pozo, penetra totalmente en el acuífero y recibe agua de todo el espesor del acuífero, siendo el flujo horizontal.
- Partiendo de estos supuestos, se procede a efectuar la prueba de bombeo a caudal constante. Las medidas a tomar durante la prueba son: tiempo, medidas del nivel de agua en el pozo de la prueba y en el pozo de observación.

2.4.1. Propiedades hidráulicas del acuífero libre durante el bombeo

El bombeo de un acuífero libre provoca un movimiento de agua hacia el pozo y crea un cono de abatimiento en el nivel freático. Conforme el tiempo de bombeo continúa, el cono se expande y profundiza y el flujo hacia el pozo presenta componentes descendentes verticales cada vez más fuertes.

Cuando las diferencias de abatimiento son insignificantes con el transcurso del tiempo, puede emplearse el método de Thiem-Dupuit para calcular la transmisividad de un acuífero libre.

Thiem, hidrólogo alemán, utilizó las relaciones de Dupuit, y basándose en dos pozos de observación, durante el bombeo en un tercer pozo. El punto de partida es el estado estático, el flujo entero del pozo Q es el mismo que cruza la superficie vertical de un cilindro que penetra por completo al acuífero y tiene al pozo en su eje central de simetría. La expresión que estableció para acuíferos confinados es la siguiente:

Para que pueda emplearse con mayor seguridad este método, deben cumplir lo siguiente:

- El acuífero es isótropo
- El flujo en dirección al pozo es estacionario
- Las hipótesis de Dupuit se cumplen cuando:
 - El flujo es horizontal
 - El gradiente que origina el movimiento del agua está definido por la pendiente de la superficie freática
 - La velocidad es constante a lo largo de una misma sección vertical.

a) Parámetros de bombeo

- **Abatimiento.-** Es la distancia entre el nivel estático del agua y el nivel bombeo en el pozo.

- **Radio de influencia.-** Es la distancia desde el centro del pozo al límite del cono de depresión. Es más grande para conos de depresión que rodean pozos artesianos que para pozo ordinario. También es mayor en formaciones de alta transmisibilidad, comparada con las de baja transmisibilidad.
- **Nivel estático.-** Es la distancia desde la superficie del terreno al nivel de agua en el pozo cuando no se bombea o no está afectado por el bombeo de otros pozos. El nivel estático varía por las recargas y descargas debido a sequías, lluvias excesivas, etc.
- **Nivel dinámico.-** Es aquel que se obtiene después de un cierto tiempo de bombeo.

2.5. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO

El concepto de la calidad del agua se refiere a las características de las aguas que pueden afectar su adaptabilidad a diferentes usos específicos, que varía significativamente según el tipo y la cantidad de sales disueltas en una unidad relativamente pequeñas con gran significancia, tiene su origen en la disolución o meteorización lenta de las rocas (caliza), suelos y de otros minerales transportadas por las aguas y depositadas en el subsuelo, donde se acumulan a medida que el agua se evapora o es deprimido el nivel freático.

La concentración total de sales solubles, se puede expresar en ppm, gr/l, meq/l o CE en mmhos/cm, el cual nos da un índice sobre el grado de salinidad presente.

SANTAYANA S. (2002); La hidrogeoquímica se refiere al estudio de la calidad química del agua subterránea y la relación entre los parámetros hidrogeoquímicos (composición química, conductividad hidráulica, PH, dureza, etc.) con los materiales con los materiales por donde circula el agua. El comportamiento de la calidad química de las aguas es muy importante por sus aplicaciones al suministro de agua potable, como también por su utilización con fines de riego, pecuario, industrial, etc. También es muy importante para las consideraciones de diseño de pozos, sobre todo en lo que respecta a la selección de los materiales a ser empleados en la entubación y filtros.

La calidad de agua se define entonces, por la concentración de los elementos químicos disueltos y de acuerdo a los que estos pueden causar, se establece sus propiedades de utilización, para los diferentes usos.

2.6. SUELO

ROJAS R. (1991), La fertilidad de un suelo depende de las características físicas y químicas de éste. Entre las primeras se puede mencionar textura, estructura, profundidad y pendiente mientras que en las químicas están la materia orgánica, el pH, la salinidad, la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de saturación de bases.

2.6.1. Estructura y textura del suelo

a) Estructura del suelo

- Define el estado de agregación de las partículas componentes minerales u orgánicas. Depende de la disposición de sus partículas y de la adhesión de las partículas menores para formar otras mayores o agregados.
- La permeabilidad del suelo al agua, aire y a la penetración de las raíces también depende de la estructura.
- A diferencia de la textura la estructura puede ser cambiada ejemplo: la rotación del cultivo.
- Estabilidad estructural: Es la resistencia de los granos a disgregarse en condiciones de humedad.

b) Textura de suelos:

La textura será dada por las porciones finas que contiene el suelo al deshacer un terrón. Existen clases de partículas: arena, limo y arcilla.

Dimensiones: Arena: 2mm – 0.05mm * limo 0.05mm – 0.02mm * arcilla de 0.02mm a menos.

La textura estará determinada por el porcentaje en que se encuentran las partículas en una porción de suelo.

- Suelo franco: los componentes finos se encuentran en iguales proporciones aproximadamente (teórico).

- Franco arenoso: proporción mayor de arena.
- Franco arcilloso: proporción mayor de arcilla.

2.7. SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO POR GOTEO

2.7.1. El riego por goteo

El riego localizado o riego por goteo es la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular. Sus principales características son: - utilización de pequeños caudales a baja presión - localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión - al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a dosis pequeñas.

GARCIA, M. (1998), Un sistema de riego por goteo es aquel donde se aplica agua, algunas veces se aplica el agua mezclado con la solución que contiene nutrientes, dentro o sobre el suelo directamente a cada planta en forma individual, los emisores (goteros) que son anexados a la línea lateral suministran las necesidades del agua a cada planta.

Con un sistema de riego por goteo, el agua puede ser suministrada a la planta con base en una baja tensión y una alta frecuencia, con la cual se crea un ambiente óptimo de humedad necesaria en el suelo. El riego por goteo puede darse mediante dos formas. Uno con goteros y bolsas negras y el otro con cintilla.

Debido a que solamente la zona radicular de la planta es suplida con agua, bajo un apropiado manejo solo una pequeña cantidad de agua se pierde por percolación profunda, consumo por las plantas no beneficiosas, o evaporación desde la superficie del suelo.

- 1) Ahorro de agua: debido al alto control en este posible en este sistema de riego, el agua puede ser aplicada muy eficientemente. Solamente aquella porción del suelo con actividad radicular necesita ser irrigada y las pérdidas por evaporación pueden ser reducidas al mismo.

- 2) Respuesta de cultivo: un alto promedio temporal de nivel de humedad junto con una adecuada aeración de suelo, puede mantenerse con este sistema. Esto resulta en una respuesta favorable de algunos cultivos aumentando su rendimiento y la calidad de sus frutos.
- 3) Ahorro de mano de obra: la mayoría de los sistemas de riego por goteo son permanentes o semipermanentes teniendo así muy bajos rendimientos de mano de obra. Estos sistemas pueden ser automatizados para lograr una reducción adicional en la mano de obra y fertilizantes.
- 4) Uso óptimo y ahorro de fertilizantes: el fertilizante puede ser aplicado a través de un sistema de riego por goteo usando un equipo especial. Debido al alto control que se ejerce sobre el agua, esto puede resultar también en un buen control en la aplicación de fertilizantes, resultando en notables ahorros.
- 5) Menos crecimiento de hierbas: debido a que solo una fracción de la superficie del suelo es mojada con este sistema, se reduce el área disponible para el crecimiento de hierbas y plantas no benéficas. Así, el control necesario para las hierbas es mucho menor que para otros sistemas.
- 6) Mejora la penetración de las raíces: el alto promedio de humedad que se mantiene con un riego por goteo puede aliviar el problema de algunos suelos cuya penetración es mínima o imposible con un bajo contenido de humedad.

GARCIA, M. (1998), Las condiciones básicas para efectuar el riego por goteo según el autor:

- a. Aplicación del agua a la zona radicular de la planta donde se halla % de la risosfe una continua saturación, es decir que se mantiene su capacidad de campo.
- b. Este riego se realiza frecuentemente en forma diurna o bajo la influencia de la luz.
- c. Los riesgos frecuentes son diarios o por lo menos cada 2 o 3 días, esto depende del cultivo con el fin de mantener el perfil del suelo.

- d. Mediante el sistema se aprovecha la fertilización controlada, es decir la aplicación de fertilizantes solubles.
- e. La cantidad de agua a utilizar corresponde al uso real del suelo, además debe de ser totalmente limpia de impurezas o sedimentos.

2.7.2. Ventajas de un sistema de riego por goteo

- a. Economía de agua: Como la eficiencia de riego en un sistema presurizado es mayor, la economía de agua es mayor, lo que nos permite pensar en ampliar el área agrícola con el sobrante de agua.
- b. Uniformidad de riego: Al contar con el sistema de riego y con su red de distribución, se consigue aplicar el agua en forma uniforme en todo el campo, lo cual no es posible con otras técnicas de riego. Esta característica hace que cada planta pueda recibir lo que requiere en agua sin estar expuesta a exceso o déficit, alcanzándose consecuentemente, de ella el logro de su máxima capacidad productiva. En dos palabras: uniformidad de riego significa mayor productividad.
- c. Fertilización: Permite la aplicación de fertilizantes y otros agentes químicos a través de sistemas de riego siendo posible la dosificación en forma precisa a voluntad y con una uniformidad inmejorable.
- d. Control de las malas hierbas: La conducción del agua a través de un sistema cerrado (tubos) y el filtrado cuando se requiere, son las formas como el riego a presión prevé la contaminación y transporte de semillas de mala hierba, a los campos de cultivo.
- e. Incremento sustancial de la producción: Al lograr de una manera muy eficiente, un correcto balance entre las necesidades hídricas y los requerimientos de nutrientes de las plantas, lo que se logra a través de la aplicación de un sistema de riego presurizado se obtienen por lo tanto importantes incrementos en calidad y cantidad de cosecha.

2.7.3. Desventajas de un sistema de riego por goteo

- a. Inversión inicial alta: La inversión inicial es alta pero esta compensada con los ahorros que existen en cuanto a nivelaciones de terrenos, menor empleo de mano de obra para realizar el riego y aplicar fertilizante y lo

más importante hay una respuesta positiva de la planta en lo referente al incremento significativo de la producción.

- b. Fuente de abastecimiento: Es necesario disponer de una fuente de abastecimiento de agua en forma regular.
- c. Energía requerida: El equipo requiere energía eléctrica o energía potencial esta última puede estar dada por un desnivel topográfico de acuerdo a las necesidades del equipo.
- d. Cultivo: No se pueden emplear en todos los cultivos. Alfalfa, trigo, etc o cultivos cuya rentabilidad es baja.

2.7.4. Componentes del sistema de riego por goteo

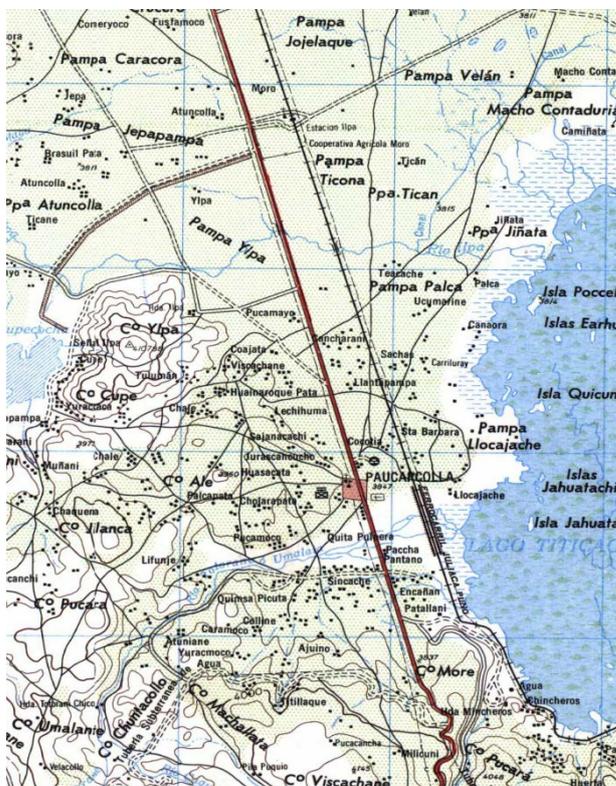
1. Unidad de presión: Al igual que el riego por aspersión es el elemento encargado de generar la presión del agua que requiere el sistema. Esta presión puede conseguirse mediante bombeo (motor y bomba) o por acción de la gravedad siempre y cuando la fuente de agua se ubique a una altura suficiente como para operar nuestro sistema.
2. Cabezal de riego: Es uno de los componentes vitales del sistema y consta de las siguientes partes:
 - Filtros: Encargados de retener las partículas contenidas en el agua con la finalidad de evitar la obstrucción de los emisores de agua (goteros, tuberías perforadas, etc.), debido a que estos poseen pequeños orificios.
 - Medidores de caudal: Nos permite registrar la cantidad de agua entregada al campo.
 - Válvula check: Tiene por objeto evitar el refluo de los fertilizantes diluidos en el agua y que pueden contaminar la fuente de agua (pozo, reservorio, etc.).
 - Válvula de aire: Encargado de extraer el aire de las tuberías y evitar distorsiones del flujo de agua.
 - Equipo de fertilización: Son las unidades que aplican los fertilizantes solubles simultáneamente con el riego. Existen diferentes dispositivos para aplicar los fertilizantes, como pueden ser tanques, inyectoros, venturis, etc.

3. Tuberías principales y secundarias: Están constituidos por conductos que transportan el agua desde la fuente hasta las unidades o subunidades. El material empleado puede ser pvc, polietileno, etc.
4. Terciarios: Las tuberías terciarias, dentro de la sub unidad de riego, son las que llevan el agua a las tuberías laterales.
5. Laterales de riego: Son las tuberías donde van insertados los goteros, o también las tuberías perforadas o tuberías de exudación. El material de estos laterales es generalmente de polietileno de baja densidad y flexible en diámetros de 12, 16 o 20 mm, siendo lo más usual el empleo en los dos primeros diámetros.
6. Los emisores: Los emisores o goteros son los últimos puntos del sistema por donde se aplica agua al suelo de una forma controlada, de su buena selección dependerá lo adecuado del diseño.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación ha sido realizado en el departamento de Puno, en el Distrito de Paucarcolla en lugar Centro Experimental Agraria Illpa, INIA - Puno. La superficie, según plano topográfico para los efectos del presente estudio, es de 420.7350 hectáreas aproximadamente.



3.1.1. Ubicación política

La Estación Experimental Agraria Illpa Puno de INIA, políticamente se encuentra ubicada en:

- Lugar : Estación Experimental Agraria Illpa, INIA - Puno.
- Distrito : Paucarcolla
- Provincia : Puno
- Departamento : Puno

3.1.2. Ubicación geográfica

La Estación Experimental Agraria Illpa Puno de INIA, se encuentra localizado Oeste de la carretera asfaltada Puno – Juliaca, a la altura del Km. 20, y tiene la siguiente ubicación geográfica en el sistema WGS – 84.

- ESTE : 00384783 - UTM
- NORTE : 08266030 - UTM
- COTA : 3827.00

3.2. ASPECTOS GENERALES DEL AREA DEL ESTUDIO

3.2.1. Límites y ubicación de los pozos

El acuífero se encuentra limitado por:

- Por el este con Lago Titicaca
- Por el oeste con Laguna Umayo
- Por el norte está con Distrito de Caracoto.
- Por el sur con Distrito de Paucarcolla.

3.2.2. Área del proyecto

La superficie total de estudio es de 420.7350 hectáreas en donde se encuentra ubicado el pozo N°05, en este Centro Experimental Agraria Illpa INIA Puno.

3.2.3. Fisiografía

Presenta claramente diferenciadas los paisajes ligeramente pronunciadas en donde las pendientes fluctúan entre 0.06% así mismo se observa claramente que área de todo el proyecto de investigación tiene relieve terrestre que se caracteriza por presentar terrenos planos y con ondulaciones suaves y moderadas, áreas con pendientes que oscilan 0 a 0.06%.

3.2.4. Climatología

El clima de la zona de investigación es templado y frígido, semi-seco. Y las temperaturas mínimas se registran en los meses de Junio, Julio y las temperaturas máximas se presentan en los meses de Diciembre a Marzo.

3.2.5. Recursos naturales

- a) **Suelos.-** Los suelos del área del estudio ocupan diferentes posiciones fisiográficas como: franco arcilloso, franco limoso, arenas gruesas, arenas finas, ricos en materia orgánica. La superficie total de estudio es de 420.7350 hectáreas; tierras conducidas bajo secano, de las cuales de los cuales son cultivables en un menor porcentaje y un mayor porcentaje de tierras de pastoreo.
- b) **Ecología.-** Según el estudio reconocimiento realizado, en esta zona experimental de INIA, se caracteriza por tener una microclimas condición que permite el desarrollo de una agricultura con cultivos de quinua y pastos y forrajes y con una ganadería de mayor escala.
- c) **Recurso hídrico.-** La zona de Centro Experimental INIA, tienen muy pocas fuentes de agua, generalmente son provenientes de afloramientos subterráneos, tanto para el uso poblacional como para uso agropecuario. En la zona de estudio, la napa freática se encuentra a una profundidad variable.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Recopilación de información existente

Para el presente estudio de investigación, se realizó la recopilación de las siguientes informaciones existentes:

a) Planos topográficos

- Plano topográfico del área de estudio: Donde se geo referenció los pozos existentes en el área de estudio.
- Carta nacional a escala 1/100,000: Ubicación de la hoja 32-v; Puno

b) Información de datos meteorológicos de SENHAMI – Puno

Para el presente trabajo de investigación se ha recurrido a datos meteorológicos SENHAMI Puno, proporcionados por Centro Experimental Illpa INIA Puno, para lo cual se ha recopilado datos de:

- Precipitación
- Humedad relativa
- Evaporación

c) Características de la cuenca Illpa

La cuenca del río Illpa es una de las cuencas aportantes al Lago Titicaca con 1270.34 Km² de extensión y un perímetro de 203.24 Km, su parte más alta tiene una cota de 4917.57 msnm y se ubica en la parte más alta de Mañazo y su parte baja desemboca al Lago Titicaca, con una altitud aproximada de 3813 msnm. La configuración de la cuenca del Illpa es la de una hoya hidrográfica de fondo plano, la pendiente de los ríos es de 1.12%.

Según la división de las unidades geográficas del Perú del año 2011. La cuenca del río Illpa, limita por el Norte con la cuenca Coata; por el Este con la intercuenca 0175 y Lago Titicaca; por el Sur con la cuenca del río llave y tambo; y por el Oeste con la Cuenca Coata.

Sub cuencas Tributarias para efectos de describir a la cuenca del río Illpa, se procedió a dividir a la cuenca en dos subcuencas, los cuales son: Subcuenca Umayo y Subcuenca Illpa.

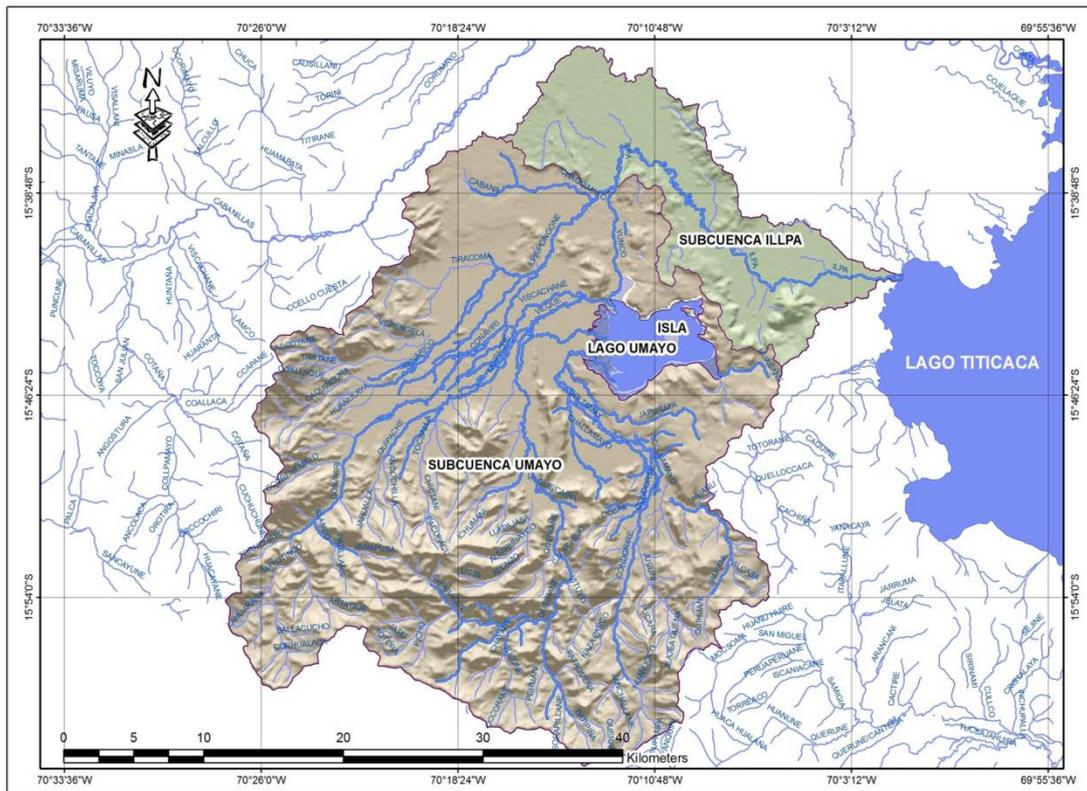
Subcuenca Presa Umayo

Esta sub cuenca tiene una área de 1073.32 km², con un perímetro de 181.22 km, su parte más elevada está en la cota 4917.78 msnm y se ubica en la parte más altas de mañazo y su parte más bajo se ubica en la cota 3831.99 msnm donde confluye con el río yunco.

Subcuenca río Illpa

Esta subcuenca tiene un área de 197.00 km², con perímetro de 103.783 km, y la elevación más alta se ubica a 4075.03 msnm y la parte más baja se ubica a

3813 msnm. Esta sub cuenca abarca desde la confluencia de los ríos Pongone y yunco y forman el río Illpa hasta la desembocadura en el Lago Titicaca. En la zona de la cuenca baja es la que mayormente produce las inundaciones. Ver la figura siguiente: Sub cuencas y Sistema Hidrográfico de la cuenca de río Illpa.



Fuente: INIA – PUNO

d) Perforación del pozo IRHS – N°05 Illpa INIA Puno

▪ **El perfil litológico del IRHS - Pozo n° 05**

El perfil litológico del pozo se muestra en el cuadro siguiente, lo cual especifica las características estratigráficas de acuífero libre del pozo.

HORIZONTES	PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL
H1	0.00 – 5.50m	Capa superficial de sedimentos orgánicos, subyace limos arena fina.
H2	5.50 – 10.00m	Capas intercalados de Gravas arena y limos interpretado como acuífero libre.

H3	10.00 – 16.00m	Limos y arcillas, humedecidos, semi compactados, saturado.
H4	16.00 – 22.00m	Capas de arcilla permeabilidad regular, saturado
H5	22.00 – 28.00m	Horizonte compuesto de calizas intercalados con lutitas porosidad fisural, permeabilidad baja.

Fuente: INIA ILLPA PUNO

▪ **Entubado, colocación de filtros del pozo y de los piezómetros.**

- Pozo N°05, longitud de la tubería entubado de PVC (clase 7.5) de diámetro 4 pulgadas, de una longitud de 27.00 metros.
- Piezómetro N°1 y 2, longitud de la tubería entubado de PVC (clase 7.5) de diámetro 2 ½ pulgadas, de una longitud de 15.00 metros.
- Entre las paredes de la perforación (diámetro externo) tiene material arena gruesa lavada (grava).

e) Material y equipo utilizado

▪ **Materiales De Campo**

- Una wincha de lona de 50 metros de longitud.
- Un cronómetro.
- Una motobomba.
- Hoja de mediciones en campo de las fluctuaciones del nivel freático.
- Hoja de pruebas de bombeo.

3.4. METODOLOGIA

3.4.1. EVALUACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN AREA DE ESTUDIO

3.4.1.1. Inventarios y evaluación de los pozos existentes en el área de estudio

Para la ubicación, instalación y numeración de los pozos se empleó como base de apoyo los planos topográficos a partir de ésta se realizó:

- Reconocimiento de los pozos y numeración.
- Ubicación de los pozos con GPS.

3.4.1.2. Evaluación del nivel freático de los pozos.

Las medidas de la fluctuación del nivel freático, fueron evaluadas por el método de cinta mojada, que consiste en introducir al pozo hasta que el peso se encuentre en un 50% debajo del nivel de agua, el cual tiene un peso en su extremo inferior para mantenerla recta dentro del pozo, luego se extrae tan rápidamente y se puede leerse fácilmente con una precisión a milímetros.

Para obtener la información de la posición y la fluctuación del nivel freático, se toma siempre desde un punto de referencia que es una marca ubicada al borde de pozos en la superficie del suelo. Las medidas del nivel freático fueron evaluados por el método de la cinta mojada que consiste en utilizar un flexometro de acero graduado en milímetros, el cual tiene un peso en el extremo inferior para mantenerla recto dentro del pozo de esta manera se puede leer fácilmente con una precisión al milímetro.

La evaluación del comportamiento del nivel freático se efectuó mensualmente, desde Mayo de 2015 a Octubre de 2015.

CUADRO N° 01. DISTRIBUCION Y UBICACIÓN DE LOS POZOS EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO.

N°	SIMBOLO	LUGAR DE UBICACION
01	P-01	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
02	P-02	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
03	P-03	Centro Experimental INIA ILLPA Puno

04	P-04	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
05	P-05	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
06	P-06	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
07	P-07	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
08	P-08	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
09	P-09	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
10	P-10	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
11	P-11	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
12	P-12	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
13	P-13	Centro Experimental INIA ILLPA Puno
14	P-14	Sector Pampa Ticona
15	P-15	Sector Pampa Palca
16	P-16	Comunidad Campesina Yanico Rumine Mocco
17	P-17	Comunidad Campesina Yanico Rumine Mocco
18	P-18	Comunidad Campesina Yanico Rumine Mocco
19	P-19	Comunidad Campesina Ticani Pampa
20	P-20	Comunidad Campesina Ticani Pampa
21	P-21	Comunidad Campesina Micaela Bastidas de Yanamocco.
22	P-22	Comunidad Campesina Micaela Bastidas de Yanamocco.
23	P-23	Comunidad Campesina Micaela Bastidas de Yanamocco.

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.3. Elaboración de hidrogramas de pozos

Para obtener hidrograma de un pozo de observación se presenta para cada pozo con las lecturas del nivel del agua durante intervalos de tiempo, son fundamentales para evaluar el comportamiento del agua subterránea.

3.4.1.4. Elaboración y evaluación de los planos de isohipsas.

Para la evaluación de los planos Isohypsas se ha evaluado del comportamiento de la superficie freática, en investigaciones de agua subterránea, pueden ser sintetizadas en los siguientes términos:

a.- Dirección del flujo subterráneo

A través del uso de los planos de contorno, conocidas Isohypsas, se determinó la dirección de movimiento del agua subterránea, el cual consiste en trazar una recta o línea de flujo perpendicular a las líneas equipotenciales.

b.- Gradiente hidráulico (i)

De los planos de curvas de contorno, se determinó el gradiente hidráulico; no es más que una relación, entre la carga hidráulica y la longitud de los puntos de diferencia. Si conocemos los valores de los niveles freáticos en h_1 y h_2 de dos secciones transversales de diferentes cotas de la corriente líquida, y la distancia (L), se obtendrá dicho pendiente. En resumen se tendrá la siguiente fórmula:

$$i = (h_1 - h_2) / L$$

3.4.2. PRUEBAS DE BOMBEO DEL POZO N°05**JUSTIFICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL POZO N°05:**

En el área de estudio se había perforado 03 pozos tubulares de buena profundidad en lugares específicos en el área del Centro Experimental Illpa INIA Puno, para lo cual se evaluado antes solo su rendimiento de los pozos mencionados.

- Pozo N°02: la profundidad del pozo es de 25 metros, de igual forma se he evaluado el rendimiento del caudal que tiene el pozo, lo cual se obtuvo un caudal promedio de 0.95 litros/segundo. Por lo que el caudal obtenido del pozo N°02, es muy bajo con fines de riego.
- Pozo N°05: la profundidad del pozo es de 27 metros, para lo cual también se ha evaluado su rendimiento del caudal por lo se obtuvo un caudal promedio de 2.30 litro/segundo.
- Pozo N°09: la profundidad del pozo es de 55 metros, en este caso se ha recopilado datos del caudal ya obtenidos con anterioridad, el pozo tiene un caudal constante de 22 litros /segundo. El pozo se había perforado con fines de riego lo cual no está en funcionamiento por motivos de que la calidad de agua subterránea es mala tiene en su contenido metales de fierro, según resultados ya obtenidos del Centro Experimental Illpa INIA.

Por lo que se ha optado evaluar el Pozo N°05, ya que el pozo N°02 tiene un caudal bajo, y el pozo N°09 la calidad de agua es mala según resultados de Centro Experimental Illpa INIA.

3.4.2.1. Objetivos de las pruebas

Denominados también pruebas de acuíferos tienen por objetivo la determinación de los parámetros hidráulicos del acuífero (permeabilidad K, Transmisibilidad T, Coeficiente de Almacenamiento S).

Consiste en la medición de campo de los niveles de agua en los pozos de observación, antes de iniciar el bombeo y durante el mismo, además se obtiene el caudal de bombeo y se miden en lt/seg, m³/hora.

Los parámetros de bombeo son:

- Nivel estático de agua
- Nivel dinámico o de bombeo
- Abatimiento

3.4.2.2. Metodología de ejecución

Para el procedimiento de prueba de bombeo se tiene los siguientes pasos a seguir:

- Se prepara formatos de las pruebas de bombeo del pozo n°05, para su respectivo desarrollo durante toda la prueba.
- Formatos de las pruebas de bombeo de los piezómetros, para su respectivo desarrollo durante toda la prueba.
- Se mide la profundidad del pozo y piezómetros.
- Se mide el nivel estático o freático.
- Se verifica el nivel del agua con cordel nailon de longitud 30 metros con una campana de metal incorporado en el nailon, para que cuando en el proceso de bombeo se le introduce el nailon con la campana de metal al pozo, se mide el desnivel de nivel freático en el proceso, ya que cuando se le introduce se escucha un sonido de golpe, lo cual nos hace saber el nivel de agua de la variación.

- Se procede a verificar cada cierto tiempo la variación del nivel freático durante la prueba de bombeo.

3.4.2.3. Proceso de limpieza y verificación de funcionamiento

Para el proceso de limpieza y verificación de funcionamiento se realizó los siguientes trabajos:

- Limpieza del pozo, haciendo pruebas de bombeo del pozo N°05, para su funcionamiento normal.
- Limpieza de pozos piezometricos, de forma se hace pruebas de bombeo.

3.4.2.4. Características técnicas del pozo de bombeo

Las características del pozo (P-05):

- Tipo de acuífero : Acuífero Libre
- Profundidad del pozo tiene : 27 metros
- Diámetro y espesor del entubado : 4 pulgadas
- Material de entubado : PVC (clase 7.5)
- Altura del Nivel Estático : 5.61 m

3.4.2.5. Características técnicas de los pozos de observación o piezómetros

Las características de los piezómetros y ubicación se encuentran alrededor del pozo N°05, los primeros pozos piezometricos se encuentra a una distancia de 5 metros y segundo se encuentra a 10 metros y el tercero a 15 metros, estas ubicaciones se presentan en los planos a detalle:

- Profundidad de pozos de observación : 15 metros
- Diámetro y espesor del entubado : 2.5 pulgadas
- Material de entubado : PVC (clase 7.5)
- Cantidad de pozos piezómetros : 02 unidades

3.4.2.6. Realización de las pruebas de bombeo

Se realiza la prueba de bombeo relacionando tiempo y profundidad, lo importante de esta prueba de bombeo se mide las variaciones del nivel freático del pozo N°05 y de los piezómetros, durante toda la prueba.

De igual forma se mide la prueba de recuperación del pozo n°05 y de los piezómetros.

3.4.2.7. Duración de las pruebas de bombeo del pozo y de los piezómetros

Las siguientes variaciones de lecturas del nivel de agua con respecto al tiempo se realizan durante un determinado tiempo.

- Para lo cual se ha utilizado una hoja de formato para las mediciones respectivas de las pruebas.
- Se tomara lecturas de la variación del nivel freático con respecto al tiempo.
- Se evaluara las lecturas hasta que el nivel freático no varié durante la prueba de bombeo.

CUADRO N°02: FORMATO PARA DATOS DE PRUEBAS DE DURACION.

<u>FORMATO: DATOS DE PRUEBAS DE DURACION</u>					
PRUEBA DE BOMBEO					
POZO :			FECHA PRUEBA BOMBEO:		
EQUIPO :			PROFUNDIDAD POZO (m):		
NIVEL ESTATICO (m) :			DURACION PRUEBA (min):		
NIVEL DINAMICO (m) :			HORA DE INICIO (min) :		
Numero veces	TIEMPO	POZO N°05	PIEZOMETR OTO N°1	PIEZOMETRO N°2	OBSERVACIONES
	Minutos (t)	Variación (m)	Variación (m)	Variación (m)	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2.8. Realización de las pruebas de recuperación del pozo y de los piezómetros

Las pruebas de recuperación de las variaciones de lecturas del nivel de agua con respecto al tiempo se realizan durante un determinado tiempo.

- Para lo cual se ha utilizado una hoja de formato para las mediciones respectivas de las pruebas de recuperación.
- Se tomara las lecturas de las variaciones del nivel freático con respecto al tiempo.
- Se evaluara las lecturas, hasta que nivel de agua alcance a la altura inicial del nivel freático antes de la prueba de bombeo.

CUADRO N°03: FORMATO PARA DATOS DE PRUEBAS DE RECUPERACION.

<u>FORMATO: DATOS DE PRUEBAS DE RECUPERACION</u>					
PRUEBA DE BOMBEO					
POZO :			FECHA PRUEBA BOMBEO:		
EQUIPO :			PROFUNDIDAD POZO (m) :		
NIVEL ESTATICO (m) :			RECUPER. PRUEBA (min) :		
NIVEL DINAMICO (m) :			HORA DE INICIO (min) :		
Numero veces	TIEMPO	POZO N°05	PIEZOMETR OTO N°1	PIEZOMETRO N°2	OBSERVACIONES
	Minutos (t)	Recuperación (m)	Recuperación S(m)	Recuperación S(m)	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.2.9. Medición del caudal de extracción

Se realizó el rendimiento o caudal que tiene el pozo N°05 por el método:

• **Método volumétrico**

Para la prueba de bombeo se instala una bomba, para iniciar la medición de aforo. Primero se realizara un ensayo de calibración del caudal de bombeo para determinar en Qmax de la bomba. Para tal fin, se efectúan ensayos con una

medida de 10 litros. Para lo cual se anota los tiempos en que se llena el recipiente.

$$Q = V / t$$

Donde:

Q = Caudal

V = Volumen

T = tiempo

Cuadro de calibración del caudal:

Tiempo (segundos)	Volumen (litros)	Caudal (litros/segundo)
Promedio		

3.4.2.10. Determinar las propiedades hidráulicas del pozo

a) Para determinar los parámetros hidráulicas de permeabilidad (K), se utiliza el método de THIEM – DUPUIT: para un acuífero libre con la siguiente expresión.

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot (H^2 - h^2)}{\ln(R/r)}$$

Para este análisis se precisa definir algunos términos:

- K : Permeabilidad
- H : Altura del nivel estático
- h : Altura final dentro del pozo
- r : Radio del pozo.
- Q: Caudal constante que se extrae.
- R : Radio de influencia

b) Con el método de JACOB: permite evaluar los parámetros hidráulicos de Transiividad (T) y Coeficiente de almacenamiento (S):

- Se representa los puntos en un gráfico semi logarítmico: en abscisas, logaritmo de tiempo; en ordenadas, descensos.
- Se interpola una recta que se ajuste lo mejor posible a los puntos, puede ser que los primeros puntos no estén alineados.
- Tomamos dos puntos de la recta de modo que $t_2 = 10 \cdot t_1$

$$S_2 - S_1 = 0.183 \frac{Q}{T}$$

Donde:

Q : Caudal en m³/día

T : Transividad en m²/día

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

Donde:

S : Coeficiente de Almacenamiento

T : Transividad en m²/día

3.4.2.11. Determinar la ecuación de la prueba de bombeo del pozo N°05

Para obtener una ecuación matemática en función a la variación de la altura del nivel freático durante la prueba de bombeo con respecto al tiempo de bombeo.

- La ecuación que nos resulta al graficar en el papel normal o milimetrado, una gráfica no lineal, por lo tanto no es una función lineal.
- Para lo cual aplicamos el Método de Logaritmo, para linealización de la ecuación normal que era:

$$Y = AX^n$$

- Aplicando logaritmo la ecuación nos resulta:

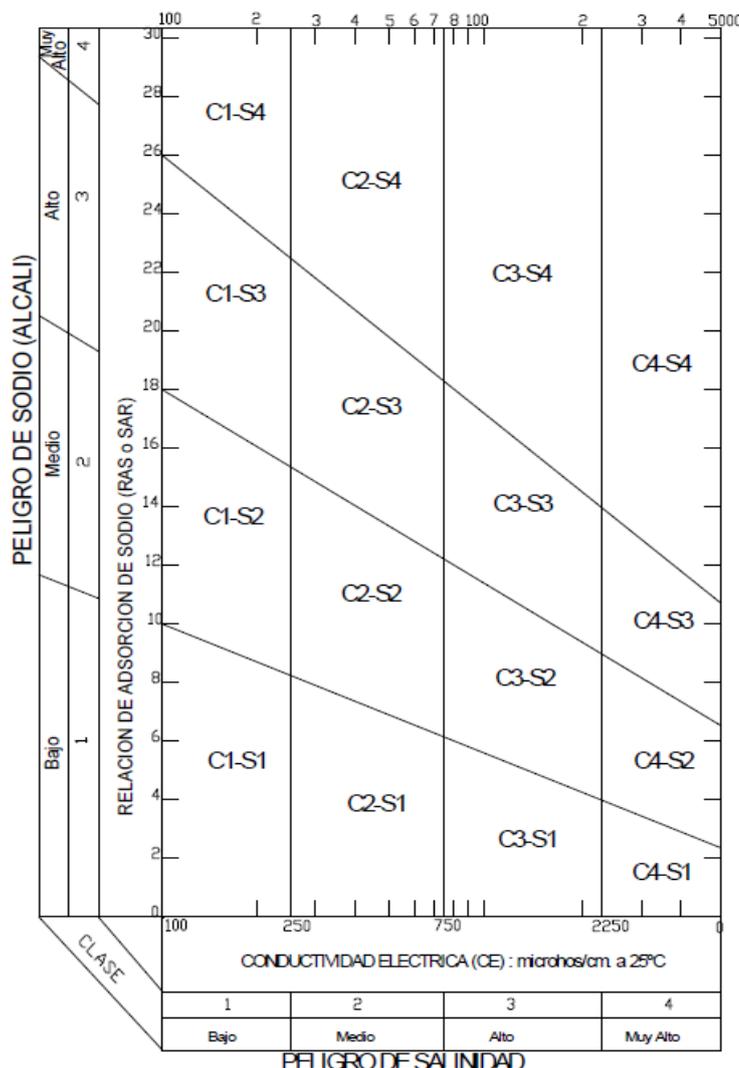
$$\text{Log}Y = \text{Log}A + n\text{Log}X$$

- Con los datos obtenidos de pruebas de bombeo de variación del nivel freático con respecto al tiempo de la prueba de bombeo. Se obtiene una ecuación lineal matemática del pozo N°05.
- Se grafica la función, con los datos obtenidos en la prueba de bombeo del pozo N°05, en el papel doble logarítmica y se obtiene una función lineal del comportamiento del rendimiento del pozo durante una prueba de bombeo.

3.4.3. CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO

La obtención de las muestras de agua subterránea en el Centro Experimental Illpa INIA PUNO, se realizó un muestreo en 05 pozos de observación, teniendo en consideración la altitud de ubicación de los pozos: P-05, P-02, P-09, P-04, P-12.

3.4.3.1. Diagrama para la clasificación de agua para riego



a) Peligro de Salinidad (conductividad eléctrica):

Agua de baja salinidad (C1): Puede usarse para riego de la mayor parte de cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algún lavado, pero este se logra en condiciones normalmente de riego, excepto en suelo de muy baja permeabilidad.

Agua de salinidad media (C2): Puede usarse siempre en cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Agua altamente salinas (C3): no puede usarse en suelo cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se pueden necesitar prácticas especiales

de control de la salinidad, debiendo por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a sales.

Agua muy altamente salinas (C4): no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancia muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso, se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.

TABLA N°01 DE CLASIFICACIÓN DE LA SALINIDAD.

CE (mmhos/cm)	SIMBOLO	CLASE DE AGUA
0.00 – 0.25	C1	Salinidad baja
0.25 – 0.75	C2	Salinidad media o moderada.
0.75 – 2.25	C3	Salinidad entre media y alta
2.25 – 4.00	C4	Salinidad alta.
4.00 – 6.00	C5	Salinidad muy alta
Más de 6.00	C6	Salinidad excesiva.

FUENTE: "SALINIDAD Y RECUPERACION DE TIERRAS", FIA-UNA-PUNO; Pág.02

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

La clasificación de las aguas de riego con respecto al SAR, se basa primordialmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la condición física del suelo. No obstante, las plantas sensibles a este elemento pueden sufrir daños a consecuencia de la acumulación del sodio en sus tejidos cuando los valores del sodio intercambiable son más bajos que los necesarios para deteriorar la condición física del suelo.

Agua baja en sodio (S1): Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Agua media en sodio (S2): en suelos de textura fina el sodio representa un

3.4.5. DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

3.4.5.1. Diseño agronómico

Para el presente estudio de investigación se ha propuesto el diseño de riego por goteo para el cultivo de Quinoa para obtener semilla certificada, utilizando las aguas subterráneas del pozo N° 5 perteneciente al centro INIA Illpa.

Para lo cual se realiza el diseño agronómico en el que se determinara:

- Las necesidades de la demanda de agua.
- Se determinara los parámetros de diseño de riego por goteo.
- El diseño hidráulico.

3.4.5.1.1. Cedula de cultivo

Se planteara la cedula de cultivo el cual estará en función:

- Especies de cultivos propuesto por INIA Illpa.
- Extensiones de cultivos.
- Fechas de siembra y cosecha y periodo vegetativo.

Todo en función de:

- Las condiciones y características climáticas del lugar.
- Las condiciones y características de suelo.
- La disponibilidad del recurso hídrico subterráneo.
- Las características para la obtención de semilla certificada por INIA Illpa.

3.4.5.1.2. Evapotranspiración potencial método de: hargreaves

En base a temperatura.

$$ETP = MF \times TMF \times CH \times CE$$

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes)

MF = Factor mensual de altitud

TMF = Temperatura media mensual. En °F

CH = Factor de corrección para la humedad relativa

Si $H_r < 64\%$CH = 1

Si $H_r > 64\%$ CH = $0.166(100 - H_r)^{0.5}$

CE = Factor de corrección para la altura o elevación

CE = $1.0 + 0.04 * E/2000$

E = Altitud (msnm)

3.4.5.1.3. Coeficiente de cultivo (Kc)

a. Obtención de Kc para el cultivo:

- Determinación de: Fechas de siembra y cosecha y periodo vegetativo del cultivo.
- Determinación de fases de crecimiento y desarrollo del cultivo. Su ubicación en el eje horizontal o de las abscisas en el tiempo (con registro en los meses): fase inicial, de desarrollo, de maduración (medio) y final.
- Para el presente estudio se utilizó los datos de Kc de trabajos de investigación de INIA.

b. Coeficiente de cultivo promedio ponderado (\check{K}_c):

Con la información de Kc de cultivo y las extensiones superficiales establecidas para los mismos, se obtiene el coeficiente de cultivo promedio ponderado Kc para cada mes de la campaña agrícola.

$$\check{K}_c = \frac{\sum A K c}{\sum A}$$

Donde:

\check{K}_c = Coeficiente de cultivo promedio ponderado.

A = Área de cada cultivo.

Kc = Coeficiente de cultivo o de cada cultivo.

3.4.5.1.4. Evapotranspiración real o actual (ETA)

Según la siguiente ecuación: para cada mes:

$$ETA = \check{K}c * ETP$$

Donde:

ETA = Evapotranspiración real o actual o uso consuntivo mensual (mm/mes)

$\check{K}c$ = Coeficiente de cultivo promedio ponderado (Adim.)

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes)

3.4.5.1.5. Precipitación efectiva (PE)

Para el cálculo de precipitación efectiva se utilizó el método de WATER POWER RESOURCE SERVICE, U.S.A., bastante usado por su sencillez y la confiabilidad de sus resultados. Este método consiste en considerar la distribución de la lluvia en forma escalonada para calcular luego la precipitación efectiva.

- Criterio empírico del WATER POWER RESOUCES SERVICE (WPRS-USA): según la siguiente tabla N°02.

INCREMENTO ACUMULADO DE PRECIPITACIONES (mm)	INCREMENTOS (mm)	PRECIPITACION EFECTIVA (%)
5	5	0
30	25	95
55	25	90
80	25	82
105	25	65
130	25	45
155	25	25
Más de 155	Etc.	5

3.4.5.1.6. Balance hídrico

Para realizar el balance hídrico se resume en:

a) Demanda de agua neta de los cultivos (Da):

$$Da = ETA - PE$$

Donde:

Da = Demanda de agua neta de los cultivos (mm/mes)

ETA = Evapotranspiración real o actual (mm/mes)

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

b) Demanda de agua del proyecto o demanda de agua real (Dp):

- En lámina de agua:

$$DpL = \frac{Da}{Er}$$

- En volumen de agua / Ha:

$$DpV = \frac{10 \cdot Da}{Er}$$

- En caudal de agua / Ha:

$$Dpq = \frac{DpV}{Tm} = \frac{m^3}{Seg}$$

- En caudal de agua total / Ha:

$$DpQ = Dpq * A$$

Donde:

DpL = Demanda de agua real del proyecto en lamina (mm)

DpV = Demanda de agua real del proyecto en volumen (m3)

Dpq = Demanda de agua real del proyecto en caudal por hectárea (m3/seg/Ha)

DpQ = Demanda de agua real del proyecto en caudal total (m3/seg)

Er = Eficiencia de riego del proyecto (Adim.)

Tm = Tiempo mensual (seg.)

c) Balance hídrico y caudal de diseño:

El balance hídrico es la comparación diferencial entre las disponibilidades u ofertas y las demandas de agua mensuales y en que se debe lograr y que los ofertas sean siempre iguales o mayores a las demandas durante todo el año o periodo agrícola.

El caudal de diseño es la máxima demanda de agua mensual durante la campaña agrícola, cuyo valor debe ser igual o semejante a la oferta de agua del mismo mes.

Para el proyecto la disponibilidad u oferta de agua se consideró el caudal permanente del pozo de bombeo N°05 del centro INIA Illpa.

3.4.5.1.7. Parámetros de diseño de riego por goteo

1) Área de riego

El área del riego será ubicado muy próximo al pozo N° 5 de INIA, Illpa cuya extensión está calculada en demanda de agua y comparada en el balance hídrico que es de 5 hectáreas.

2) Cultivo

El cultivo propuesto para este proyecto es Quinoa, para la obtención de semilla certificada ya que el centro pertenece al centro de investigación INIA Illpa – Puno.

3) Fuente de Agua

La fuente de agua para el sistema de riego es el agua subterránea del pozo N° 5 del centro INIA Illpa – Puno, cuyas características del agua para la aptitud de riego se muestran en anexos.

4) Eficiencia de riego por Goteo

Es el resultado de todas las más importantes eficiencias parciales, como:

$$E_r = E_a \times E_d \times E_c, \dots \text{ Etc.}$$

$$E_r = E_a \times E_c \dots \dots \dots \text{ En la práctica.}$$

Donde:

E_r = eficiencia total del proyecto de riego.

E_a = eficiencia de aplicación.

E_d = eficiencia de distribución.

E_c = eficiencia de conducción.

Las eficiencias se calculan a través de tablas, gráficos y/o de eficiencias directas determinadas con datos de campo.

5) Evapotranspiración potencia diaria máxima

La evapotranspiración potencial máxima que se calcula por método indirecto por de Hargraves.

En base a temperatura.

$$ETP = MF \times TMF \times CH \times CE$$

ETP = Evapotranspiración potencial máxima (mm/día)

MF = Factor mensual de altitud

TMF = Temperatura media mensual. En °F

CH = Factor de corrección para la humedad relativa

Si $H_r < 64\%$CH = 1

Si $H_r > 64\%$ CH = $0.166(100 - H_r)^{0.5}$

CE = Factor de corrección para la altura o elevación

$$CE = 1.0 + 0.04 * E / 2000$$

E = Altitud (msnm).

6) Factor de cultivo K_c Máximo

Se tomara el factor de cultivo K_c máximo de la Quinoa dato de INIA Illpa – Puno.

7) Intervalo de Riego

El intervalo de riego por goteo es diario, para los días de riego en seco y se interrumpe para épocas de avenida.

8) Caudal de riego por modulo

El caudal total de bombeo será de acuerdo a las parcelas divididas para el sistema de riego por goteo.

9) Longitud máxima de laterales

Sera de acuerdo a nuestro sistema de parcela y los tipos de goteros.

10) Superficie máxima por turno

Sera de acuerdo al caudal del pozo, la superficie y los caudales de los goteros.

11) Presión mínima de emisores de las cintas

Sera de acuerdo a la selección de las cintas y goteros y las presiones de trabajo de estos tipos de gotero.

12) Presión de ingreso del sector de riego

Sera de acuerdo al tipo de gotero y sus presiones de trabajo.

3.4.5.1.8. Parámetros de operación del sistema de riego por goteo

a) Distanciamiento entre laterales

Sera propuesto de acuerdo a la siembra y cosecha que será mecanizado asimismo el producto será para una semilla certificada ya que se realizara labores culturales como aporques y selección masal de los cultivos de la quinua.

b) Caudal de gotero

Sera seleccionado de acuerdo a la textura del suelo.

c) Distanciamiento entre emisores

El distanciamiento entre emisores se seleccionara de acuerdo al distanciamiento entre plántulas ya que la quinua será cultivada en línea.

d) Precipitación Horaria

Es el caudal del gotero entre el área de influencia.

e) Lamina de riego

La lámina de riego es evapotranspiración máxima diaria dividida entre la eficiencia total del proyecto.

f) Turnos

El área de 5 hectáreas se ha dividido en 10 sectores con 10 turnos de riego de 0.5 hectáreas y estas en dos sub sectores de 0.250 hectáreas por el poco caudal del pozo.

g) Calculo de las horas de riego

Para el cálculo del tiempo de riego se utilizó la siguiente relación:

$$Tr = \frac{\text{Lamina de riego}}{\text{Velocidad de Infiltracion gotero}} = \frac{mm}{mm / hr}$$

$$y \quad Al = DG \times DG$$

$$VI = \frac{QG}{Al} = \frac{lph}{m^2}$$

Donde:

QG = caudal del gotero.

Al = área de influencia.

VI = velocidad de infiltración.

Dc = distanciamiento entre cintas.

Dg = distanciamiento entre goteros.

Tr = tiempo de riego horas.

3.4.5.2. Diseño hidráulico

Determinado el balance hídrico de la oferta, demanda y de haber obtenido el caudal de diseño para el sistema y los sectores de riego se calcula el diámetro de las tuberías, pérdidas de carga, velocidad y presión en el sistema de riego.

3.4.5.2.1. Tuberías primarias y secundarias

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías secundarias y primarias, se utiliza la ecuación de pérdida de carga de Hazen – Williams.

Y para el cálculo de los arcos de riego, se utiliza la ecuación de Darcy, o en la ecuación de Hazen – Williams, se calcula la longitud equivalente de los accesorios a usar; o se asume un 10% del total de las pérdidas del sistema.

a) Ecuación Hazen – Williams

Una de las ecuaciones empíricas, independiente del análisis la ecuación de Hazen-Williams (desarrollada por G.S. William y A.H. Hazen, esta ha sido la más utilizada para conducciones de agua y tuberías de impulsión.

La fórmula de Hazen-Williams es:

$$V = 0.849xCxR^{0.63}xS^{0.54}$$

Donde:

V = velocidad, m/s

C = coeficiente de rugosidad (C decrece al aumentar la rugosidad)

R = radio hidráulico, m

S = pendiente de la carga, m/m

Sustituyendo el radio hidráulico R por D/4, la fórmula de Hazen-Williams escrita en términos de velocidad y caudal q resulta:

$$v = 0.36Cd^{0.63}J^{0.54}$$

$$q = 0.28Cd^{2.63}j^{0.54}$$

$$J = \frac{Q^{1.85}}{(0.28 * C)^{1.85} * D^{4.86}}$$

Donde:

Q = Caudal a transportar (m³/s)

- D = Diámetro interior de la tubería (m)
- C = Coeficiente de rugosidad de Hazen y Williams
- J = pérdida de carga

Coeficientes de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes

Materiales:

TABLA N°03: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

MATERIAL	C
PVC	150
ACERO	140
ASBESTO CEMENTO	135
HORMIGON VIBRADO	130
PLASTICO CORRUGADO	125
POLIETILENO	120

Fuente: Según Hazen-Williams

Se recomienda en tuberías rugosas con régimen en transición o turbulento y agua a presión (Recomendada para diámetros cuyo valor oscila entre los 0,050 m y 3,5 m)

El coeficiente de rugosidad **C** no es una característica física del tubo ya que se tiene incertidumbre en el cálculo de este coeficiente, como si lo es la rugosidad absoluta **K** la cual es utilizada en obtener el factor f.

b) Cálculo de la Pérdida de carga en la porta cintas (Ecuación de Blásius)

La pérdida de carga en la porta de cinta según Ecuación de Blasius

$$Hf_{Lat} = (0.00083)(D^{-4.75})(Q^{-1.75})(F)(LF)$$

Hf lat. = Pérdida de carga en la lateral (m)

D = Diámetro interior de la lateral (m)

Q = Caudal de la lateral (m³/s)

F = Factor de salidas múltiples de Christiansen (TABLAS)

LF = Longitud de la lateral + longitud equivalente del gotero x N° de goteros.

TABLA N°04: FACTORES DE SALIDAS MULTIPLES DE CHRISTIANSEN

NUM. SDAS.	COEFICIENTE DE SALIDAS MÚLTIPLES: L			COEFICIENTE DE SALIDAS MÚLTIPLES: L/2		
	N=1.75	N=1.852	N=2	N=1.75	N=1.852	N=2
	1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	0.648651	0.638504	0.625	0.531535	0.518005	0.5
3	0.54603	0.53422	0.518519	0.455236	0.441064	0.422222
4	0.497534	0.485177	0.46875	0.425753	0.411631	0.392857
5	0.469352	0.456752	0.44	0.410391	0.396391	0.37773
6	0.450949	0.43822	0.421296	0.401035	0.387149	0.368687
7	0.437994	0.425189	0.408163	0.394736	0.380973	0.362637
8	0.428383	0.415529	0.390946	0.390275	0.376564	0.35833
9	0.420969	0.408082	0.390946	0.386903	0.373263	0.35512
10	0.415077	0.402167	0.385	0.384292	0.370702	0.352632
11	0.410283	0.397355	0.380165	0.382201	0.368658	0.350649
12	0.406305	0.393365	0.376157	0.380492	0.36699	0.349034
13	0.402953	0.390003	0.372781	0.37907	0.365603	0.347692
14	0.400088	0.38713	0.369898	0.377869	0.364431	0.346561
15	0.397612	0.384648	0.367407	0.37684	0.363429	0.345594
16	0.395451	0.382482	0.365234	0.37595	0.362562	0.344758
17	0.393549	0.380576	0.363322	0.375172	0.361805	0.344029
18	0.391816	0.378884	0.361625	0.374485	0.361138	0.343386
19	0.390353	0.377373	0.36011	0.373876	0.360544	0.342817
20	0.388998	0.376016	0.35875	0.373332	0.360016	0.342308
21	0.387774	0.37479	0.357521	0.372842	0.359541	0.341851
22	0.386663	0.373677	0.356405	0.372399	0.359111	0.341438
23	0.385649	0.372661	0.355388	0.371997	0.35972	0.341063
24	0.384722	0.371732	0.354456	0.37163	0.358364	0.340721
25	0.383869	0.370878	0.3536	0.371294	0.378038	0.340403
26	0.383081	0.37009	0.32811	0.370985	0.357738	0.340121
27	0.382354	0.369361	0.35208	0.3707	0.357462	0.339856
28	0.381678	0.368685	0.351403	0.370436	0.357206	0.33961
29	0.38105	0.368056	0.350773	0.370192	0.356969	0.339333
30	0.380464	0.367469	0.350186	0.369964	0.356748	0.339172

31	0.379916	0.36692	0.349636	0.369751	0.356542	0.338974
32	0.379403	0.366407	0.349121	0.369552	0.35635	0.33879
33	0.378921	0.365924	0.348638	0.369366	0.356169	0.338617
34	0.378468	0.36547	0.348183	0.369191	0.356	0.338455
35	0.378041	0.365043	0.347755	0.369027	0.35584	0.338302
36	0.377637	0.364639	0.347351	0.368871	0.35569	0.338159
37	0.377256	0.364257	0.346969	0.368725	0.355543	0.338023
38	0.376895	0.363896	0.346607	0.368587	0.355414	0.337895
39	0.376552	0.363553	0.346263	0.368456	0.355287	0.337773
40	0.376227	0.333228	0.345937	0.368331	0.355167	0.337658
41	0.375918	0.362918	0.345627	0.368213	0.355053	0.337549
42	0.375624	0.362623	0.345333	0.368101	0.354944	0.337445
43	0.375343	0.362342	0.345051	0.367994	0.354841	0.337346
44	0.375343	0.362074	0.344783	0.367892	0.354742	0.337252
45	0.374819	0.361818	0.344527	0.367795	0.354643	0.337162
46	0.374575	0.361573	0.344282	0.367702	0.354558	0.337076
47	0.374341	0.36134	0.344047	0.367613	0.354472	0.336994
48	0.374116	0.361115	0.343822	0.367528	0.35439	0.336915
49	0.373901	0.360899	0.343606	0.367446	0.354111	0.33684
50	0.373695	0.360693	0.3434	0.367368	0.354235	0.336768
51	0.373496	0.360494	0.343201	0.367293	0.354162	0.336693
52	0.373305	0.360304	0.34301	0.367221	0.354093	0.336632
53	0.373122	0.36012	0.342827	0.367152	0.354026	0.336563
54	0.372945	0.359943	0.34265	0.367085	0.353961	0.336506
55	0.372775	0.359773	0.342479	0.367021	0.3539	0.336447
56	0.372612	0.359609	0.342315	0.366959	0.3534	0.33639
57	0.372453	0.359451	0.342157	0.3669	0.353782	0.336335
58	0.3723	0.359297	0.342003	0.366842	0.353726	0.336282
59	0.372153	0.35915	0.341856	0.366787	0.353673	0.336231
60	0.37201	0.359008	0.341713	0.366733	0.353621	0.336181
61	0.371872	0.358869	0.341575	0.36681	0.353571	0.336133
62	0.371739	0.358736	0.341441	0.366631	0.353522	0.336087
63	0.371609	0.358606	0.341312	0.366582	0.353475	0.336042
64	0.371485	0.358481	0.341187	0.366536	0.35343	0.335999
65	0.371363	0.35836	0.341065	0.36649	0.353386	0.335957
66	0.371246	0.358243	0.340947	0.366446	0.353343	0.335916
67	0.371131	0.358128	0.340833	0.366403	0.353302	0.335877
68	0.371021	0.358128	0.340723	0.366362	0.353262	0.335839

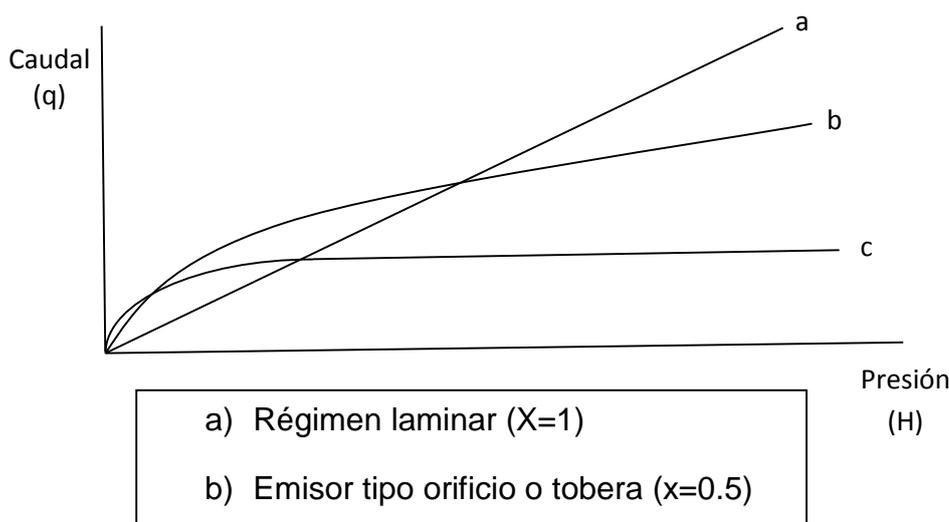
69	0.370913	0.35791	0.340614	0.366322	0.353223	0.335802
70	0.370809	0.357806	0.340511	0.366283	0.353186	0.335766
71	0.370708	0.357705	0.340409	0.366245	0.353149	0.335731
72	0.370609	0.357605	0.34031	0.366207	0.353113	0.335679
73	0.370513	0.357509	0.340214	0.366172	0.353078	0.335664
74	0.370419	0.357416	0.34012	0.366167	0.353045	0.335631
75	0.370329	0.357325	0.34003	0.366103	0.353012	0.3356
76	0.37024	0.357237	0.339941	0.36607	0.35298	0.33557
77	0.370154	0.357151	0.339855	0.366033	0.352949	0.335541
78	0.37007	0.357067	0.339771	0.366006	0.352918	0.335511
79	0.369989	0.356985	0.339689	0.365976	0.35289	0.335484
80	0.369909	0.356905	0.33961	0.365946	0.352861	0.335456
81	0.369831	0.356827	0.339532	0.365917	0.352833	0.335429
82	0.369756	0.356752	0.339456	0.365889	0.352805	0.335403
83	0.369682	0.356677	0.339381	0.365861	0.352779	0.335373
84	0.369609	0.356606	0.33931	0.365835	0.352753	0.335353
85	0.369539	0.356535	0.339238	0.365809	0.352727	0.335329
86	0.36947	0.356466	0.33917	0.365783	0.352703	0.335306
87	0.369403	0.356399	0.339103	0.365758	0.352679	0.335282
88	0.369337	0.356333	0.339037	0.365733	0.352655	0.33526
89	0.369273	0.356269	0.338972	0.365709	0.352632	0.335238
90	0.36821	0.356206	0.338909	0.365686	0.352609	0.335216
91	0.369149	0.356144	0.338848	0.365663	0.352537	0.335195
92	0.369089	0.356085	0.338788	0.365641	0.352566	0.335175
93	0.36903	0.356026	0.338729	0.365619	0.352544	0.335155
94	0.368972	0.55968	0.338671	0.365598	0.352504	0.335135
95	0.368916	0.355911	0.338615	0.365577	0.352504	0.335116
96	0.36886	0.355856	0.33856	0.365556	0.352484	0.335097
97	0.368807	0.355802	0.338506	0.365536	0.352465	0.335078
98	0.368753	0.355749	0.338453	0.365517	0.352445	0.33506
99	0.368702	0.355687	0.3384	0.365497	0.352427	0.335042
100	0.368651	0.355646	0.33835	0.365478	0.352409	0.335025

3.4.5.2.2. Ecuación de descarga del gotero

$$q = KH^x$$

- q = Caudal del goteo (l/h)
 K = Coeficiente de velocidad
 H = Presión de trabajo del Gotero (m)
 x = Exponente de descarga del Gotero.

Curva característica del emisor



3.4.5.2.3. Cálculo de la bomba hidráulica

- a) El Caudal:** queda determinado por el diseño del proyecto, tamaño de las subunidades de riego que funcionarán y estará limitado por el caudal máximo disponible de acuerdo al estudio hidrológico, o bien por el pozo profundo el caudal queda determinado por las pruebas de bombeo correspondientes.
- b) Presión:** se determinara las siguientes partidas, que sumadas corresponden a la presión que debe generar la bomba:
- Altura de succión, m.
 - Altura de elevación, m.
 - Pérdidas de carga en la succión. m
 - Pérdidas de carga en la impulsión: considerando fittings, filtros, equipos de riego etc; m.
 - Presión de trabajo: la requerida por goteros, cintas micro aspersores etc.; m.

- c) **Potencia requerida:** la potencia del motor requerida para mover el caudal determinado a la presión establecida se puede estimar mediante la siguiente relación:

$$HP = \frac{Q(\text{lit} / \text{seg}) * CDT(m)}{75 * E_{fm} * E_{fb}}$$

Donde:

HP = potencia en Hop Power

Q = caudal en litros por segundo

CDT = Carga dinámica total.

E_{fm} = eficiencia del motor

E_{fb} = eficiencia de la bomba.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACION DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para la evaluación de agua subterránea se ha realizado lo siguiente:

4.1.1. Ubicación de los pozos existentes en el área de estudio

Para la interpretación de resultados de ubicación exacta de los pozos se elaboró un plano espacial de ubicación Ver en Plano N°01.

- Centro Experimental Illpa INIA Puno, se ubican los pozos: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-8, P-9, P-11, P-07, P-10, P-12, P-13.
- Sector Pampa Ticona, se ubica los pozos: P-14.
- Sector Pampa Palca , se ubica los pozos: P-15.
- Comunidad Campesina de Yanico Rumine Mocco, se ubican los pozos: P-16, P-17, P-18.
- Comunidad Campesina Ticani Pampa, se ubican los pozos: P-19, P-20.
- Comunidad Campesina Micaela Bastidas de Yanamocco, se ubican los pozos: P-21, P-22, P-23.

En el área de investigación presenta una relieve ligeramente plano con ondulaciones con pendientes de 0 a 0.05%. La ubicación de los pozos, se puede apreciar en el plano N° 01, que tienen las siguientes altitudes.

- Centro Experimental Illpa INIA Puno, a una topografía de 3827.80 m.s.n.m. a 3828.80 m.s.n.m.
- Sector Pampa Ticona a una topografía de 3827.75 m.s.n.m.
- Sector Pampa Palca a una topografía de 3827.80 m.s.n.m.
- Comunidad Campesina de Yanico Rumine Mocco, a una topografía de 3828.50 m.s.n.m. a 3829.10 m.s.n.m.
- Comunidad Campesina Ticani Pampa, a una topografía de 3828.60 m.s.n.m. a 3828.90 m.s.n.m.

- Comunidad Campesina Micaela Bastidas de Yanamocco, a topografía de 3827.85 m.s.n.m. a 3828.50 m.s.n.m.

La ubicación de observación de los pozos se encuentra distribuida en toda el área de estudio, para lo cual se ha elaborado un cuadro de características de puntos de observación evaluadas en el área de investigación.

CUADRO N°04. CARACTERISTICAS EVALUADAS DE PUNTOS DE OBSERVACION DE LOS POZOS EXISTENTES.

POZO SONDEADO	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	TIPO DE POZO	DIAMETRO DEL POZO	PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	OBSERVACIONES
P-1	3827.80	Tajo abierto	1.30m	7.10	Pozo Caison
P-2	3827.85	Pozo Tubular	4 pulg.	25.00	Pozo Tubular
P-3	3827.90	Tajo abierto	1.80m	7.50	Pozo Caison
P-4	3828.00	Tajo abierto	1.30m	7.50	Pozo Caison
P-5	3828.10	Pozo Tubular	4 pulg.	27.00	Pozo Tubular
P-6	3828.15	Tajo abierto	1.20m	6.80	Pozo Caison
P-7	3828.30	Tajo abierto	1.20m	7.75	Pozo Artesanal
P-8	3828.25	Tajo abierto	1.40m	7.50	Pozo Caison
P-9	3828.55	Pozo Tubular	4 pulg.	55.00	Pozo Tubular
P-10	3828.80	Tajo abierto	1.20m	7.60	Pozo Caison
P-11	3828.80	Tajo abierto	1.50m	7.55	Pozo Artesanal
P-12	3828.40	Tajo abierto	1.20m.	7.00	Pozo Artesanal
P-13	3828.05	Tajo abierto	1.20m	7.70	Pozo Artesanal
P-14	3827.75	Tajo abierto	1.20m	7.00	Pozo Artesanal
P-15	3827.80	Tajo abierto	1.60m	6.50	Pozo Caison
P-16	3828.50	Tajo abierto	1.50m	6.90	Pozo Artesanal
P-17	3828.65	Tajo abierto	2.00m	7.00	Pozo Artesanal
P-18	3829.10	Tajo abierto	1.80m	6.80	Pozo Artesanal
P-19	3828.90	Tajo abierto	1.60m	7.30	Pozo Caison
P-20	3828.60	Tajo abierto	1.50m	7.40	Pozo Artesanal
P-21	3828.50	Tajo abierto	1.60m	7.10	Pozo Caison
P-22	3828.20	Tajo abierto	1.40m	7.50	Pozo Caison
P-23	3827.85	Tajo abierto	2.00m	7.00	Pozo Artesanal

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Evaluaciones del nivel freático en área de estudio.

A partir de 06 mediciones del nivel del agua en los pozos en el área de estudio se ha analizado las fluctuaciones de la napa en el intervalo de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre y Octubre del año 2015, ver cuadro N° 05, y plano N°02.

El resultado de las fluctuaciones de los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre y Octubre para la fluctuaciones máximas es de 6.18 metros y de las fluctuaciones mínimas es de 5.06 metros. Estas variaciones de profundidades se deben a los siguientes factores la hidrología superficial, textura del suelo, estructura, permeabilidad, porosidad, gradiente hidráulico y la topografía de la superficie.

CUADRO N° 05 EVALUACION DE NIVEL FREATICO MAXIMAS Y MINIMAS DE LOS POZOS

N° ORDEN	POZO SOND EO	PROF UNIDAD AD (m)	COTA FONDO DEL POZO (m.s.n.m.)	COTAN.F. MES MAYO (m.s.n.m.)	COTAN.F. MES JUNIO (m.s.n.m.)	COTAN.F. MES JULIO (m.s.n.m.)	COTAN.F. MES AGOSTO (m.s.n.m.)	COTAN.F. MES SEPTIEMBRE (m.s.n.m.)	COTAN.F. MES OCTUBRE (m.s.n.m.)	COTAN. F. MES OCTUBRE (m.s.n.m.)	COTA TERRENO (m.s.n.m.)	LECTURAS (m)					TOTAL	FLUCT. ANUAL	VARIACION NIVEL FREATICO						
												M E S E S							MAX (m)	MIN (m)					
												MAYO 15-05-15	JUNIO 17-06-15	JULIO 16-07-15	AGOSTO 14-08-15	SEPTIEMBRE 15-09-15					OCTUBRE 01-10-15				
1.00	P-1	7.10	3820.70	3822.74	3822.62	3822.53	3822.45	3822.39	3822.43	3827.80	3827.80	5.06	5.18	5.27	5.35	5.41	5.37	31.64	5.27	5.41	5.06				
2.00	P-2	25.00	3802.85	3822.75	3822.65	3822.57	3822.49	3822.42	3822.43	3827.85	3827.85	5.10	5.20	5.28	5.36	5.43	5.42	31.79	5.30	5.43	5.10				
3.00	P-3	7.50	3820.40	3822.72	3822.60	3822.52	3822.42	3822.38	3822.42	3827.90	3827.90	5.18	5.30	5.38	5.48	5.52	5.48	32.34	5.39	5.52	5.18				
4.00	P-4	7.50	3820.50	3822.65	3822.55	3822.44	3822.37	3822.32	3822.35	3828.00	3828.00	5.35	5.45	5.56	5.63	5.68	5.65	33.32	5.55	5.68	5.35				
5.00	P-5	28.00	3800.10	3822.76	3822.67	3822.57	3822.49	3822.42	3822.46	3828.10	3828.10	5.34	5.43	5.53	5.61	5.68	5.64	33.23	5.54	5.68	5.34				
6.00	P-6	6.80	3821.35	3822.71	3822.59	3822.52	3822.45	3822.35	3822.39	3828.15	3828.15	5.44	5.56	5.63	5.70	5.80	5.76	33.89	5.65	5.80	5.44				
7.00	P-7	7.75	3820.55	3822.85	3822.74	3822.68	3822.60	3822.50	3822.53	3828.30	3828.30	5.45	5.56	5.62	5.70	5.80	5.77	33.90	5.65	5.80	5.45				
8.00	P-8	7.50	3820.75	3822.70	3822.58	3822.52	3822.44	3822.34	3822.38	3828.25	3828.25	5.55	5.67	5.73	5.81	5.91	5.87	34.54	5.76	5.91	5.55				
9.00	P-9	55.00	3773.55	3822.81	3822.72	3822.67	3822.58	3822.48	3822.51	3828.55	3828.55	5.74	5.83	5.88	5.97	6.07	6.04	35.53	5.92	6.07	5.74				
10.00	P-10	7.60	3821.20	3822.98	3822.86	3822.77	3822.69	3822.62	3822.67	3828.80	3828.80	5.82	5.94	6.03	6.11	6.18	6.13	36.21	6.04	6.18	5.82				
11.00	P-11	7.55	3821.25	3823.15	3823.12	3823.04	3822.95	3822.83	3822.84	3828.80	3828.80	5.65	5.68	5.76	5.85	5.97	5.96	34.87	5.81	5.97	5.65				
12.00	P-12	7.00	3821.40	3822.63	3822.53	3822.47	3822.39	3822.31	3822.34	3828.40	3828.40	5.77	5.87	5.93	6.01	6.09	6.06	35.73	5.96	6.09	5.77				
13.00	P-13	7.70	3820.35	3822.48	3822.39	3822.31	3822.23	3822.13	3822.16	3828.05	3828.05	5.57	5.66	5.74	5.82	5.92	5.89	34.60	5.77	5.92	5.57				
14.00	P-14	7.00	3820.75	3822.35	3822.26	3822.18	3822.11	3822.03	3822.04	3827.75	3827.75	5.40	5.49	5.57	5.64	5.72	5.71	33.53	5.59	5.72	5.40				
15.00	P-15	6.50	3821.30	3822.30	3822.20	3822.15	3822.07	3821.95	3821.99	3827.80	3827.80	5.50	5.60	5.65	5.73	5.85	5.81	34.14	5.69	5.85	5.50				
16.00	P-16	6.90	3821.60	3822.74	3822.67	3822.60	3822.50	3822.39	3822.43	3828.50	3828.50	5.76	5.83	5.90	6.00	6.11	6.07	35.67	5.95	6.11	5.76				
17.00	P-17	7.00	3821.65	3823.05	3822.94	3822.85	3822.79	3822.70	3822.75	3828.65	3828.65	5.60	5.71	5.80	5.86	5.95	5.90	34.82	5.80	5.95	5.60				
18.00	P-18	6.80	3822.30	3823.28	3823.19	3823.14	3823.05	3822.94	3822.96	3829.10	3829.10	5.82	5.91	5.96	6.05	6.16	6.14	36.04	6.01	6.16	5.82				
19.00	P-19	7.30	3821.60	3823.28	3823.18	3823.10	3823.04	3822.97	3823.00	3828.90	3828.90	5.62	5.72	5.80	5.86	5.93	5.90	34.83	5.81	5.93	5.62				
20.00	P-20	7.40	3821.20	3823.20	3823.09	3823.03	3822.96	3822.85	3822.89	3828.60	3828.60	5.40	5.51	5.57	5.64	5.75	5.71	33.58	5.60	5.75	5.40				
21.00	P-21	7.10	3821.40	3823.07	3822.97	3822.87	3822.78	3822.71	3822.76	3828.50	3828.50	5.43	5.53	5.63	5.72	5.79	5.74	33.84	5.64	5.79	5.43				
22.00	P-22	7.50	3820.70	3822.96	3822.85	3822.75	3822.68	3822.63	3822.65	3828.20	3828.20	5.24	5.35	5.45	5.52	5.57	5.55	32.68	5.45	5.57	5.24				
23.00	P-23	7.00	3820.85	3822.85	3822.76	3822.66	3822.58	3822.51	3822.56	3827.85	3827.85	5.00	5.09	5.19	5.27	5.34	5.29	31.18	5.20	5.34	5.00				
												FLUCTUACION PROMEDIO MENSUAL					34.00	5.67	5.81	5.78	5.73	5.65	5.47	5.81	5.47

4.1.3. Hidrogramas de pozos

La grafica de los hidrogramas se determina el ascenso y descenso del nivel freático, para los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre y octubre del año 2015, el descenso del nivel freático es lento.

Para los meses de Enero, Febrero la velocidad de ascenso es rápido debido a que los precipitaciones pluviales son de mayor intensidad de lo normal, para los meses de marzo y abril, son los meses que llegan a su máxima recarga del nivel freático.

En nuestro caso se ha evaluado a partir del mes de Mayo hasta Octubre, a partir del mes de mayo comienza a bajar el nivel freático en forma lenta debido a que hay escasez de precipitación y mayor es la insolación sobre la superficie. Para lo cual lo podemos interpretar las variaciones con graficas estadísticos, con las lecturas de la variación del nivel freático de la profundidad de los pozos, del cuadro N°05:

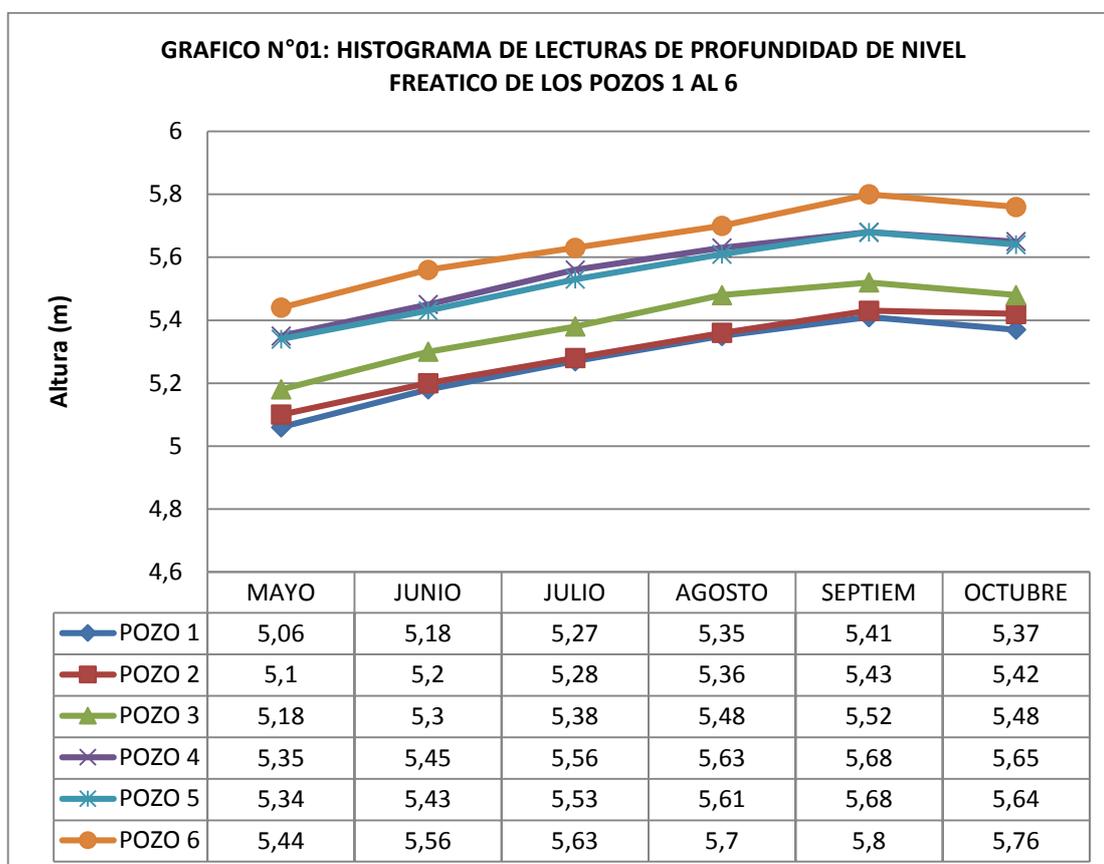
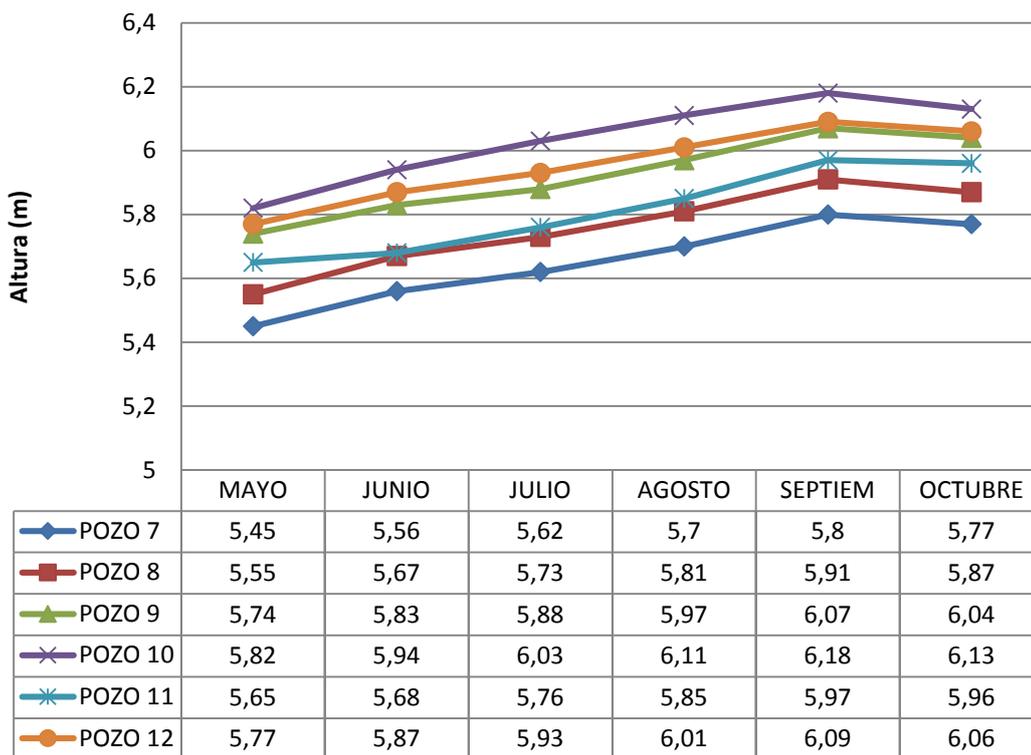
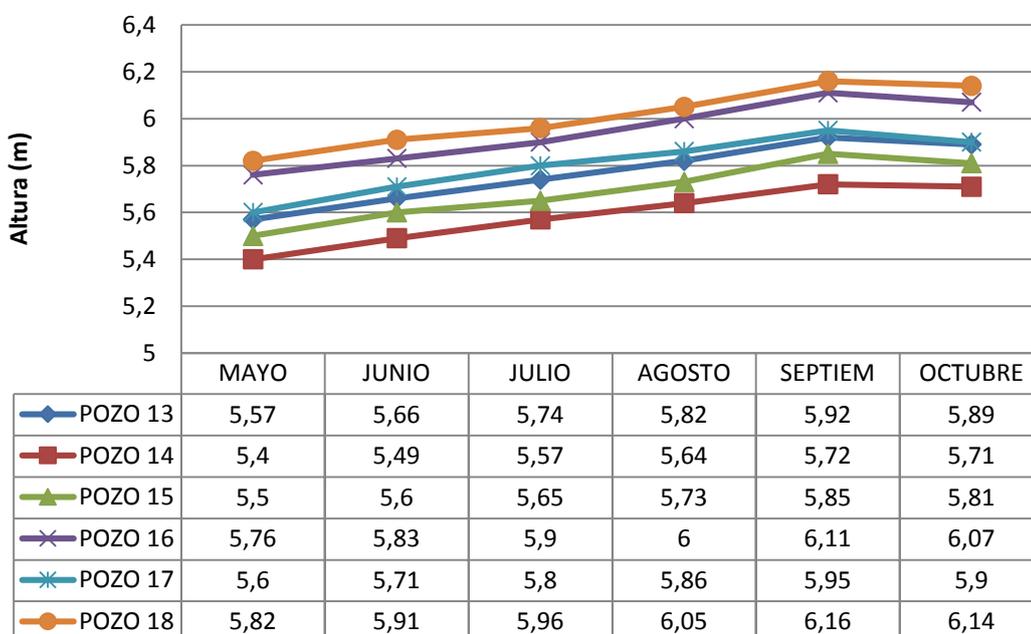
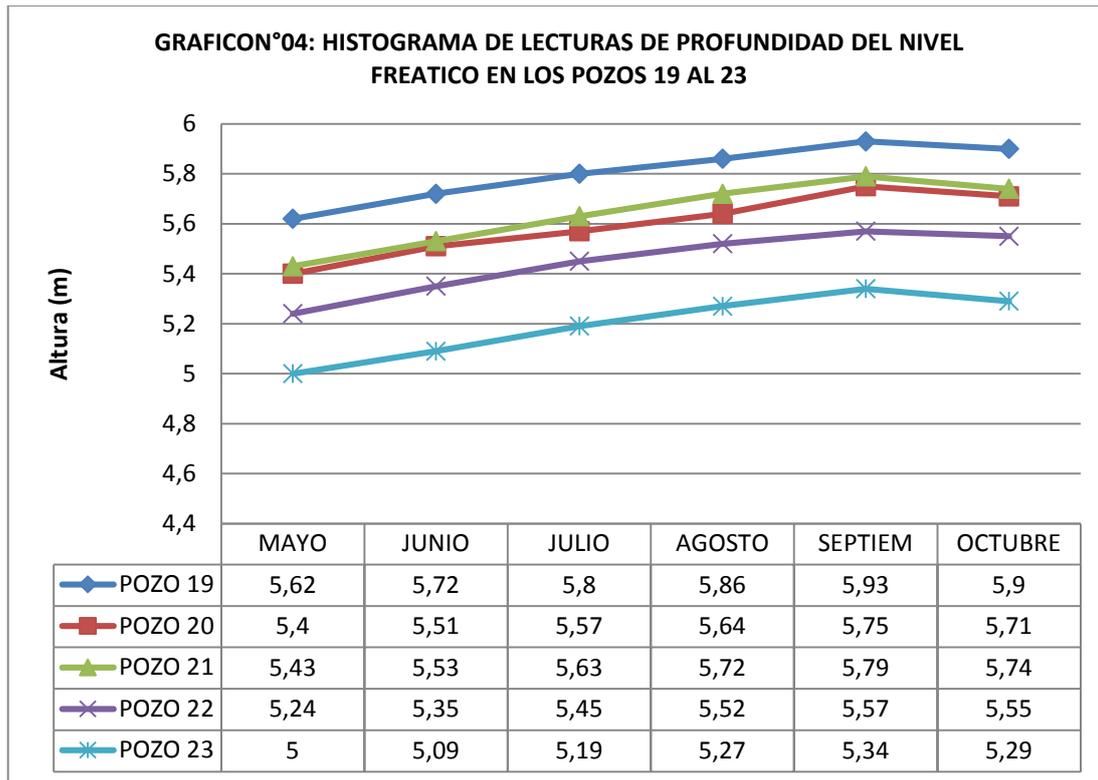


GRAFICO N°02: HISTOGRAMAS DE LECTURAS DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO DE LOS POZOS 7 AL 12



GRAFICA N°03: HISTOGRAMA DE LECTURAS DE PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO DE LOS POZOS 13 AL 18





Los hidrogramas presentan resultados ascendentes del nivel freático desde el mes de mayo hasta setiembre, para luego disminuir entre setiembre y octubre. Estos resultados representan al nivel freático o distancia entre la cota terreno (msnm) y el punto en que se encuentran las aguas subterráneas en determinado tiempo.

Los meses de mayo a setiembre pertenecen al otoño e invierno; es lógico entonces, que ante la ausencia de lluvias y de aguas subterráneas, la distancia de la cota terreno y el nivel freático en los pozos de observación ascienda y que con el inicio de las primeras lluvias (setiembre, octubre), nuevamente disminuya.

4.1.4. Interpretación de los planos de Isohipsas

La napa freática presenta una morfología aproximadamente uniforme y el escurrimiento de las aguas subterráneas desde aguas arriba hasta su nivel de base de Lago Titicaca, siguen una trayectoria principal de flujo como se aprecia en los planos de Isohipsas.

CENTRO EXPERIMENTAL ILLPA INIA PUNO.- Las curvas Isohipsas de la napa freática en esta zona nos indican:

- Cotas del nivel freático varían entre 3823.15 m.s.n.m. a 3822.13 m.s.n.m.
- El sentido de escurrimiento de la napa freática es de Oeste a Este.
- La napa escurre bajo una pendiente promedio de 0.028%.
- La superficie de la napa freática con respecto al terreno natural varía entre 6.18 metros a 5.06 metros.

COMUNIDAD CAMPESINA TICANI PAMPA Y COMUNIDAD CAMPESINA MICAELA BASTIDAS DE YANAMOCCO.- Las curvas Isohipsas de la napa freática en esta zona nos indican:

- Cotas del nivel freático varían entre 3823.28 m.s.n.m. a 3822.51 m.s.n.m.
- El sentido de escurrimiento de la napa freática es de Oeste a Este.
- La napa escurre bajo una pendiente promedio de 0.032%.
- La superficie de la napa freática con respecto al terreno natural varía entre 5.93 metros a 5.00 metros.

COMUNIDAD CAMPESINA YANICO RUMINE MOCCO.- Las curvas Isohipsas de la napa freática en esta zona nos indican:

- Cotas del nivel freático varían entre 3823.28 m.s.n.m. a 3822.39 m.s.n.m.
- El sentido de escurrimiento de la napa freática es de Sur – Oeste a Nor - Este.
- La napa escurre bajo una pendiente promedio de 0.048%.
- La superficie de la napa freática con respecto al terreno natural varía entre 6.16 metros a 5.60 metros.

La interpretación de este mapa nos permite definir las zonas de recarga y descarga de acuíferos, la dirección del flujo subterráneo y el gradiente hidráulico.

a) GRADIENTE HIDRAULICO

La napa freática están determinados por las curvas Isohipsas se indica en el área de estudio.

- En el área de estudio de Centro Experimental Illpa INIA Puno, tiene un promedio de gradiente hidráulico de 0.03%. Las curvas Isohipsas determinan el gradiente hidráulico.
- Las flechas según el plano de Isohipsas representan la dirección del flujo.

4.2. RESULTADOS DE PRUEBAS DE BOMBEO DEL POZO N°05

El resultado del rendimiento hidráulico del pozo P-05, y la variación de nivel freático durante la prueba de bombeo y las variaciones de los piezómetros se dan a continuación:

4.2.1. Rendimiento del pozo N°05 durante la prueba de bombeo

En el Centro Experimental Illpa INIA Puno, del pozo P-05, se evaluó el rendimiento del pozo.

Los resultados del rendimiento de pozo N°05:

Se determinó el caudal en una unidad de tiempo por el Método Volumétrico lo cual se obtuvo un caudal constante de $Q = 2.3$ litros/segundo, se realizó la prueba durante un tiempo de 3 horas con lo que con ese tiempo de la prueba, la variación del nivel freático se establece.

CUADRO N°06: RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA DE AFORO DE CAUDAL DEL POZO N°05.

RESULTADO DE DATOS DE AFORO					
PRUEBA DE BOMBEO					
$Q = V/t$					
Q = caudal		V = volumen conocido		T = tiempo	
POZO : Pozo N°05			FECHA PRUEBA BOMBEO : 15/08/15		
HORA INICIO : 8:00 am			CAUDAL PROMEDIO (Q) lit/s : 2.30		
Numero veces	TIEMPO (t)	ENBASE CONOCIDO (V)	CAUDAL (Q)	Horas Evaluadas	OBSERVACIONES
	Segundos	10 Litros	(lit/seg)		
1	4'.36"	10	2.29	8:00 am	Ninguna
2	4'.34"	10	2.30	8:05 am	Ninguna
3	4'.35"	10	2.29	8:10 am	Ninguna
4	4'.35"	10	2.29	8:20 am	Ninguna
5	4'.34"	10	2.30	8:30 am	Ninguna
6	4'.38"	10	2.28	8:40 am	Ninguna
7	4'.36"	10	2.29	9:10 am	Ninguna
8	4'.36"	10	2.29	9:20 am	Ninguna
9	4'.38"	10	2.28	9:30 am	Ninguna
10	4'.36"	10	2.29	9:45 am	Ninguna
11	4'.34"	10	2.30	10:00 am	Ninguna
12	4'.36"	10	2.29	10:20 am	Ninguna
13	4'.34"	10	2.30	10: 30 am	Ninguna
14	4'.34"	10	2.30	10:35 am	Ninguna
15	4'.36"	10	2.29	10:40 am	Ninguna
16	4.34"	10	2.30	10:50 am	Ninguna
CAUDAL PROMEDIO (Q) (litros/segundo)				Q = 2.30 litros/segundo	

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Pruebas de duración del pozo n°05 y de los piezómetros

Las pruebas de duración del pozo N°05 y de los piezómetros, fue de 3 horas, con ese tiempo de bombeo la variación del nivel freático del pozo N°05, durante la prueba no varía con respecto al tiempo de bombeo, como se muestra en la cuadro N°07.

4.2.3. Variaciones del nivel freático del pozo N°05 y de los pozos piezometricos

Los resultados de las variaciones durante la prueba de bombeo del pozo n°05 y de igual forma se ha evaluado durante esa prueba las variaciones del nivel freático de los 02 pozos de observación:

CUADRO N° 07. RESULTADOS OBTENIDOS DE VARIACIONES DEL NIVEL DEL AGUA Y TIEMPO DE DURACION DURANTE LA PRUEBA DE BOMBEO.

RESULTADO DE DATOS DURACION DE LA PRUEBA					
PRUEBA DE BOMBEO					
POZO : Pozo N°05			FECHA PRUEBA BOMBEO: 15/08/15		
EQUIPO : Moto Bomba 5HP			PROFUNDIDAD POZO (m): 27 m		
NIVEL ESTATICO (m) : 5.61 m			DURACION PRUEBA (min): 3:30 horas		
NIVEL DINAMICO (m) : 20.61 m			HORA DE INICIO (min) : 8:00am		
Numero veces	TIEMPO	POZO N°05	PIEZOMETR OTO N°1	PIEZOMETRO N°2	OBSERVACIONES
	Minutos (t)	Variación (m)	Variación (m)	Variación (m)	
1	1	0.08	0.03	0.01	Ninguna
2	5	0.42	0.15	0.05	Ninguna
3	10	0.83	0.31	0.10	Ninguna
4	15	1.25	0.46	0.15	Ninguna
5	20	1.67	0.62	0.20	Ninguna
6	25	2.08	0.77	0.25	Ninguna
7	30	2.50	0.93	0.30	Ninguna
8	35	2.92	1.08	0.35	Ninguna
9	40	3.33	1.24	0.40	Ninguna
10	45	3.75	1.39	0.45	Ninguna
11	50	4.17	1.55	0.50	Ninguna
12	55	4.58	1.70	0.55	Ninguna
13	60	5.00	1.86	0.60	Ninguna
14	70	5.83	2.17	0.70	Ninguna

15	80	6.67	2.48	0.80	Ninguna
16	90	7.50	2.79	0.90	Ninguna
17	100	8.33	3.09	1.00	Ninguna
18	110	9.17	3.40	1.10	Ninguna
19	120	10.00	3.71	1.20	Ninguna
20	135	11.25	4.18	1.35	Ninguna
21	150	12.50	4.64	1.50	Ninguna
22	165	13.75	5.11	1.65	Ninguna
23	180	15.00	5.57	1.80	Ninguna
24	190	15.00	5.57	1.80	Ninguna
25	200	15.00	5.57	1.80	Ninguna
26	210	15.00	5.57	1.80	Ninguna

Fuente: Elaboración Propia

a) La variación del nivel freático del pozo N°05, durante el bombeo fue:

- La variación del nivel freático durante la prueba fue: $\Delta = 15.00$ metros con respecto a nivel freático inicial del pozo N°05 (nivel dinámico). Ver plano N°03

b) La variación del nivel freático del piezómetro N°01, durante el bombeo fue:

- La variación del nivel freático durante la prueba fue: $\Delta = 5.57$ metros con respecto a nivel freático inicial. Ver plano N°03

c) La variación del nivel freático del piezómetro N°02, durante el bombeo fue:

- La variación del nivel freático durante la prueba fue: $\Delta = 1.80$ metros con respecto a nivel freático inicial. Ver plano N°03

4.2.4. Pruebas de recuperación del pozo n°05 y de los piezómetros

Los resultados de las pruebas de recuperación del pozo N°05 y de los piezómetros se muestra en el cuadro N°08.

CUADRO N° 08. PRUEBAS DE RECUPERACIÓN DEL NIVEL DEL AGUA DESPUES DE LA PRUEBA DE BOMBEO.

RESULTADO DE DATOS RECUPERACION					
PRUEBA DE BOMBEO					
POZO : Pozo N°05			FECHA PRUEBA BOMBEO: 15/08/15		
EQUIPO : Moto Bomba 5HP			PROFUNDIDAD POZO (m): 27 m		
NIVEL ESTATICO (m) : 5.61 m			DURAC PRUEB REC (min): 2:10 horas		
NIVEL DINAMICO (m) : 20.61 m			HORA DE INICIO (min) : 10:30am		
Numero veces	TIEMPO	POZO N°05	PIEZOMETRO N°1	PIEZOMETRO N°2	OBSERVACIONES
	Minutos (t)	Recuperación (m)	Recuperación S(m)	Recuperación S(m)	
1	1	0.13	0.05	0.02	Ninguna
2	5	0.63	0.23	0.08	Ninguna
3	10	1.25	0.46	0.15	Ninguna
4	15	1.88	0.70	0.23	Ninguna
5	20	2.50	0.93	0.30	Ninguna
6	25	3.13	1.16	0.38	Ninguna
7	30	3.75	1.39	0.45	Ninguna
8	35	4.38	1.62	0.53	Ninguna
9	40	5.00	1.86	0.60	Ninguna
10	45	6.63	2.09	0.68	Ninguna
11	50	6.25	2.32	0.75	Ninguna
12	55	6.88	2.55	0.83	Ninguna
13	60	7.50	2.79	0.90	Ninguna
14	70	8.75	3.25	1.05	Ninguna
15	80	10.00	3.71	1.20	Ninguna
16	90	11.25	4.18	1.35	Ninguna
17	100	12.50	4.64	1.50	Ninguna
18	110	13.75	5.11	1.65	Ninguna
19	120	15.00	5.57	1.80	Ninguna
20	125	15.00	5.57	1.80	Ninguna
21	130	15.00	5.57	1.80	Ninguna

Fuente: Elaboración Propia

a) Resultados de la prueba de recuperación del pozo N°05 y de los 02 piezómetros fue:

Los resultados de las pruebas de recuperación del pozo n°05 y de los 02 piezómetros fue de: 120 minutos, con lo cual llega a la altura inicial del nivel freático antes de bombeo.

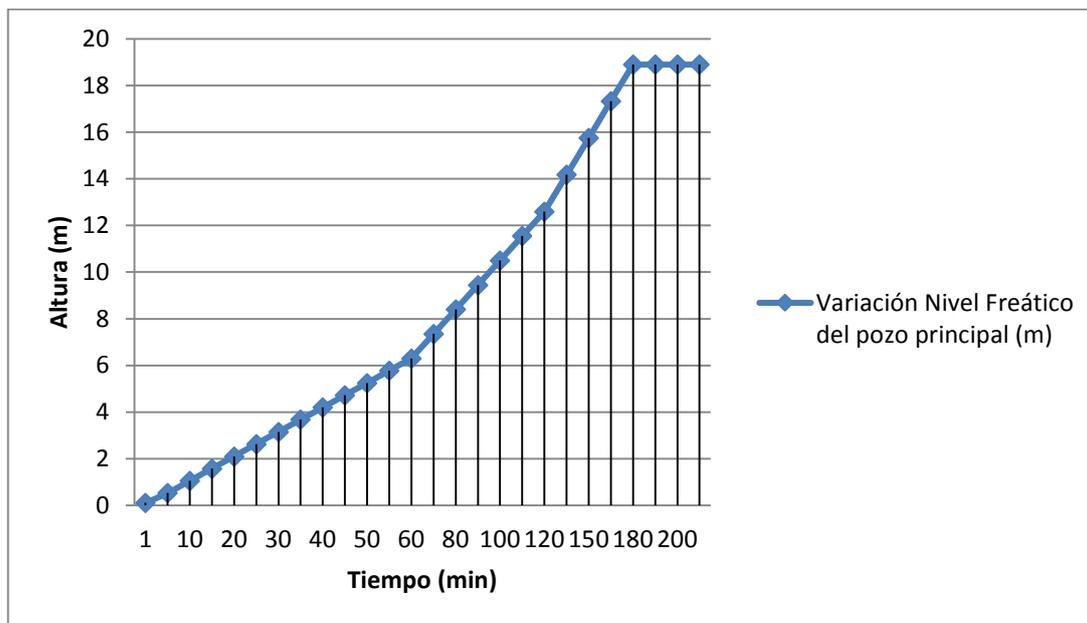
4.2.5. Ecuación de la prueba de bombeo del pozo N°05.

Se obtiene la siguiente ecuación matemática en función a la variación de la altura del nivel freático durante la prueba de bombeo con respecto al tiempo de bombeo.

- Ubicamos los datos obtenidos durante la prueba de bombeo. La grafica normal resulta una ecuación no lineal como se ve en la gráfica, con los datos de variación de altura vs tiempo de bombeo.
- La ecuación que representa según su grafica N°05 es:

$$Y = AX^n ; n > 1$$

GRAFICA N° 05: VARIACION DEL NIVEL DE AGUA vs TIEMPO DE BOMBEO DEL POZO N°05.



- Para lo cual aplicamos método logarítmico para linealizar la ecuación como se ve en la gráfica N° 06.
- Ubicamos los datos obtenidos durante la prueba de bombeo del pozo N°05. El resultados de la pendiente según la recta es:

$$P = 1.002$$

- La ecuación emperica de:

$$H = At^n$$

- La ecuación logarítmica:

$$\log H = \log A + n \log t$$

Donde:

H = Variación del nivel freático (m)

A = Constante

t = Tiempo de bombeo

- El resultado de la constante A según grafica es:

$$A = \frac{H}{t^{1.002}} = \frac{2.5}{30^{1.002}} = 0.0828$$

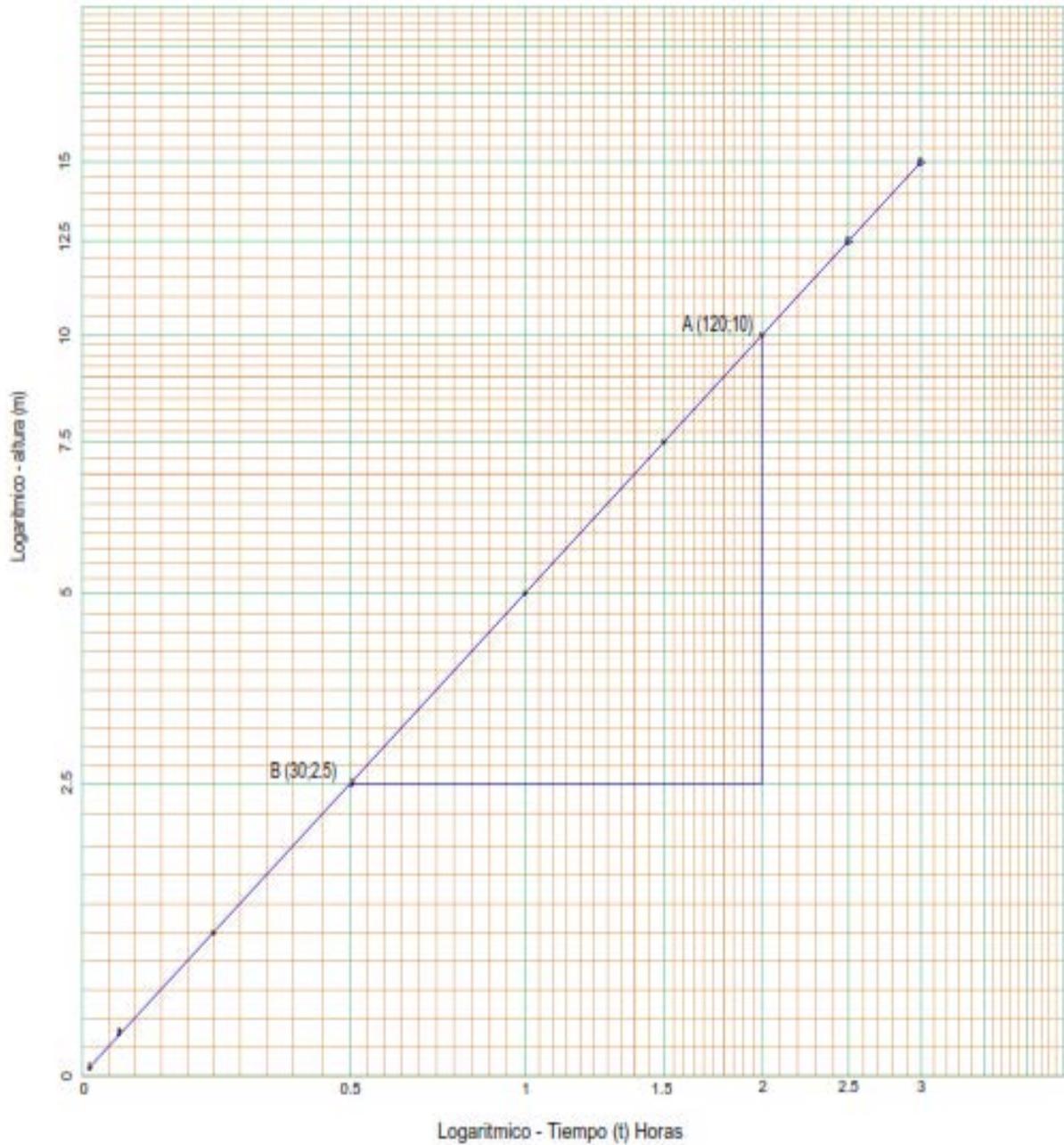
$$A = 0.0828$$

- La ecuación empírica resulta:

$$H = 0.0828t^{1.002}$$

El resultado de la ecuación, representa la relación de la variación del nivel de agua con respecto al tiempo de bombeo, para obtener su rendimiento del caudal del pozo N°05. Ver gráfica N°06.

GRAFICA N°06: VARIACION DEL NIVEL FREATICO vs TIEMPO DE BOMBEO DEL POZO N°05



4.2.6. Propiedades hidráulicas durante las pruebas de bombeo.

Con la realización de la prueba de bombeo se obtiene los principales datos para obtener las propiedades hidráulicas del acuífero del pozo n°05.

a) Resultado de permeabilidad K mediante el método de Thiem Dupuit.

La expresión de Dupuit, para acuíferos libres estableció la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

K : Permeabilidad

H : Altura del nivel estático (zona saturada).

h : Altura final dentro del pozo (durante en bombeo).

r : Radio del primer pozo piezometrico.

Q: Caudal constante que se extrae.

R : Radio de influencia.

Datos para calcular el valor de K: determinamos la permeabilidad K en m/día.

R = 15.00 m

r1 = 5.00 m

h = 6.39 m

H = 15.00 m

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot (H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

- Reemplazando los datos obtenemos:

$$2.3 * 86.40 \text{ m}^3 / \text{dia} = \frac{3.14 \cdot K \cdot (15.00 \text{ m}^2 - 6.39 \text{ m}^2)}{\ln\left(\frac{10.00 \text{ m}}{5.00 \text{ m}}\right)}$$

- Resultado de cálculo resulta el valor de **K = 0.40 m/día**

b) Interpretación de resultado de (T y S), mediante el método de JACOB:

Con este método calculamos las propiedades hidráulicas de Transi-vidad (T) y Coeficiente de almacenamiento (S): ver grafica N°07

- Se representa los puntos en un gráfico N°07, semi logarítmico:
 - En abscisas, con datos de tiempo de bombeo durante la prueba.
 - En ordenadas, datos de descensos del primer pozo piezómetro durante la prueba de bombeo.
- Con los datos obtenidos de prueba de bombeo de la curva de abatimiento con respecto al tiempo de bombeo, se interpola una recta que se ajuste lo mejor posible a los puntos, puede ser que los primeros puntos no estén alineados.
- Tomamos dos puntos de la recta de modo que $t_2 = 10.t_1$
- Se obtiene la distancia de interpolación entre $S_1 - S_2 = 3.14 \text{ m}$. el valor de Transi-vidad (T), resulta:

$$S_1 - S_2 = 0.183 \frac{Q}{T}$$

$$T = 11.58 \text{ m}^2 / \text{dia}$$

Donde:

Q : Caudal en m³/día

T : Transi-vidad en m²/día

- El valor de Coeficiente de Almacenamiento (S), resulta:

$$S = \frac{2.25Tto}{r^2}$$

$$S = 5.96 \times 10^{-3}$$

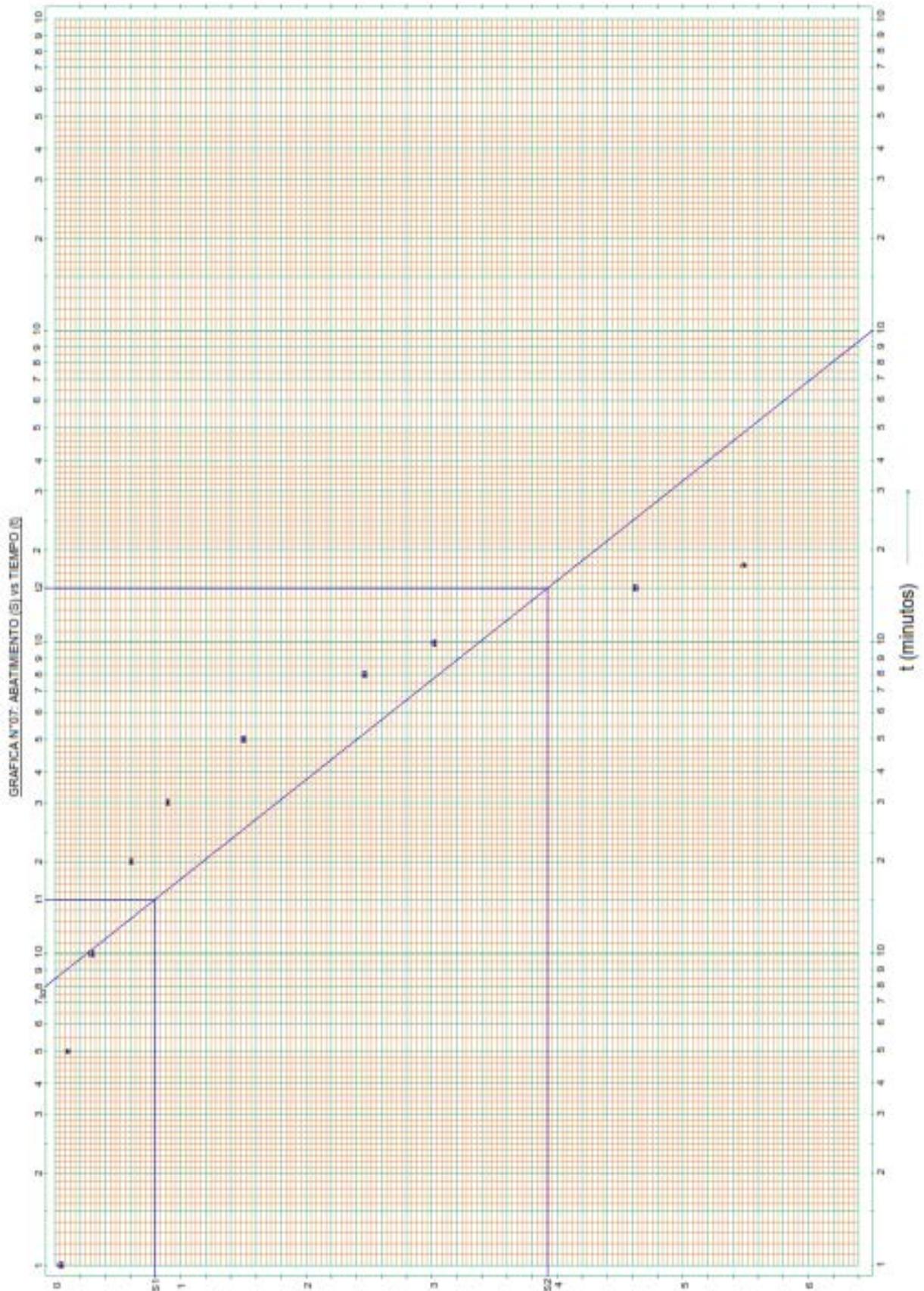
Donde:

S : Coeficiente de Almacenamiento

T : Transítividad

Los resultados de las propiedades hidráulicas son:

- Resultado de cálculo de Transítividad se obtuvo: **T = 11.58 m²/día.**
- Resultado de cálculo de Coeficiente de Almacenamiento se obtuvo:
S = 5.96 . 10⁻³



4.3. CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO

Resultados de las muestras de calidad de agua con fines de riego de los pozos P-02, P-04, P-05, P-9, P-12, en el laboratorio de Mecánica de calidad de agua y Suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA-PUNO, y otros parámetros con fines de riego, que se muestra en el cuadro siguiente:

CUADO N°09 ANALISIS HIDROGEOQUIMICA

Descripción	M1 = Pozo N°04	M2 = Pozo N°05	M3 = Pozo N°02	M4 = Pozo N°12	M5 = Pozo N°09
PH	8.22	8.07	7.21	7.28	8.50
CE mmhos/cm	5.41	1.27	1.64	1.60	5.60
D mg/l	1140.00	361.00	539.60	535.80	1169.60
AL mg/l	600.76	182.84	177.62	130.60	680.96
Cl mg/l	1929.02	167.37	215.59	99.00	1997.49
SO4 mg/l	180.00	120.00	102.00	99.00	240.00
NO3 mg/l	1.80	0.20	0.30	0.25	2.09
Ca mg/l	304.03	69.92	139.84	138.32	395.09
Mg mg/l	91.70	44.94	45.85	45.86	104.87
ST mg/l	3069.02	528.37	755.19	813.81	3166.60
Na mg/l	87.11	43.03	43.03	41.56	88.01
K mg/l	3318.00	17.00	21.00	28.34	3321.00
SAR	1.26	1.15	0.89	0.86	1.27
CLASE	C4S1	C3S1	C3S1	C3S1	C4S1

4.3.1. Conductividad eléctrica

Interpretación de la conductividad eléctrica nos muestra la salinidad de calidad de agua con fines de riego se determinó con el diagrama para la clasificación de las aguas para riego:

- Pozo-N°05, Agua de baja salinidad (C3): está dentro de los parámetros establecidos para riego, principalmente esta para suelos franco arenoso.

4.3.2. Composición química

El análisis de hidrogeoquímica es parte del estudio hidrogeológico que nos permite conocer la calidad de las aguas de los acuíferos, los resultados obtenidos de laboratorio, se muestran en el cuadro N° 09.

- Pozo-N°05, (C3S1): El agua es aceptable para riego puede usarse siempre y cuando sea suelos franco arenoso, el SAR es 1.15.

4.4. ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO

CUADRO N°10 Análisis Físico Químico del suelo experimental para la instalación de riego por goteo, en la Estación Experimental Illpa INIA Puno.

N° ORDEN	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO3 %	MO %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	MS-1	64.26	15.90	19.84	FRANCO ARENOSO	2.15	3.96	0.19

N° ORDEN	PH	C.E. ms/cm	C.E.(e) ms/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B .%
						Ca 2+	Mg 2+	K +	Na +	Al 3+		
				P ppm	K ppm	me/100 g suelo						
01	8.15	0.45	2.15	5.37	161	N C	N C	N C	N C	0.00	NC	NC

Fuente: Análisis realizado en el laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA – Puno.

a) Para determinar el Clase Textural se empleó el Triángulo de Texturas, se intersecta los datos, como se ve en la gráfica, lo cual el resultado es FRANCO ARENOSO.

Arena = 64.26%

Arcilla = 15.90%

Limo = 19.84%



4.5. DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

4.5.1. DISEÑO AGRONÓMICO

4.5.1.1. Cedula de cultivo

Para la determinación de la demanda de agua del proyecto de sistema de riego presurizado por goteo, se planteó una cedula y calendario de cultivo de quinua considerando factores climáticos, edáficos, hídricos, tecnológicos, sociales, etc. El resultado se observa en el cuadro N°11.

CUADRO Nº 11
CEDULA Y CALENDARIO DE CULTIVO

CULTIVO	AREA	AGOS	SETIEM	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
QUINUA	5												
TOTAL AREA (has.)	5		5	5	5	5	5	5	5				

Fuente: Elaboracion Propia

4.5.1.2. Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial para el área del proyecto, calculada por el método de HARGREAVES, con datos de temperatura y humedad relativa con datos proporcionados Centro Experimental Illpa INIA Puno, observándose el detalle de los resultados en la cuadro N° 12.

CUADRO Nº 12
EVAPOTRASPIRACION POTENCIAL

CALCULADO POR EL METODO HARGRAVES

DESCRIPCION	AGOS	SETIEM	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
TEMPERATURA C°	7.3	8.6	9.8	10.4	10.6	10.4	10.2	10	9.3	7.6	6.4	6.2
TEMPERATURA F°	45.14	47.48	49.64	50.72	51.08	50.72	50.36	50.00	48.74	45.68	43.52	43.16
CH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CE	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
MF 15°42'30"	1.856	2.122	2.483	2.598	2.793	2.72	2.332	2.325	1.944	1.684	1.493	1.693
ETP (mm/mensual)	83.8	100.8	123.3	131.8	142.7	138.0	117.4	116.3	94.8	76.9	65.0	73.1
ETP (mm/día)	2.70	3.36	3.98	4.39	4.60	4.45	4.19	3.75	3.16	2.48	2.17	2.36

ETP = MF*TMF*CH*CE

DONDE ETP = Evapotranspiración Potencial (mm./mes)

MF = factor mensual de altitud

TMF = Temperatura Media mensual, en °F

CH = Factor de corrección para la humedad relativa

Si Hr < 64 %CH = 1

Si Hr > 64 %CH = 0.166 (100 - Hr) * 0.5

CE = Factor de corrección para la altura o elevación

CE = 1.0 + 0.04 * E/2000

E = Altitud (msnm) 3828.00

4.5.1.3. Coeficiente de cultivo

Los resultados de coeficiente de cultivo (K_c) obtenidos se indican en función del tiempo del periodo vegetativo de los cultivos y las fases de desarrollo de los mismos.

Los datos de coeficiente de cultivo K_c , fue proporcionado por la entidad Centro Experimental Illpa INIA – Puno. Lo cual se muestra en el cuadro N°13.

CUADRO N° 13
COEFICIENTES DE CULTIVO PROMEDIO PONDERADO (Kc)

CULTIVO	AREA	AGOS	SETIEM	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
QUINUA	5		0.40	0.70	0.75	0.85	1.00	0.70	0.40				
SUMA Kc área			2.00	3.50	3.75	4.25	5.00	3.50	2.00				
SUAMA área (has.)	5		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00				
K'c	5		0.40	0.70	0.75	0.85	1.00	0.70	0.40				

Fuente: Elaboración Propia

$$K'c = \frac{\sum A * Kc}{\sum A}$$

K'c = Coeficiente de cultivo promedio ponderado
A = Area de Cada cultivo
Kc = Coeficiente de cultivo proporcionado por INIA

4.5.1.4. Evapotranspiración real o actual

La evapotranspiración real o actual. Fue calculado como producto de la evapotranspiración potencial y el coeficiente de cultivo ponderado, en forma mensual cuyos resultados se muestran en el cuadro N°14.

CUADRO N° 14
EVAPOTRANSPIRACION REAL O ACTUAL

CONDICION	AGO	SET	OCTUB	NOVIE	DICIE	ENER	FEBR	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL
mensual)	83.8	100.8	123.3	131.8	142.7	138.0	117.4	116.3	94.8	76.9	65.0	73.1
grado)		0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	0.7	0.4				
lfa)	2.70	3.36	3.98	4.39	4.60	4.45	4.19	3.75	3.16	2.48	2.17	2.36
mes)	0.00	40.30	86.28	98.83	121.27	137.96	82.21	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00

* ETP DONDE: ETA = Evapotranspiración Real (mm./mes)

Kc = Coeficiente de cultivo Kc ponderado

ETP = Evapotranspiracion Potencial (mm/mes)

4.5.1.5. Precipitación efectiva

Comprende los resultados de frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la lluvia, en base a años de precipitación, valores de probabilidad de lluvia al 75%, cuyos resultados se muestran en el cuadro N° 15.

CUADRO Nº 15
RESULTADO DE PRECIPITACION EFECTIVA

A-FRECUENCIA O PRBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA LLUVIA (f)

Ecuación de WEIBULL : $f = m/n+1 * 100$

Donde : $f =$ Frecuencia o probabilidad de ocurrencia (%)

$m =$ Valor de posición creciente para la lluvia ordenada en forma decreciente.

$n =$ Número total de valores de precipitación mensual en (mm.)

m	AGOS	SETIEM	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	f=m/n+1*100
1	51.2	108.2	157.5	143.7	235.2	318.9	337.6	258.4	116.2	43.7	54.7	22.7	2
2	43.0	66.1	150.3	123.5	235.2	291.1	268.2	236.7	116.2	40.3	33.6	16.9	4
3	42.2	63.5	114.4	110.8	174.2	253.0	251.1	228.9	105.8	36.7	27.3	12.5	6
4	37.9	61.3	107.9	103.0	155.0	252.7	244.5	224.1	105.3	29.9	21.1	10.2	8
5	37.8	52.6	95.8	93.5	146.7	248.7	214.6	223.2	100.9	29.9	12.3	6.4	10
6	30.6	48.7	79.4	91.7	144.2	239.6	213.2	223.0	97.6	24.9	5.2	5.2	12
7	27.8	48.7	77.0	88.9	134.2	238.2	210.0	221.2	90.7	23.3	4.9	4.9	14
8	25.7	48.1	72.8	88.3	132.6	232.1	207.3	209.8	88.6	18.3	4.8	4.2	16
9	21.9	46.4	70.5	80.5	131.8	224.5	206.8	202.0	86.0	16.1	4.2	3.7	18
10	17.9	44.4	69.1	80.5	131.6	224.3	206.1	189.5	83.0	15.4	3.8	3.7	20
11	16.9	42.9	68.4	79.2	129.0	213.4	202.9	185.8	76.3	14.2	2.9	3.3	22
12	14.7	42.0	65.9	73.8	121.5	210.8	192.8	170.6	75.0	13.3	2.5	3.2	24
13	13.5	40.1	59.4	62.9	119.8	209.7	183.1	169.2	72.9	12.9	2.3	3.2	25
14	12.8	37.3	58.4	61.0	118.0	208.9	183.1	164.0	69.8	12.2	2.3	2.9	27
15	12.5	36.5	56.4	59.1	112.2	203.8	180.0	159.6	68.9	12.1	2.2	2.5	29
16	11.8	34.3	53.9	53.8	111.5	200.2	177.6	159.1	62.7	11.8	1.4	2.3	31
17	9.6	32.5	53.3	52.6	108.8	196.4	174.8	158.6	57.6	10.6	1.1	2.3	33
18	9.1	32.2	53.3	52.6	104.2	193.7	171.0	148.3	55.5	10.4	0.7	1.9	35
19	8.4	27.1	45.5	52.6	103.6	180.0	157.9	143.1	54.1	9.9	0.5	1.8	37
20	8.2	22.2	43.7	50.3	101.5	180.0	157.9	137.1	52.5	8.8	0.4	1.7	39
21	7.1	21.9	42.9	50.2	100.8	175.6	149.5	136.3	49.7	7.5	0.4	1.5	41
22	7.1	21.2	39.5	49.7	100.8	174.5	136.1	135.3	46.8	7.5	0.4	1.5	43
23	6.6	21.1	39.5	49.0	99.1	167.2	131.7	134.6	46.2	6.8	0.4	1.4	45
24	6.5	20.5	37.4	47.7	97.2	167.1	130.9	134.6	46.1	6.8	0.2	0.9	47
25	6.5	18.3	36.6	46.2	96.2	164.5	130.5	124.0	45.7	6.6	0.1	0.6	49
26	6.1	18.3	36.6	46.2	83.9	157.2	130.0	116.5	45.7	6.6	0.0	0.5	51
27	4.8	18.0	34.4	46.1	81.0	154.0	125.2	115.5	44.6	6.2	0.0	0.3	53
28	4.3	17.6	33.4	44.2	80.2	145.1	117.4	113.4	44.4	4.8	0.0	0.2	55
29	3.0	17.5	32.7	44.2	74.1	142.4	115.5	113.3	44.2	4.7	0.0	0.2	57
30	3.0	16.4	32.6	43.9	73.2	133.9	114.4	113.3	44.1	4.1	0.0	0.2	59
31	2.8	16.1	30.1	43.8	73.2	131.2	108.3	112.9	43.0	2.6	0.0	0.1	61
32	1.9	15.5	26.9	41.2	70.8	130.0	102.9	111.4	40.3	1.7	0.0	0.0	63
33	1.8	14.7	26.7	32.0	69.0	129.6	100.7	111.3	38.8	1.4	0.0	0.0	65
34	1.6	14.6	25.7	31.7	68.4	124.1	98.6	107.0	37.5	1.3	0.0	0.0	67
35	0.9	11.8	25.6	29.8	63.0	122.7	95.3	105.1	37.2	0.9	0.0	0.0	69
36	0.9	11.8	25.4	29.8	62.5	122.4	95.0	99.7	33.7	0.9	0.0	0.0	71
37	0.8	11.6	24.9	29.4	59.1	120.7	89.7	98.6	32.0	0.8	0.0	0.0	73
38	0.6	10.4	20.4	27.3	58.0	120.5	86.2	95.0	30.1	0.4	0.0	0.0	75
39	0.4	10.1	19.5	27.2	55.1	103.3	85.8	73.8	29.2	0.4	0.0	0.0	76
40	0.0	8.5	18.0	25.8	51.5	103.3	83.5	68.4	28.3	0.4	0.0	0.0	78
41	0.0	4.5	16.4	24.7	50.3	101.0	79.9	62.0	25.6	0.4	0.0	0.0	80
42	0.0	4.5	15.3	24.7	50.0	99.3	73.5	60.8	25.4	0.4	0.0	0.0	82
43	0.0	4.3	14.2	21.4	48.1	96.2	71.5	59.9	25.2	0.2	0.0	0.0	84
44	0.0	2.9	14.0	15.0	47.8	84.8	70.4	57.6	18.5	0.1	0.0	0.0	86
45	0.0	2.4	12.5	14.6	44.9	75.4	67.7	56.3	13.0	0.0	0.0	0.0	88
46	0.0	1.2	10.4	14.3	42.9	66.0	64.3	54.9	12.8	0.0	0.0	0.0	90
47	0.0	1.0	9.1	13.9	34.9	60.8	57.3	28.4	12.3	0.0	0.0	0.0	92
48	0.0	0.8	7.8	11.6	27.8	49.1	55.5	15.7	8.4	0.0	0.0	0.0	94
49	0.0	0.0	5.6	9.2	25.4	32.5	35.2	15.0	5.8	0.0	0.0	0.0	96
50	0.0	0.0	4.2	4.0	24.5	20.7	22.4	12.3	2.1	0.0	0.0	0.0	98

B.- VALORES INTERPOLADOS AL 75 % DE PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

*	0.6	10.4	20.4	27.3	58.0	120.5	86.2	95.0	30.1	0.4	0.0	0.0	75
---	-----	------	------	------	------	-------	------	------	------	-----	-----	-----	----

C.- CALCULO DE LA PRESIPITACION EFECTIVA

Criterio empirico del WATER POWER RESOURCES SERVICE (WPRS - USA) según la siguiente tabla :

INCREMENTO ACUMULADO DE PRECIPITACION (MM)	INCREMENTOS (MM)	PRECIPITACION EFECTIVA (%)
5	5	0
30	25	95
55	25	90
80	25	82
105	25	65
130	25	45
155	25	25
Mas de 155	Etc.	5

Ejemplo : $0*5 + 5.4*0.95 = 5.13$

PE	0	5.13	14.63	21.185	48.71	89.98	70.78	76.50	24.65	0	0	0
----	---	------	-------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	---	---	---

4.5.1.6. Balance hídrico

Los resultados de demanda de agua del proyecto obtenidos de relacionar las demandas netas y las eficiencias de riego o de proyecto, expresadas en lamina, volumen, caudal/hectárea y caudal total se indican en al cuadro N°16.

CUADRO Nº 16
DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO Y BALANCE HIDRICO

DESCRIPCION	AGOS	SETIEM	OCTUB	NOVIEM	DICIEM	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
ETP (mm)	83.8	100.8	123.3	131.8	142.7	138.0	117.4	116.3	94.8	76.9	65.0	73.1
Kc	0.0	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ETA (mm) =Etp*Kc	0.0	40.3	86.3	98.8	121.3	138.0	82.2	46.5	0.0	0.0	0.0	0.0
PE	0.0	5.1	14.6	21.2	48.7	90.0	70.8	76.5	24.7	0.0	0.0	0.0
DEMANDA NETA (mm mes) =ETA-PE	0.0	35.2	71.6	77.6	72.6	48.0	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DEMANDA Lamina DPL =Dem.Neta*Er	0.0	39.1	79.6	86.3	80.6	53.3	12.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DEL PROYECTO Volumen DPV (miles m3)	0.0	390.8	796.1	862.7	806.2	533.1	127.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEJO (Er = 0.90) Caudal DPQ (l/seg./há.)	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Caudal Total DPQ (l/seg./há)	0.0	1.1	2.1	2.3	2.2	1.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

BALANCE HIDRICO Y CAUDAL DE DISEÑO

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRANEA (lt/seg.)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
DEMANDA DE AGUA (lt./seg.)	0.0	1.1	2.1	2.3	2.2	1.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

En el mes de noviembre Q demanda = Q disponible por lo cual es el caudal de diseño:
Q diseño = Q demanda = 2.3 lt/seg.

4.5.1.7. Parámetros de diseño de riego por goteo

Resultados de parámetros de diseño de riego por goteo:

CUDRO N°17: PARAMETROS DE DISEÑO PARA RIEGO PRESURIZADO POR GOTEO.

PARÁMETROS DE DISEÑO		
VARIABLES	UNIDAD	PARAMETROS
AREA DE RIEGO		CENTRO EXPERIMENTAL INIA ILLPA
SUPERFICIE	ha	5.00
CULTIVO		QUINUA
RELIEVE		UNIFORME
FUENTE DE AGUA		AGUA SUBTERRANEA
EFICIENCIA (RIEGO POR GOTEO)	%	90%
Eto	mm/día	4.60
DISTANCIAMIENTO ENTRE EMISORES	mts	0.20
FACTOR DE CULTIVO MAX	Kc	1.00
Etc	mm/día	3.67
LÁMINA A REPONER (En Máx. Demanda)	mm/día	4.60
LÁMINA A REPONER TOTAL	mm/día	5.11
TIPO DE RIEGO A EMPLEAR		Cinta LIN de Riego PE 12mm - C 10MIL , Q= 0.80 lph (@ 0.20 m)
INTERVALO DE RIEGO		DIARIO
TIEMPO MÁXIMO DE RIEGO / TURNO	hrs	1.53
NÚMERO DE TURNOS / DÍA	hrs	15.33
CAUDAL DE RIEGO POR TURNO	m ³ /h	8.33
CAUDAL DEL EMISOR	lph	0.80
DISTANCIA ENTRE LATERALES	m	1.20
LONGITUD MÁXIMA DE LATERALES	m	50.00
SUPERFICIE MÁXIMA POR VÁLVULA	Has	0.250
SUPERFICIE MÁXIMA POR TURNO	Has	0.50

CAUDAL POR MODULO	l/s	2.30
PRESIÓN MÍNIMA DE EMISOR CINTA	m.c.a.	10.54 / 13.0
PRESIÓN DE INGRESO SECTOR DE RIEGO	m.c.a.	13.00

Fuente: Elaboración Propia

4.5.1.8. Parámetros de operación del sistema de riego por goteo

Resultado de parámetros de operación del sistema de riego por goteo:

CUDRO N°18: PARAMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO POR GOTEO.

Distanciamiento entre laterales : 1.20 m

Caudal del gotero : 0.80 l/h

Distanciamiento entre emisores : 0.20 m

Precipitación Horaria : 3.33 mm/hr

Caudal por Hectárea : 33.33 m³/hr/ha

Lamina de riego : 5.11 mm/día

Turno	Válvula	Área (ha)	Caudal		Precipitación horaria (mm/h)	Tiempo de riego	
			(m ³ /h)	(l/s)		Tiempo por sector (h)	Tiempo por turno (h)
I	1.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	2.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
II	3.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	4.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
III	5.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	6.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
IV	7.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	8.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
V	9.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	10.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53

VI	11.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	12.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
VII	13.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	14.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
VIII	15.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	16.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
IX	17.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	18.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
X	19.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
	20.00	0.25	8.33	2.31	3.33	1.53	1.53
		0.50	16.67	4.63			1.53
Total		5.00	166.67	46.30	Número de turnos / día		15.33

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. DISEÑO HIDRÁULICO

4.5.2.1. Calculo hidráulico

Los resultados de cálculo hidráulico de Diámetro de tuberías principales y secundarios, Perdida de carga, Presiones en los nudos y Velocidades en tramos de tubería principal y secundario, se ha simulado con el programa EPANET, como se muestra en el plano de sistema de riego.

- Resultado de cálculo de diámetro
- Resultado de cálculo de pérdida de carga
- Resultado de cálculo de presiones en el sistema de riego
- Resultado de cálculo de velocidades en el sistema

CUADRO N°19 RESUMEN DE DIAMETROS, PERDIDA DE CARGA Y VELOCIDADES.

N°	NUDOS	DIAMETRO (Pulg.)	PERDIDA DE CARGA (m)	VELOCIDAD (m/s)	TUBERIA
1	N-03 y N-01	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
2	N-01 y N-02	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
3	N-08 y N-04	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
4	N-04 y N-09	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
5	N-10 y N-05	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
6	N-05 y N-11	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
7	N-12 y N-06	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
8	N-06 y N-13	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
9	N-14 y N-07	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
10	N-07 y N-15	1 ½"	0.74	0.55	Tubería secundaria
11	N-01 y N-04	2.0"	11.29	1.16	Tubería Principal
12	N-04 y N-05	2.0"	6.63	0.97	Tubería Principal
13	N-05 y N-06	2.0"	10.00	0.78	Tubería Principal
14	N-06 y N-07	2.0"	0.86	0.59	Tubería Principal

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°20 RESUMEN DE PRESIONES EN LOS NUDOS Y COTA EN LOS NUDOS.

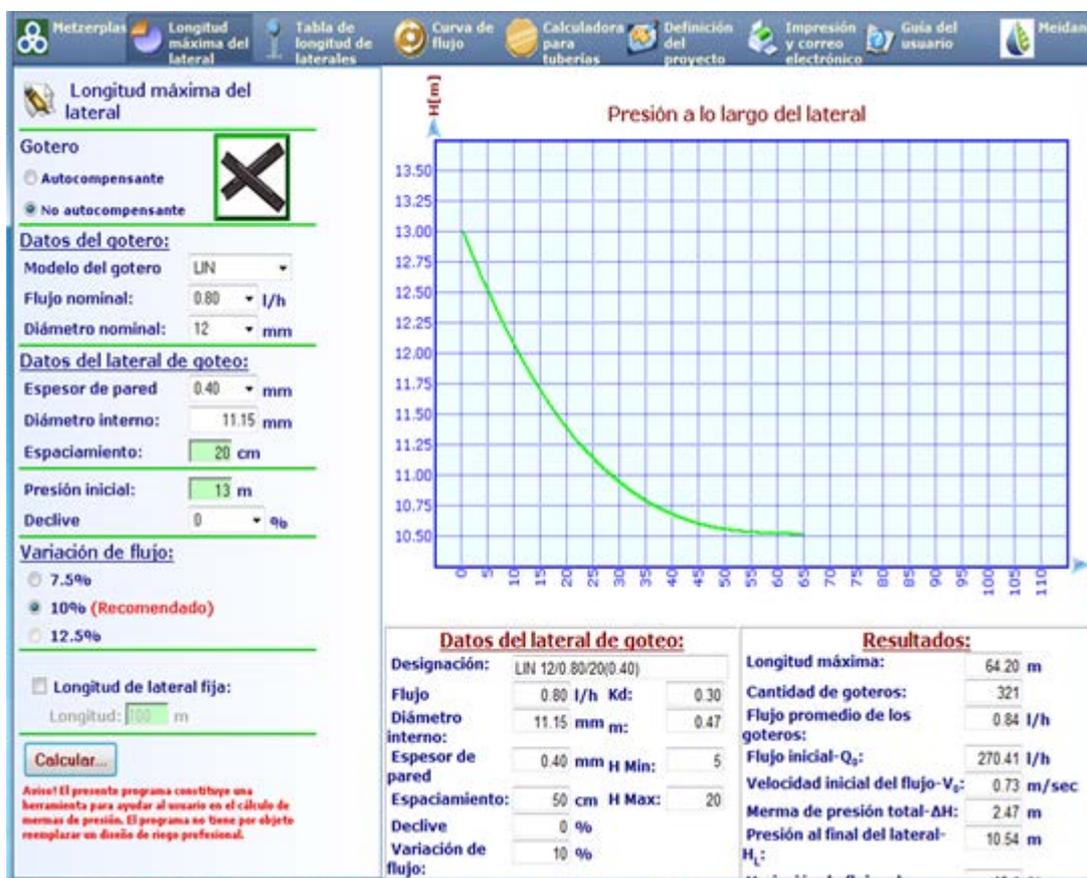
N°	NUDOS	PRESIONES (m.c.a)	COTA EN NUDOS (msnm)
1	N-03	14.940	3828.092 msnm
2	N-01	15.000	3828.092 msnm
3	N-02	14.920	3828.092 msnm
4	N-08	14.360	3828.080 msnm
5	N-04	14.420	3828.077 msnm
6	N-09	14.350	3828.071 msnm
7	N-10	14.010	3828.065 msnm
8	N-05	14.080	3828.059 msnm
9	N-11	14.000	3828.052 msnm
10	N-12	13.820	3828.050 msnm
11	N-06	13.910	3828.045 msnm
12	N-13	13.800	3828.036 msnm
13	N-14	13.780	3828.035 msnm
14	N-07	13.850	3828.031 msnm
15	N-15	13.770	3828.018 msnm

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.2. Tipo de gotero para el sistema

Según el programa IRRIMETZER para cálculo de tipo de gotero:

- Modelo de gotero LIN, flujo nominal 0.80 l/s, diámetro nominal 12 mm, gotero no autocompensante. Según el reporte la longitud máxima de cada manguera del lateral es $L=64.20$ m, según gráfico, lo que significa que en el diseño planteado por cada media hectárea de riego, la longitud lateral es 50 metros de manguera, lo que significa que está dentro del parámetro de diseño, para ese tipo de cinta de gotero.





4.5.2.3. Ecuación de descarga del gotero

Resultado de la ecuación de descarga de tipo de gotero.

$$q = KH^x$$

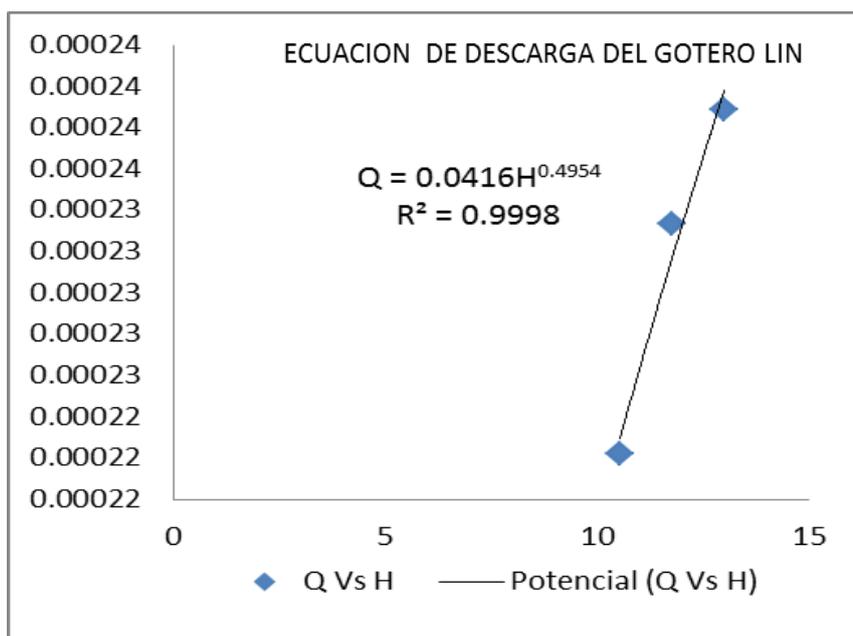
q = Caudal del goteo (l/h)

K = Coeficiente de velocidad

H = Presión de trabajo del Gotero (m)

x = Exponente de descarga del Gotero

GRAFICA N°08: ECUACION DE DESCARGA DE TIPO DE GOTERO



El resultado de la ecuación de descarga del gotero LIN, se ha simulado con programa IRRIMETZER, como se ve a continuación.



4.5.2.4. Cálculo de Electro-bomba hidráulica

Resultado de cálculo de Electro-bomba para el sistema de riego: El cálculo de potencia para el sistema de riego presurizado por goteo.

CALCULO DE ELECTROBOMBA PARA RIEGO POR GOTEO (Sistema por Bombeo)

A.- LINEA DE SUCCION E IMPULSION

CAUDAL DE BOMBEO (m3/seg.) 0.00230

$Q_b = (24 / N) \cdot Q_{\text{diseño sector}}$
 $N : \text{N}^\circ \text{ de horas de bombeo} =$ 15.33

LINEA DE IMPULSION

$D = 1.3 (N/24)^{1/4} \cdot (Q_b)^{1/2} =$ 0.056 m = 2.00 "
 Diámetro asumido 2.00 "

LINEA DE SUCCION

Diámetro asumido 2.50 "
 (Se recomienda un diámetro comercial mayor al de Impulsión)

B.- POTENCIA DE LA BOMBA

Altura de Succión : $H_s = $ 25.00 m Long. tubo Succión : $L_s = $ 26.00 m	Altura de Impulsión : $H_i = $ 25.00 m Long. tubo Impulsión: $L_i = $ 1200.00 m
---	--

Velocidad : $V = Q_b / A = $ 1.13 m/seg. Pérdidas de carga : $h_f = f \cdot (L/D) \cdot (V^2/2g) = $ 31.68 m Altura Dinámica Total : $HDT = H_s + H_i + h_f = $ 81.68 m	
---	--

POTENCIA TEORICA DE LA BOMBA :
 $P = (1000 \cdot Q_b \cdot HDT) / (75 \cdot E) =$ 4.17 H.P.

Potencia Instalada : $P_i = P + dP = P + 0.5 P =$ 6.26 H.P.

Resumen :

En la Línea de Succión utilizará tubería PVC. SAP. CI-10	2.50 "
En la Línea de Impulsión se utilizará tubería F°G°	2.00 "
Se recomienda utilizar una Electrobomba de Potencia (comercial)	7.50 H.P.

- Interpretación de resultado de cálculo de la potencia de la Electro-bomba es de 7.5 HP, con esa potencia el motor trabaja para todo el sistema hidráulico de riego por goteo.

CONCLUSIONES

- Con la evaluación de profundidad del nivel freático de los pozos existentes en el ámbito de estudio de Centro Experimental Illpa INIA Puno, se determinó la dirección del movimiento del agua subterránea que dirige de Oeste a Este. La napa escurre bajo una pendiente de 0.028%.
- La determinación del rendimiento del pozo N° 05, es de 2.3 litros/segundo, para el aprovechamiento con fines de riego por goteo.
- La variación del nivel del agua durante la prueba de bombeo fue: $\Delta = 15.00$ metros, con respecto a la altura inicial del nivel estático antes de la prueba de bombeo.
- La determinación de las propiedades hidráulicas durante la prueba de bombeo fueron: Conductividad Hidráulica $K = 0.40\text{m/día}$, Transmisividad $T = 11.58\text{m/día}$, Coeficiente de Almacenamiento $S = 5.96 \times 10^{-3}$. La ecuación de la relación de variación del nivel del agua con respecto al tiempo de bombeo del pozo N°05 fue: $H = 0.0828t^{(1.002)}$.
- La calidad de agua subterránea del pozo N°05, está dentro de los parámetros establecidos para riego.
- La determinación de área para la instalación de cultivo de quinua, para diseño agronómico del sistema de riego presurizado fue de cinco hectáreas, con veinte módulos de riego por goteo.

RECOMENDACIONES

- La facultad de Ingeniería Agrícola, a través de la especialidad de Recurso Agua y Tierra debe tomar la iniciativa en plantear estudios relacionados con el presente proyecto de evaluación de aguas subterráneas ya que es de vital importancia el aprovechamiento de agua subterránea para riego en áreas donde el recurso hídrico es escasa.
- En el diseño de sistema de riego, se debe considerar paralelamente, el planteamiento la red de sistema de drenaje.
- Para plantear los diseños hidráulicos además de utilizar las fórmulas matemáticas debe tenerse ciertos criterios y reconocimientos técnicos.
- Para una mejor distribución y suministro de agua de riego, se debe calcular específicamente la frecuencia de riego por cada mes, tomando como dato el uso consuntivo calculado.
- La frecuencia de riego calculado para los primeros meses del periodo vegetativo de las plantas nos indican que no es necesario regar en los meses lluviosos, se debe efectuar para adelantar la campaña agrícola y cuando se presentan veranillos (periodos secos).
- El porcentaje de cultivo por hectárea a sembrarse, se debe distribuir en base a cedula de cultivo determinado por dicha zona.
- Capacitar a los beneficiarios, para un manejo adecuado técnico del agua, operación y mantenimiento de los equipos de bombeo e infraestructura de riego con el fin de que el sistema no llegue a su rápido deterioro.

BIBLIOGRAFÍA

- Amisial, R. (2000). Aprovechamiento y Modelos de Agua Subterranea, Merida Venezuela Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Agua y Tierra 73p.
- Aro, L. (1989). Estudio de aguas freáticas del Centro Experimental Camacani, Sector Camata. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Balboa, CH. (1999). Estudio y diseño del sistema de drenaje en la ciudad Universitaria UNA PUNO: Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Castany, G. (1986). Tratado practico de aguas subterráneas . Barcelona: Omegas.
- Custodio, E. (1991). Hidrologia Subterranea. Tomo II Edicion Omega S.A. Barcelona - España.
- Clear, R. (2001). Matematica en Aguas Subterraneas Capitulo 3, Vol. II colección ABRH de Recursos Hidricos. Asociacion Brasilira de Recursos Hidricos. Editoria USP. Sao Paulo Brasil.
- Garcia, M. (1998). Hidraulica de Pozos, Hidrologia Subterranea I.R.H.S. Teria y Problemas, 2da Edicion, UNI PAIC, Lima Peru, 107p.
- Krussenman, G. (2003). Analisis y Evaluacion de los datos de Ensayo por Bombeo. Holanda International Institute for land Reclamation And 212 p.
- Pulido, (1993). Hidrogeologia Practica. Editorial Barcelona.
- Luthin, J. (2001). Hidraulica Subterranea. Editorial Ariel S.A. Barcelona.
- Lohman, J. (2006). Principios de Drenaje Subterráneo. Madrid: Cantabrias.

- Linsley, R. (2004). Hidrologia para Ingenieros. Segunda Edicion. USA, Mc. Graw Hill 386 pp.
- Mogg, J. (1986). Hidraulica de Pozos. UNA La Molina Lima Peru.
- Rojas, R. (1991). Drenaje superficial de tierras agricolas, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de agua tierra, CIDIAT Venezuela.
- Santayana, S. (2002), Estudio hidrogeológico con fines de ubicación de un pozo para abastecimiento de agua potable al campus de la universidad palma URP lima – Perú.
- Tumi, J. (2005). Estudio de aguas subterráneas en la Comunidad de Chañocahua, de la Provincia de Lampa: Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Yap, S. (1989). Ingenieria de Drenaje. Practicas. Departamento de Recurso de Agua y Tierra. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima Peru.

ANEXO

ANEXO 01: CALCULO EN EPANET

ANEXO 02: DATOS METEOROLÓGICOS

ANEXO 03: CATALOGO DE ELECTRO - BOMBA

ANEXO 04: CATALOGO DEL PROGRAMA IRRIMETZER

ANEXO 05: CATALOGO DE GOTERO LIN Y CINTAS

ANEXO 06: ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

ANEXO 07: ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO PARA RIEGO

ANEXO 08: PANEL FOTOGRAFICO

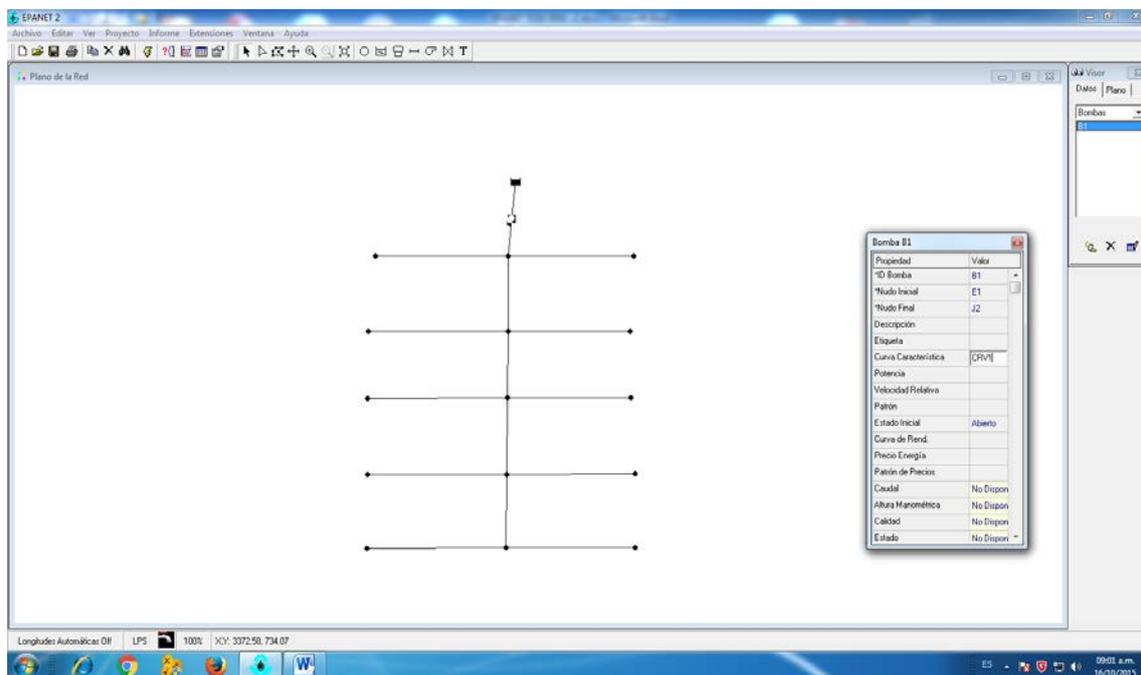
ANEXO 09: PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO

ANEXO 10: PLANOS

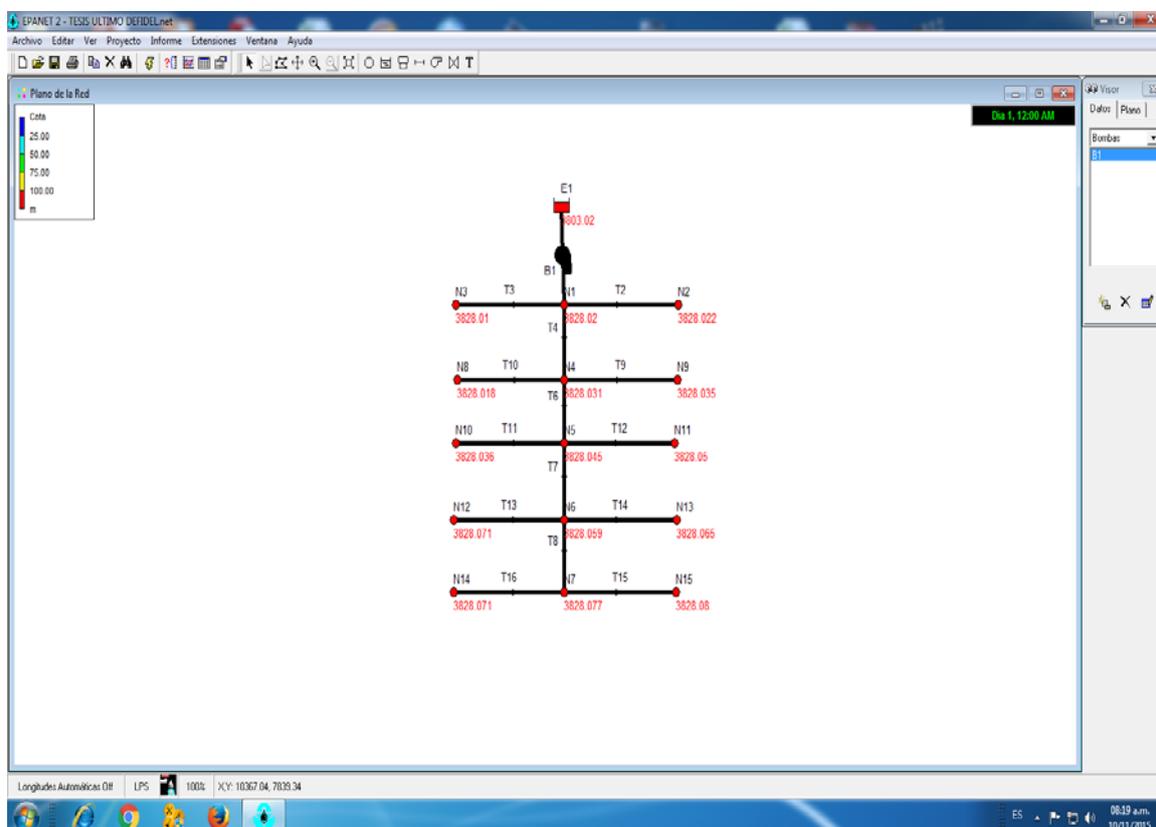
ANEXO – 01

- CALCULO EN EPANET

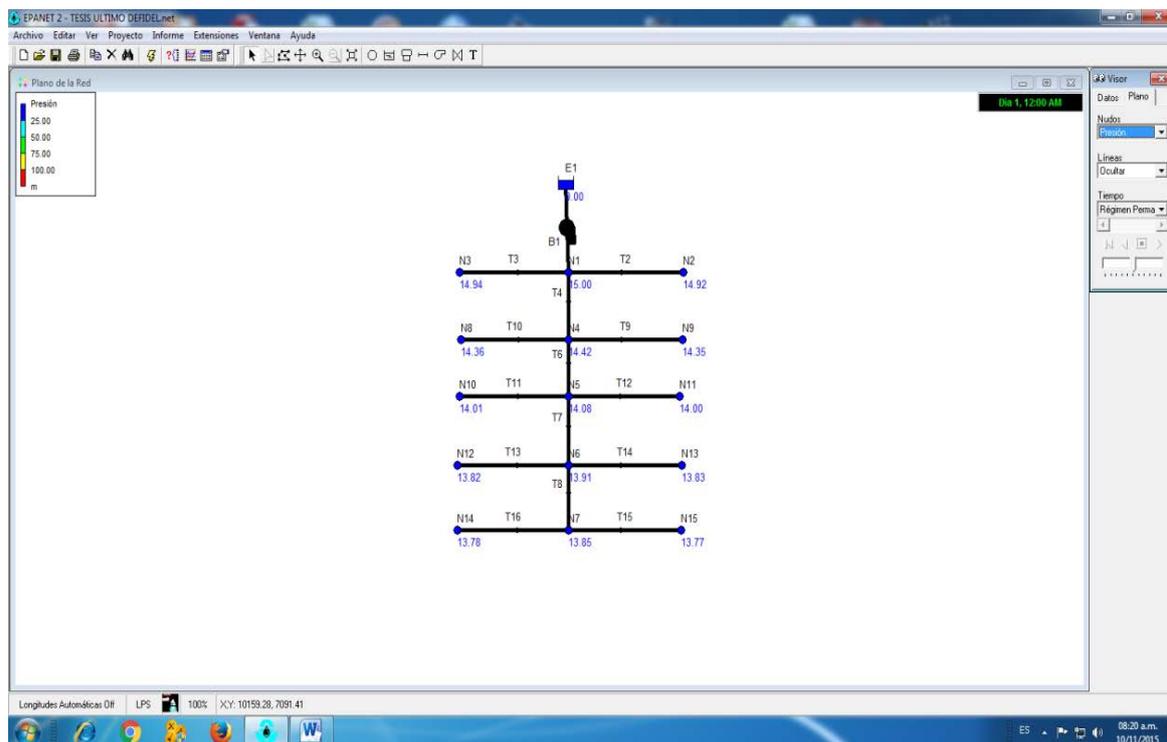
- En la siguiente ventana se aprecia ubicación de los nudos en el sistema de riego por goteo, en el Centro Experimental Illpa INIA Puno.



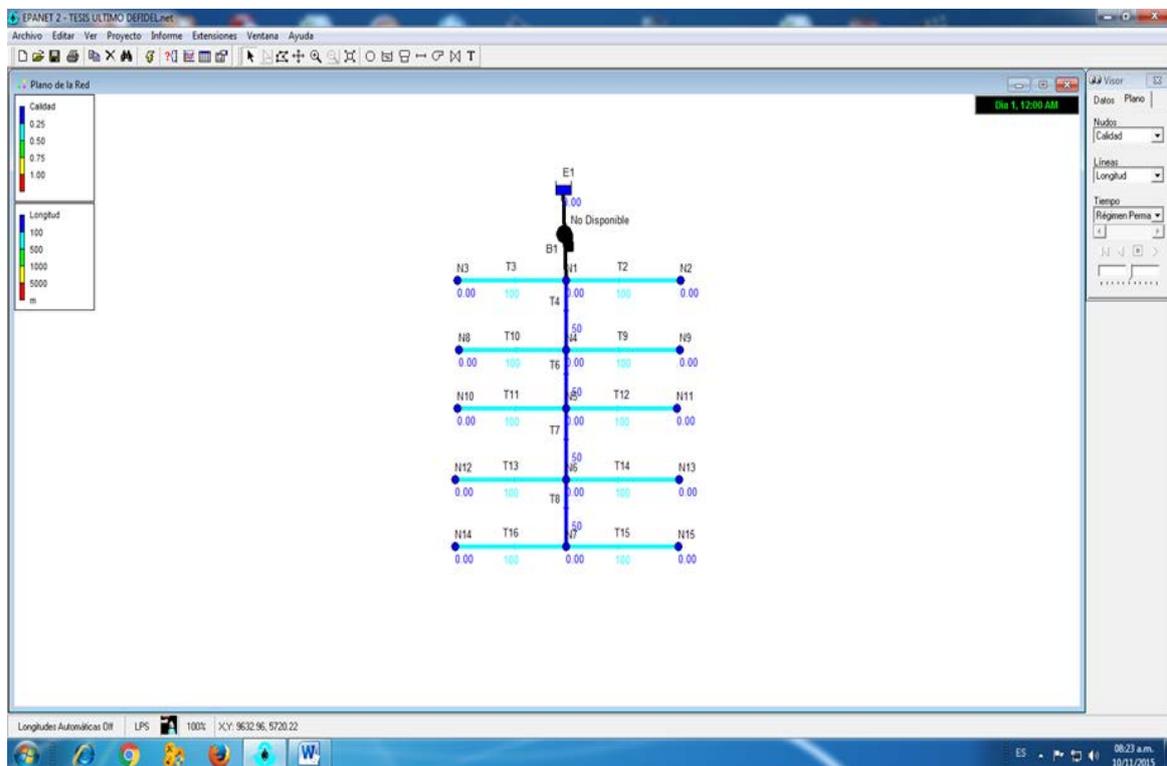
- En la siguiente ventana se aprecia las cotas en los nudos según el plano topográfico del área de estudio, en Centro Experimental Illpa INIA Puno.



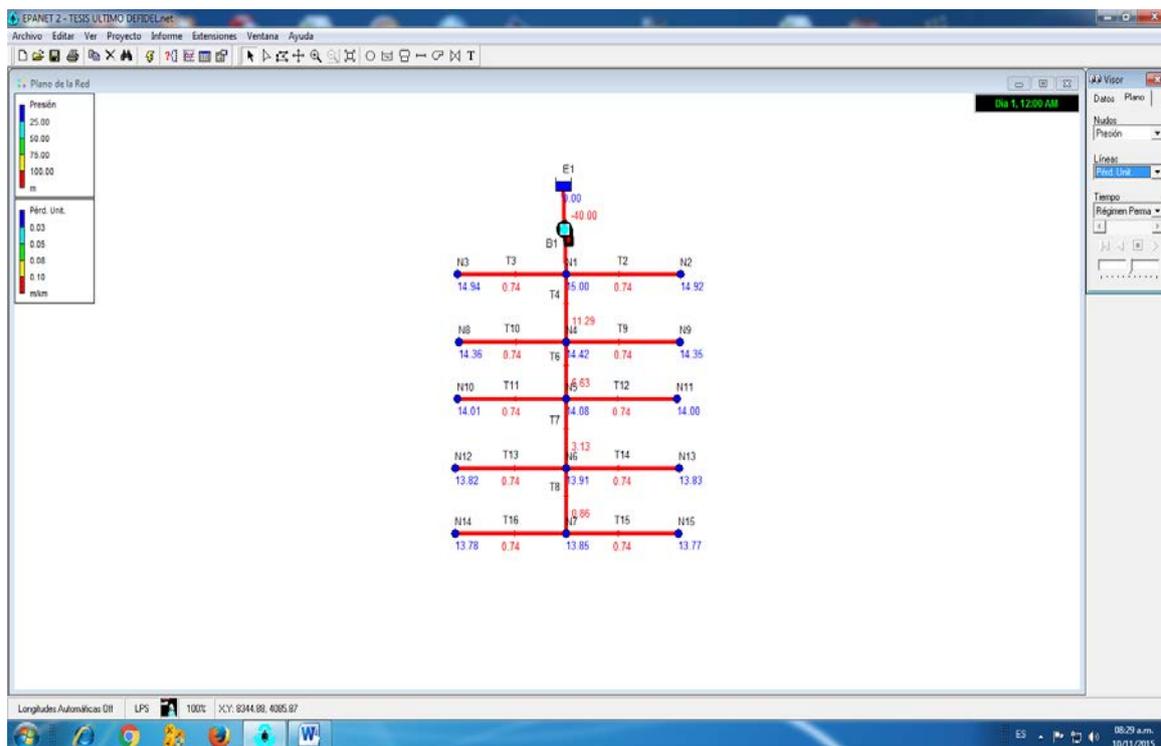
- En la siguiente ventana se aprecia el cálculo de Presiones en los Nudos del sistema de riego por goteo.



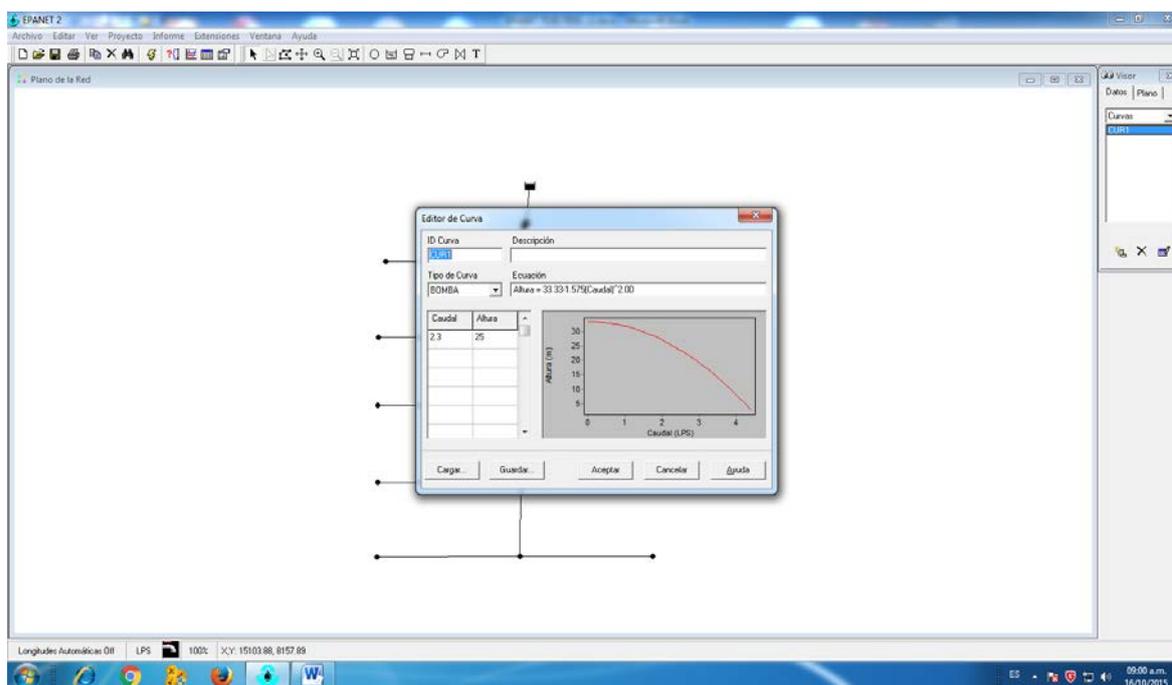
- En la siguiente ventana se aprecia la longitud de la tubería principal y secundaria del sistema de riego por goteo.



- En la siguiente ventana se aprecia la Perdida de Carga en el sistema de riego por goteo.



- En la siguiente ventana se aprecia la curva de la Bomba con respecto a la Altura o elevación vs Caudal (Q=2.3 litros/segundo), para el sistema de riego por goteo, en la Estación Experimental ILLPA INIA Puno.



ANEXO – 02

- DATOS METEOROLÓGICOS

ANEXO: DATOS DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

AÑO	ENER.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL (mm)
1964	96.2	95.0	112.9	54.1	11.8	0.0	0.0	6.6	22.2	7.8	50.2	47.8	408.4
1965	120.5	174.8	62.0	30.1	0.8	0.0	0.6	7.1	32.2	14.0	47.7	174.2	664.0
1966	32.5	79.9	15.0	13.0	40.3	0.0	0.5	0.0	1.0	42.9	61.0	27.8	313.9
1967	75.4	108.3	223.2	12.8	12.9	0.0	16.9	27.8	63.5	43.7	4.0	121.5	710.0
1968	120.7	117.4	111.4	62.7	10.4	12.3	3.7	2.8	15.5	59.4	59.1	50.0	625.4
1969	164.5	98.6	68.4	33.7	0.0	0.2	3.2	0.9	4.5	25.7	52.6	51.5	503.8
1970	142.4	55.5	189.5	32.0	7.5	0.0	0.0	0.9	10.4	18.0	14.6	97.2	568.0
1971	101.0	268.2	28.4	25.2	0.0	2.9	0.0	9.1	1.2	19.5	93.5	103.6	652.6
1972	210.8	130.9	164.0	37.2	6.6	0.0	0.0	0.0	37.3	32.6	46.1	132.6	798.1
1973	238.2	131.7	159.1	97.6	13.3	0.0	1.8	6.1	32.5	16.4	29.8	70.8	797.3
1974	253.0	206.8	54.9	57.6	0.2	2.5	0.2	51.2	36.5	12.5	27.3	48.1	750.8
1975	157.2	177.6	158.6	37.5	43.7	0.7	0.1	6.5	48.7	53.3	24.7	235.2	943.8
1976	200.2	149.5	169.2	25.6	9.9	0.4	1.4	16.9	44.4	9.1	11.6	119.8	758.0
1977	49.1	206.1	209.8	5.8	8.8	0.0	2.3	0.0	48.1	53.9	49.7	108.8	742.4
1978	224.5	95.3	136.3	28.3	0.4	0.0	3.2	0.4	17.5	24.9	143.7	155.0	829.5
1979	131.2	35.2	143.1	44.1	1.4	0.0	0.9	1.8	8.5	45.5	31.7	83.9	527.3
1980	60.8	57.3	258.4	18.5	1.3	0.1	4.9	13.5	66.1	72.8	25.8	34.9	614.4
1981	133.9	207.3	111.3	68.9	4.7	0.0	0.0	37.8	21.1	25.6	49.0	129.0	788.6
1982	232.1	83.5	99.7	75.0	2.6	5.2	1.9	0.0	52.6	114.4	103.0	24.5	794.5
1983	20.7	70.4	57.6	55.5	14.2	2.3	1.5	4.8	46.4	26.7	29.8	104.2	434.1
1984	318.9	86.2	223.0	44.4	18.3	4.2	3.7	25.7	0.0	157.5	73.8	96.2	1051.9
1985	130.0	337.6	12.3	90.7	24.9	27.3	0.0	8.2	40.1	32.7	123.5	134.2	961.5
1986	145.1	251.1	221.2	105.8	0.1	0.0	5.2	8.4	42.0	4.2	9.2	131.6	923.9
1987	224.3	71.5	73.8	44.2	1.7	3.8	12.5	0.0	4.3	58.4	110.8	25.4	630.7
1988	213.4	73.5	228.9	72.9	23.3	0.0	0.3	0.0	20.5	70.5	46.2	99.1	848.6
1989	203.8	130.0	137.1	100.9	0.0	0.4	1.7	14.7	17.6	14.2	21.4	42.9	684.7
1990	167.2	22.4	59.9	43.0	12.1	54.7	0.0	11.8	10.1	107.9	91.7	63.0	643.8
1991	124.1	67.7	185.8	46.2	6.8	33.6	0.0	3.0	14.7	20.4	44.2	50.3	596.8
1992	66.0	89.7	15.7	38.8	0.0	0.5	2.3	42.2	0.0	34.4	29.4	55.1	374.1
1993	175.6	100.7	107.0	52.5	6.6	1.1	0.0	37.9	18.0	69.1	79.2	111.5	759.2
1994	180.0	183.1	113.3	116.2	29.9	0.4	0.0	0.0	18.3	36.6	52.6	73.2	803.6
1995	122.7	102.9	124.0	2.1	4.1	0.0	0.0	3.0	21.9	15.3	50.3	80.2	526.5
1996	252.7	130.5	60.8	76.3	0.0	0.0	2.9	12.8	0.8	10.4	88.3	118.0	753.5
1997	239.6	213.2	98.6	88.6	0.9	0.0	0.0	21.9	108.2	30.1	62.9	44.9	908.9
1998	196.4	115.5	135.3	25.4	0.0	4.9	0.0	4.3	4.5	26.9	43.9	58.0	615.1
1999	193.7	244.5	202.0	86.0	7.5	0.0	1.5	1.9	16.1	150.3	32.0	68.4	1003.9
2000	167.1	210.0	105.1	40.3	0.4	2.3	4.2	17.9	14.6	95.8	13.9	69.0	740.6
2001	248.7	214.6	224.1	69.8	12.2	2.2	0.0	12.5	27.1	68.4	46.2	81.0	1006.8
2002	129.6	180.0	170.6	105.3	15.4	21.1	22.7	30.6	11.6	65.9	43.8	112.2	908.8
2003	174.5	114.4	113.4	46.1	36.7	4.8	0.2	9.6	42.9	25.4	14.3	131.8	714.1
2004	208.9	125.2	115.5	29.2	6.2	0.0	10.2	43.0	34.3	5.6	41.2	59.1	678.4
2005	103.3	157.9	134.6	45.7	0.4	0.0	0.0	0.0	11.8	39.5	80.5	100.8	674.5
2006	291.1	64.3	159.6	44.6	0.9	0.0	0.0	0.6	21.2	37.4	53.8	101.5	775.0
2007	84.8	171.0	236.7	49.7	10.6	0.0	3.3	1.6	61.3	77.0	44.2	74.1	814.3
2008	209.7	85.8	95.0	8.4	6.8	1.4	0.2	0.8	2.4	79.4	27.2	144.2	661.3
2009	154.0	136.1	148.3	83.0	0.4	0.0	2.5	0.0	16.4	56.4	88.9	62.5	748.5
2010	99.3	192.8	56.3	12.3	16.1	0.0	0.0	7.1	2.9	33.4	15.0	146.7	581.9
2011	122.4	202.9	116.5	46.8	4.8	0.0	6.4	6.5	48.7	53.3	24.7	235.2	868.2
2012	180.0	183.1	113.3	116.2	29.9	0.4	0.0	0.0	18.3	36.6	52.6	73.2	803.6
2013	103.3	157.9	134.6	45.7	0.4	0.0	0.0	0.0	11.8	39.5	80.5	100.8	674.5
MÁXIMA	318.9	337.6	258.4	116.2	43.7	54.7	22.7	51.2	108.2	157.5	143.7	235.2	1848.0
MÍNIMA	20.7	22.4	12.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	4.0	24.5	90.2

ANEXO: DATOS METEOROLÓGICOS DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑOS	ENER	FEB.	MAR.	ABRL	MAY.	JUN.	JUL.	AGO T	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA ANUAL
1964	8.0	10.2	9.9	9.5	7.8	6.0	5.2	7.8	7.4	8.1	8.4	9.2	8.13
1965	9.2	9.4	8.9	8.8	8.0	5.6	6.4	6.8	8.4	9.9	10.2	10.2	8.48
1966	10.9	10.6	10.0	8.8	7.2	6.3	5.8	7.9	9.2	10.3	10.1	10.6	8.97
1967	10.9	9.9	9.4	8.6	7.8	6.7	6.1	7.0	8.3	9.2	10.1	8.6	8.55
1968	9.3	9.6	8.6	7.9	6.8	6.1	5.4	6.8	8.2	9.9	9.5	10.0	8.17
1969	9.3	10.2	10.1	9.8	7.9	6.5	5.8	6.3	8.4	10.1	11.2	10.6	8.85
1970	10.1	9.6	8.8	8.8	7.5	7.1	6.2	7.4	8.5	9.9	10.6	9.8	8.69
1971	10.0	8.6	9.6	8.5	6.4	6.4	5.3	6.8	8.1	8.3	9.1	9.6	8.05
1972	8.6	8.8	9.2	8.8	6.9	5.5	6.7	7.2	8.4	9.8	11.2	10.4	8.45
1973	10.7	10.7	10.3	9.4	8.0	6.2	5.7	7.4	8.3	10.4	10.7	10.2	9.00
1974	9.4	9.3	9.4	8.6	7.0	6.4	6.6	5.9	7.8	9.2	10.0	9.8	8.28
1975	9.0	9.6	9.5	9.0	7.4	6.7	4.8	7.0	8.4	8.2	9.5	9.3	8.20
1976	8.9	9.3	9.4	8.1	6.6	5.7	6.1	6.5	7.6	8.9	9.2	10.2	8.04
1977	10.6	9.9	9.5	8.8	6.7	5.1	6.6	7.0	8.1	9.2	10.4	10.2	8.50
1978	9.8	10.5	9.4	9.0	7.3	6.6	5.2	7.3	7.8	9.2	9.6	10.1	8.48
1979	9.5	10.5	10.0	8.6	7.0	7.2	5.9	6.6	9.0	9.6	10.8	10.3	8.75
1980	10.7	10.3	9.7	9.0	7.2	6.6	6.6	7.4	8.3	9.7	10.4	9.8	8.80
1981	10.4	9.5	9.4	8.1	6.8	5.0	5.6	6.2	7.0	9.1	10.6	10.7	8.20
1982	9.7	10.3	9.9	8.1	6.2	5.3	5.3	6.5	7.5	9.2	10.3	10.4	8.225
1983	11.7	11.0	11.4	10.4	8.4	7.1	7.4	7.3	8.5	8.6	9.9	10.3	9.33
1984	9.2	9.1	9.6	8.7	7.6	6.7	5.4	6.4	7.2	9.6	9.7	10.0	8.26
1985	9.6	9.2	9.7	9.0	7.8	6.2	5.3	7.0	8.0	8.7	8.6	9.1	8.18
1986	9.6	9.2	9.2	8.8	6.1	5.5	4.4	6.3	7.4	8.4	9.6	9.9	7.86
1987	10.0	9.8	9.4	9.0	8.0	6.1	5.8	7.2	8.8	9.5	10.8	11.3	8.80
1988	10.6	10.5	10.0	9.2	7.8	5.6	5.9	7.3	9.0	9.4	10.3	10.1	8.80
1989	9.2	8.7	8.8	8.6	7.3	6.4	5.3	7.1	8.7	10.0	9.6	10.7	8.36
1990	10.0	9.7	9.5	9.0	8.0	5.8	5.8	6.6	7.8	9.6	9.8	10.4	8.50
1991	10.2	10.5	9.9	9.0	7.1	5.4	5.6	6.7	7.8	9.5	9.5	10.2	8.45
1992	9.8	9.8	9.8	9.5	8.2	6.5	5.8	6.1	8.4	9.2	9.7	10.5	8.60
1993	9.6	9.5	9.5	9.6	8.0	5.9	7.2	7.5	9.0	10.0	10.8	11.6	9.01
1994	10.9	10.3	9.7	9.5	7.7	6.1	6.4	7.4	9.1	10.0	10.9	10.9	9.07
1995	11.1	10.7	10.0	9.9	8.0	6.5	7.0	8.5	9.6	10.9	11.1	9.9	9.43
1996	10.3	10.0	10.2	9.7	8.1	6.5	6.8	8.6	9.4	11.0	9.7	10.4	9.22
1997	9.7	9.0	8.9	7.6	7.1	6.0	6.9	6.9	8.9	9.9	10.6	12.2	8.64
1998	12.3	12.5	11.6	10.9	8.6	7.8	7.2	8.9	9.9	11.2	11.6	12.3	10.40
1999	11.0	10.3	10.3	9.9	8.2	6.7	7.9	8.7	9.7	10.4	11.1	12.0	9.68
2000	10.7	10.4	10.3	9.8	9.0	7.3	6.5	8.3	9.9	9.6	10.7	10.2	9.39
2001	9.7	10.4	9.9	9.6	8.0	7.5	6.3	7.1	9.5	10.2	11.6	10.8	9.21
2002	11.1	10.8	10.8	9.9	8.6	7.5	6.1	7.8	9.3	10.1	11.0	11.2	9.51
2003	11.4	11.4	10.6	9.6	8.1	6.3	6.7	7.4	8.2	10.0	11.2	11.8	9.39
2004	10.6	10.9	11.2	10.1	7.8	6.4	6.6	7.4	9.0	10.7	11.4	12.0	9.50
2005	11.4	10.7	11.0	10.3	8.4	6.4	7.5	7.6	9.5	10.4	10.9	11.8	9.65
2006	10.4	11.1	11.1	9.8	7.3	7.0	6.3	8.2	9.2	10.8	11.5	11.7	9.53
2007	11.7	11.4	10.4	10.2	9.0	7.9	7.0	8.6	9.3	10.5	10.4	11.2	9.80
2008	10.8	10.7	10.3	9.3	7.6	7.4	6.8	7.9	9.0	10.5	11.7	10.9	9.40
2009	10.9	11.1	10.5	9.4	6.5	6.5	7.5	7.6	10.0	11.1	12.1	12.0	9.60
2010	11.9	11.9	12.0	11.1	8.9	8.8	7.9	9.1	10.3	11.3	11.7	11.7	10.55
2011	11.6	10.7	10.5	9.8	8.3	7.4	7.3	7.6	9.5	10.4	10.9	10.4	9.53
2012	12.3	12.5	11.6	10.9	8.6	6.5	6.8	8.6	9.4	11.0	9.7	10.2	9.84
2013	11.7	11.4	10.4	10.2	7.1	5.4	5.6	6.7	7.8	11.2	11.6	10.5	9.13
TOTAL	508.0	512.0	499.1	464.5	381.7	322.1	312.3	366.2	431.8	491.9	521.6	528.2	444.95

MEDI A	10.4	10.2	10.0	9.3	7.6	6.4	6.2	7.3	8.6	9.8	10.4	10.6	8.9163
-----------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	--------

ANEXO: DATOS METEOROLÓGICOS DE HUMEDAD RELATIVA (%)

AÑOS	ENER.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM.
1964	40	53	55	57	52	45	54	69	55	48	44	37	51,73
1965	43	63	56	53	37	38	37	46	39	43	46	45	45,50
1966	47	67	62	50	42	43	43	36	41	46	44	48	47,42
1967	53	55	76	57	57	43	49	51	57	50	41	59	54,00
1968	63	66	67	52	51	50	40	48	48	50	66	62	55,25
1969	73	70	66	50	40	37	37	39	44	42	42	47	48,92
1970	63	62	65	61	45	36	38	33	42	41	37	61	48,67
1971	64	71	61	54	39	34	38	43	36	36	38	55	47,42
1972	69	63	65	50	40	34	40	33	48	41	48	53	48,67
1973	68	64	66	58	43	36	41	42	54	47	45	52	51,33
1974	68	71	59	58	40	40	41	51	47	44	41	52	51,00
1975	63	72	66	52	53	45	40	41	50	47	41	66	53,00
1976	68	63	63	50	47	40	43	43	51	31	34	56	49,08
1977	54	69	72	54	45	41	46	36	48	46	55	54	51,67
1978	67	59	60	57	42	42	39	44	43	43	56	61	51,08
1979	66	60	63	53	43	45	44	43	41	51	47	56	51,00
1980	51	53	65	45	39	41	45	42	47	50	41	45	47,00
1981	61	66	59	51	43	29	31	37	37	40	40	48	45,17
1982	62	53	57	50	32	32	36	37	41	46	51	43	45,00
1983	47	49	45	47	37	31	32	46	42	42	36	48	41,83
1984	64	65	62	49	42	39	35	32	27	50	52	49	47,17
1985	52	63	56	55	48	41	31	35	44	38	51	57	47,58
1986	59	65	65	62	39	33	36	37	42	37	46	55	48,00
1987	64	54	58	51	39	41	42	41	42	48	47	46	47,75
1988	66	58	61	56	48	38	40	41	42	42	40	52	48,67
1989	59	58	58	54	44	41	39	39	37	40	38	38	45,42
1990	59	50	50	51	41	44	33	40	36	51	56	54	47,08
1991	57	56	60	52	37	35	36	42	40	40	39	41	44,58
1992	58	50	43	40	30	40	36	40	32	39	37	45	40,83
1993	57	48	56	54	43	35	38	43	25	48	51	54	46,00
1994	56	59	60	60	49	38	36	39	43	37	48	48	47,75
1995	53	69	56	42	39	38	38	36	44	37	44	47	45,25
1996	56	58	54	54	43	31	29	36	27	35	45	54	43,50
1997	61	65	66	54	46	41	44	46	49	46	45	53	51,33
1998	63	66	66	54	44	40	42	42	47	45	45	55	50,75
1999	65	65	66	54	45	40	42	41	48	45	45	56	51,00
2000	65	65	66	54	45	40	41	42	47	45	45	56	50,92
2001	66	66	65	64	57	56	57	48	57	58	58	63	59,58
2002	67	68	61	53	50	43	58	59	61	65	61	66	59,33
2003	71	71	73	63	58	57	59	59	60	53	59	64	62,25
2004	79	71	67	67	51	53	56	63	59	52	58	62	61,50
2005	66	69	67	63	52	50	48	46	49	55	56	63	57,00
2006	77	71	74	67	56	56	51	55	53	55	62	65	61,83
2007	69	70	75	70	58	56	52	50	64	58	63	66	62,58
2008	78	70	70	59	50	44	48	47	47	54	53	62	56,83
2009	65	69	65	61	50	44	44	40	46	53	50	59	53,83
2010	64	68	64	59	56	53	45	47	49	53	46	66	55,83
2011	69	80	78	69	62	56	56	36	44	37	44	47	56,50
2012	65	65	66	54	45	40	41	63	61	65	61	66	57,67
2013	65	65	66	54	45	40	42	41	48	47	45	52	50,83

TOTAL	3065	3166	3142	2758	2279	2085	2109	2186	2281	2312	2383	2709	2539,6
MEDIA	62,6	63,3	62,8	55,2	45,6	41,7	42,2	43,7	45,6	46,2	47,7	54,2	50,90

ANEXO – 03

- CATALOGO DE ELECTRO - BOMBA



KB

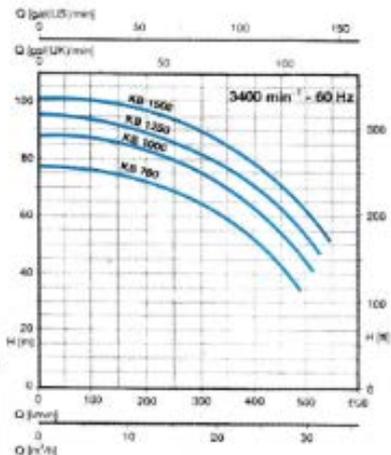
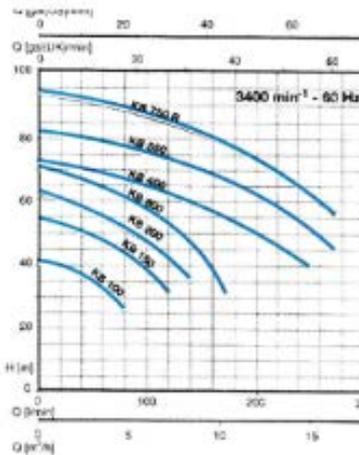
ELECTROBOMBAS CENTRIFUGAS DOBLE TURBINA KB



KB 550



KB 1500



DATOS TÉCNICOS

TIPO - MODELO		Pot. nominal		Pot. absorbida		I (A)		Caudal (m³/h - l/min)											DNA	DNM
1~	3~	kW	HP	1~	3~	1x230V 60Hz	3x230V 60Hz	1.2	2.4	4.8	7.2	8.4	10.5	15	18.5	21	30			
Monofásico	Trifásico					kW				Altura manométrica (m)										
KB 100	KB 100 T	0.75	1	1.25	1.25	6	4.2	39.5	36.5	23									1" G	1" G
KB 150	KB 150 T	1.1	1.5	2	2	9.5	6.4	52.5	50	43.7	32.5								1" 1/2 G	1" G
KB 200	KB 200 T	1.5	2	2.5	2.5	11.5	7.5	60	57.5	51	42.5	36							1" 1/2 G	1" G
KB 300	KB 300 T	2.2	3	2.97	2.94	13.7	9	68	66	60	52.5	47	30						1" 1/2 G	1" G
KB 400	KB 400 T	3	4	4.65	4.65	21	14.8	70	68	66	62	59.5	54	40					1" 1/2 G	1" 1/2 G
KB 550	KB 550 T	4	5.5	6.6			18.2	80	78.5	76	72.5	70	66	52.5	45				1" 1/2 G	1" 1/2 G
	KB 750 R	5.5	7.5	7.2			21.5	92.5	91	88.5	85	82	78	64	55				1" 1/2 G	1" 1/2 G
	KB 750 T	5.5	7.5	8			22.5	77	76.5	76	75	74	73	69	67.5	60	35	2" G	1" 1/2 G	
	KB 1000 T	7.5	10	9.6			28.5	87.5	87	86.5	86	85.5	84	81	79	72	48.5	2" G	1" 1/2 G	
	KB 1250 T	9	12.5	10.45			31	94	94	93.5	92.5	92	91	87.5	85.5	79.5	56	2" G	1" 1/2 G	
	KB 1500 T	11	15	11			33.7	100	100	99	98.5	98	97	94	93	86	67	2" G	1" 1/2 G	

ELECTROBOMBAS CENTRIFUGAS DOBLE RODETE SERIE KB

Electrobombas centrifugas caracterizadas por la utilización de dos rodetes contrapuestos. Estas máquinas, adecuadas para bombear agua limpia y líquidos mecánicamente y/o químicamente no agresivos para los materiales de fabricación, están particularmente indicadas para aquellas aplicaciones que necesitan alturas manométricas elevadas que difícilmente pueden ser obtenidas con bombas mono-rode. CUERPO BOMBA y SOPORTE de fundición; RODETES en aleación de latón moldeadas; EJE de acero inoxidable (por lo menos en la parte en contacto con el líquido bombeado); SELLO MECÁNICO de cerámica-gráfico; MOTOR ELÉCTRICO a inducción, cerrado y autoventilado; aislamiento en clase F, grado de protección IP44. Ejecución estándar: 230V 60Hz monofásico, con protector térmico incorporado hasta potencias de 2.2 kW; 230/400V 60Hz o bien 400/690V 60 Hz para electrobombas trifásicas con potencias mayores o iguales a los 5.5kW. Para las máquinas trifásicas y las monofásicas con potencia superior a los 2.2 kW, la protección eléctrica corre por cuenta del usuario. Temperatura máx. líquido bombeado: 90°C; presión máx. de ejercicio: 6 bar para KKB 100, 11 para los otros modelos.

FUNCIONAMIENTO - LIMITES DE USO - UTILIZACIONES E INSTALACIONES

- Potencia nominal: 1-1.5-2-3-4-5.5-7.5-10-12.5-15Hp (0.75-1.1-1.5-2.2-3-4-5.5-7.5-9-11 kW) en versión trifásica; las electrobombas con potencia nominal 1-1.5-2-3-4 Hp están disponibles también en versión monofásica.
- Caudal hasta 500 l/min (30 m³/h)
- Altura manométrica hasta 100 m C.A.
- Altura de aspiración hasta aproximadamente 7m.
- Temperatura máxima del líquido bombeado: 90°C.
- Presión máxima de ejercicio: 6 bar para la electrobomba tipo KB 100 y 11 bar para los modelos restantes.

Estas electrobombas son adecuadas para bombear agua y líquidos química y mecánicamente no agresivos a los materiales empleados. La serie KB, tanto desde el punto de vista del funcionamiento como del dimensionamiento (eléctrico, mecánico, hidráulico) ha sido expresamente estudiada para la utilización industrial: su empleo resulta obligatorio cuando se requieren elevadas preponderancias difícilmente obtenibles con bombas mono-rode.

Por su fiabilidad, simplicidad de uso y ausencia de mantenimiento, la serie KB encuentra un vasto empleo en campo doméstico y particularmente para la distribución de agua en acoplamiento con pequeños y medianos tanques auto-claves; es particularmente indicada para realizar grupos de presurización, para instalaciones hídricas y de riego por aspersión y para muchos otros usos en los más variados campos de aplicación.

DATI TECNICI - TECHNICAL DATA - DONNEES TECHNIQUES - DATOS TECNICOS

TIPO - TYPE TYPE - MODELO		Pot. nominale Nominal Power Puiss. nominale Pot. nominal		Pot. assorbita Input Power Puiss. absorbée Pot. absorbida		I (A)		Portata - Capacity - Débit - Caudal (m ³ /h - l/min)													DNA	DNM						
1-	3-	kW	HP	1-	3-	1x220V 60Hz	3x380V 60Hz	0.6	1.2	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.4	12	15	18								
Monofase Singlephase Monophasé	Trifase Threephase Triphasé							10	20	30	45	60	75	90	105	120	140	200	250	300								
KM 50	KM 50 T	0.37	0.5	0.59	0.85	2.8	1.1	21.5	21	19	17.5	16	14	12											1" G	1" G		
KM 80	KM 80 T	0.59	0.8	0.9	0.94	4.5	1.7	26.5	26	25	23.5	22	20	17.5	14											1" G	1" G	
KM 100	KM 100 T	0.74	1	1.16	1.17	5.7	2	33	32.5	31.5	30.5	29.5	27.5	25	21											1" G	1" G	
KM 85	KM 85 T	0.59	0.8	0.9	0.94	4.5	1.7	26.5	26	25	23.5	22	20	17.5	14											1" G	1" G	
KM 105	KM 105 T	0.74	1	1.16	1.17	5.7	2	33	32.5	31.5	30.5	29.5	27.5	25	21											1" G	1" G	
KM 150	KM 150 T	1.1	1.5	1.85	1.85	8.8	3.4	40.5	40	39	38	37	34.5	31	27.5											1" G	1" G	
-	KM 200 T	1.65	2.2	-	2.30	-	4.2	50.5	50	49	47.5	46	44.5	42	39	35										1" G	1" G	
-	KM 300 T	2.2	3	-	2.85	-	5.2	58.5	58	57	56	55	54	51	48	44	35									1" G	1" G	
KM 154	KM 154 T	1.1	1.5	1.85	1.85	8.8	3.4	40.5	40	39	38	37	34.5	31	27.5											1" G	1" G	
-	KM 204 T	1.65	2.2	-	2.30	-	4.2	50.5	50	49	47.5	46	44.5	42	39	35										1" G	1" G	
-	KM 304 T	2.2	3	-	2.85	-	5.2	58.5	58	57	56	55	54	51	48	44	35									1" G	1" G	
KM 400	KM 400 T	3	4	4.65	3.80	21	6.8	46.5	46.3	46.2	46	45.2	44.8	43.5	42.9	42	41.1	37.5	32.5							2" G	1" G	
-	KM 550 T	4	5.5	-	5.20	-	9.6	56.1	55.8	55.7	55	54.9	54.9	54.5	53.9	53.5	52.1	50	46	40							2" G	1" G

Mod. KM 50-80-100: CORPO POMPA in ghisa; SUPPORTO in ghisa; GIRANTE in ottone oppure a richiesta in acciaio. / Cast iron PUMP BODY; cast iron PUMP BRACKET; noryl or on request brass IMPELLER. / CORPS DE POMPE en fonte; SUPPORT en fonte; ROUE en noryl ou sur demande en laiton. / CUERPO BOMBA en fundición; SOPORTE en fundición; RODETE en noryl o bajo demanda en latón.

Mod. KM 85-105: CORPO POMPA in ghisa; SUPPORTO in alluminio; GIRANTE in noryl oppure a richiesta in ottone. / Cast iron PUMP BODY; aluminium alloy PUMP BRACKET; noryl or on request brass IMPELLER. / CORPS DE POMPE en fonte; SUPPORT en alliage d'aluminium; ROUE en noryl ou sur demande en laiton. / CUERPO BOMBA en fundición; SOPORTE en aleación de aluminio; RODETE en noryl o bajo demanda en latón.

Mod. KM 150-550: CORPO POMPA in ghisa; SUPPORTO in ghisa; GIRANTE in ottone. / Cast iron PUMP BODY; cast iron PUMP BRACKET; brass IMPELLER. / CORPS DE POMPE en fonte; SUPPORT en fonte; ROUE en laiton. / CUERPO BOMBA en fundición; SOPORTE en fundición; RODETE en latón.

Temperatura max del liquido pompato: 50 °C con girante in noryl o con supporto in alluminio, 90 °C con girante in ottone; pressione max di esercizio: 8 bar. / Max temperature of pumped liquid: 50°C with noryl impeller or with aluminium alloy pump bracket, 90°C with brass impeller; max working pressure: 8 bar. / Température maxi. du liquide pompé: 50°C avec roue en noryl ou avec support en alliage d'aluminium, 90°C avec roue en laiton; pression maxi. de fonctionnement: 8 bar. / Temperatura máx. líquido bombeado: 50 °C con rodete en noryl o con soporte en aleación de aluminio 90 °C con rodete en latón; presión máx. de ejercicio: 8 bar.

DATI TECNICI - TECHNICAL DATA - DONNEES TECHNIQUES - DATOS TECNICOS

TIPO - TYPE TYPE - MODELO		Pot. nominale Nominal Power Puiss. nominale Pot. nominal		Pot. assorbita Input Power Puiss. absorbée Pot. absorbida		I (A)		Portata - Capacity - Débit - Caudal (m ³ /h - l/min)													DNA	DNM						
1-	3-	kW	HP	1-	3-	1x220V 60Hz	3x380V 60Hz	0	1.5	3	4.5	6	7.5	9	10.5	12	15	18	24	30			36					
Monofase Singlephase Monophasé	Trifase Threephase Triphasé							0	25	50	75	100	125	150	175	200	250	300	400	500			600					
KB 100	KB 100 T	0.74	1	1.17	1.15	5.4	2.4	44	41.5	37	22.5															1" G	1" G	
KB 160	KB 160 T	1.1	1.5	2.30	2.20	10.2	4.1	53	51	48	44	40														1" G	1" G	
KB 210	KB 210 T	1.5	2	2.80	2.45	11.5	4.8	58	56	53	49	44	38													1" G	1" G	
-	KB 310 T	2.2	3	-	2.80	-	5.2	64	62	59	55	50	43	37												1" G	1" G	
KB 400	KB 400 T	3	4	4.35	4.5	21.5	7.5	66.9	63.9	63.3	61	58.4	55.2	51.5	47.8	44.2										1" G	1" G	
KB 550	KB 550 T	4	5.5	5.6	5.45	27	9.5	76.7	77.1	76.1	74.6	72	69.4	66	62.4	58.7										1" G	1" G	
-	KB 750 RT	5.5	7.5	-	8.1	-	14.7	90	89	88.6	87	84.8	82.3	79.2	76.3	72.5	62.7									1" G	1" G	
-	KB 750 T	5.5	7.5	-	8.85	-	15	77	76.5	75.7	74.9	74	73.5	73	71.2	70.5	66.4	62.8	51.6	36						1" G	1" G	
-	KB 1000 T	7.5	10	-	10.35	-	17.2	86.4	86.1	85.8	85.3	84.8	84	83.2	81.5	80.7	77.7	74.3	65	51.1						1" G	1" G	
-	KB 1250 T	9.2	12.5	-	11.1	-	18.9	93.6	93.1	92.5	91.8	91	90	88.9	87.6	86.3	83	79.7	70.5	55.2							1" G	1" G
-	KB 1500 T	11	15	-	12.1	-	20.4	98.7	98.6	98.5	98	97.6	97	96.4	95.3	94.2	91.5	87.6	78.2	62.3	40.9						2" G	1" G

Mod. KB 100: CORPO POMPA in ghisa; SUPPORTO in ghisa; GIRANTE in ottone oppure a richiesta in acciaio. / Cast iron PUMP BODY; cast iron PUMP BRACKET; brass or on request noryl IMPELLER. / CORPS DE POMPE en fonte; SUPPORT en fonte; ROUE en laiton ou sur demande en noryl. / CUERPO BOMBA en fundición; SOPORTE en fundición; RODETE en latón o bajo demanda en noryl.

Temperatura max del liquido pompato: 50 °C con girante in noryl, 90 °C con girante in ottone; pressione max di esercizio: 8 bar. / Max temperature of pumped liquid: 50°C with noryl impeller, 90°C with brass impeller; max working pressure: 8 bar. / Température maxi. du liquide pompé: 50°C avec roue en noryl, 90°C avec roue en laiton; pression maxi. de fonctionnement: 8 bar. / Temperatura máx. líquido bombeado: 50 °C con rodete en noryl, 90 °C con rodete en latón; presión máx. de ejercicio: 8 bar.

Mod. KB 160-1500: CORPO POMPA in ghisa; SUPPORTO in ghisa; GIRANTE in ottone. / Cast iron PUMP BODY; cast iron PUMP BRACKET; brass IMPELLER. / CORPS DE POMPE en fonte; SUPPORT en fonte; ROUE en laiton. / CUERPO BOMBA en fundición; SOPORTE en fundición; RODETE en latón.

Temperatura max del liquido pompato: 90 °C; pressione max di esercizio: 11 bar. / Max temperature of pumped liquid: 90°C; max working pressure: 11 bar. / Température maxi. du liquide pompé: 90°C; pression maxi. de fonctionnement: 11 bar. / Temperatura máx. líquido bombeado: 90 °C; presión máx. de ejercicio: 11 bar.

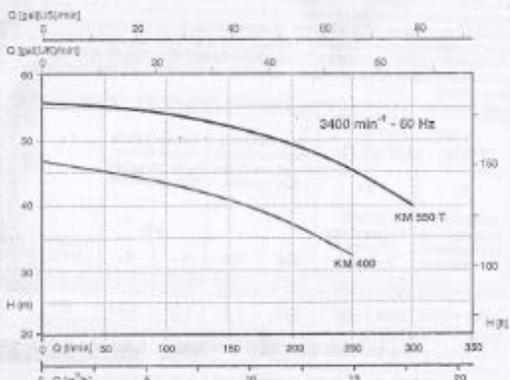
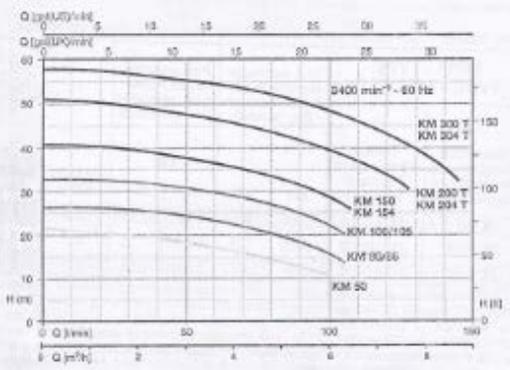
serie KM
SINGLE IMPELLER CENTRIFUGAL ELECTRIC PUMPS



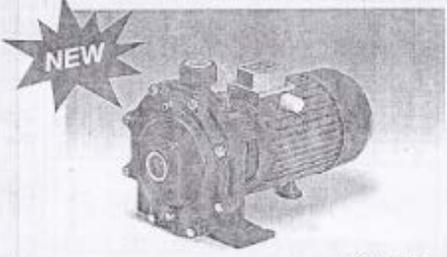
KM 50



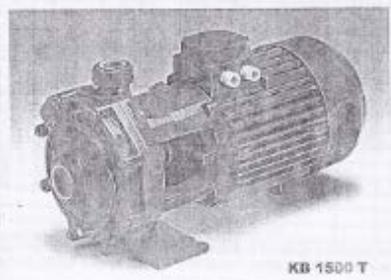
KM 150



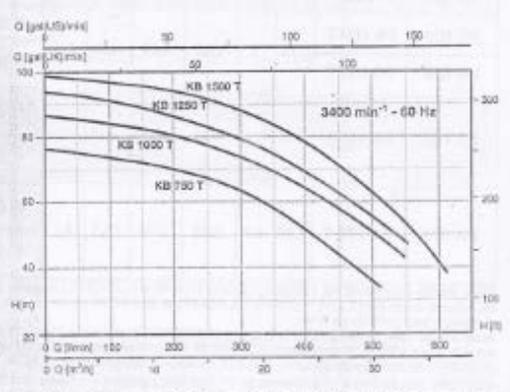
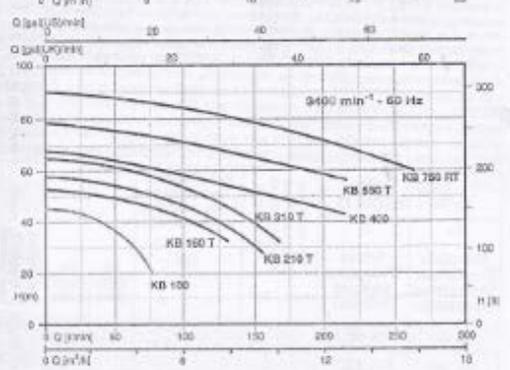
serie KB
TWIN IMPELLER CENTRIFUGAL ELECTRIC PUMPS



KB 550 T



KB 1500 T



ANEXO – 04

- CATALOGO DEL PROGRAMA IRREMETZER

IrriMetzer

Programa para cálculos de laterales de goteo para sistemas de riego de Metzerplas

El programa ha sido elaborado por **Meidan Engineering & Computers LTD**, en cooperación con **Metzerplas**, quien ha proporcionado la información tecnológica, los conocimientos y el fruto de la experiencia acumulada a lo largo de los años. Para recibir soporte técnico y servicio en todo lo referido a la operación del programa o fallas en el mismo, por favor dirigirse a:

www.meidan.co.il

Meidan Engineering & Computers LTD

Tel: +972-4-8201022

E-mail: chovav@meidan.co.il

Guía para el usuario del programa

IrriMetzer

1. General

El objetivo del programa **IrriMetzer** consiste en suministrar una herramienta fácil y sencilla para la realización de cálculos requeridos para el diseño de sistemas de riego. El diseño incluye cálculos destinados a obtener la longitud máxima de los laterales de riego, cálculos de caudales y mermas a lo largo del lateral, todo ello a fin de definir la solución más adecuada y más económica para las condiciones de trabajo requeridas. El programa incluye toda la base de datos de los goteros de **Metzerplas**, así como la de los tubos manufacturados por **Metzerplas**, y ambas pueden ser actualizadas en forma automática en forma directa desde la página web de **Metzerplas**.

2. Conceptos del sistema

1. El sistema se basa en un proceso estructurado de modo tal que conduce al usuario / diseñador en forma lógica, de acuerdo al orden del trabajo que está realizando.
2. El programa se basa en una única pantalla dinámica, la cual se adapta a las partes relevantes del módulo que se encuentra en uso.
3. En el inicio del proceso se solicita al usuario que seleccione el modelo de gotero deseado, y a continuación deberán ingresarse los parámetros requeridos, con lo cual el programa realizará los cálculos del caso y presentará los resultados en forma gráfica y de valores numéricos. De acuerdo a dichos resultados, el diseñador resolverá cómo continuar.
4. Tras el cálculo de los goteros, el usuario puede seleccionar las tuberías de conducción y de distribución, y efectuar los cálculos referidos a las mismas.
5. Seguidamente se solicita al usuario que complete los datos del cliente / proyecto, para quien se realiza el diseño (Información de tipo no obligatorio).
6. Para finalizar, el usuario podrá imprimir en colores los resultados de los cálculos, o remitirlos vía e-mail a **Metzerplas**, a los efectos de recibir asesoramiento.

3. Estructura de la pantalla del programa

La superficie de la pantalla se divide en 5 zonas principales:

A – Zona de menús, ubicada en la franja superior.

B – Zona de selección e ingreso de datos, ubicada en la franja izquierda de la pantalla.

C – Zona gráfica, con fondo cuadrículado, en la cual se expondrán las diversas curvas ligadas a los resultados de los cálculos.

D – Zona de datos y resultados, ubicada debajo de la zona gráfica.

4. Guía del usuario

La barra superior de menús presenta los módulos del programa por orden de aplicación, incluyendo:

1. **Metzerplas Logo:** Cliqueando sobre el logo de **Metzerplas** el usuario se conectará en forma directa con el sitio web de **Metzerplas**, pudiendo ver allí las últimas novedades y noticias de la empresa (Nota: Requiere conexión a Internet).
2. **Maximum Lateral Length Calculator:** Al cliquearse el icono de este módulo se presentará en la franja izquierda de la pantalla la zona de selección y definición de parámetros para efectuar el cálculo de longitud máxima de los laterales de riego. El avance del proceso se efectúa en forma racional, desde arriba hacia abajo. En cada

campo de selección es posible elegir de la lista el dato adecuado / deseado, y de tal modo continuar hasta el final de la franja. En la mayoría de los campos figura un dato que suele ser el más usual, pero igualmente es posible modificarlo definiendo un parámetro diferente. En caso de optarse por datos fuera de lo común, el programa emitirá un aviso al respecto.

En la zona inferior de la franja aparece la posibilidad de definir de antemano la longitud deseada del lateral, en cuyo caso el programa calculará las condiciones para dicha longitud. Para ello debe seleccionarse esta opción marcando con un asterisco (V) la ventanilla correspondiente, anotar la longitud deseada y clicar seguidamente el botón CALC para efectuar los cálculos correspondientes.

Tras unos segundos el programa presentará el gráfico de los resultados, así como los valores numéricos de éstos en la franja situada debajo del gráfico.

3. **Lateral Length Tables:** Módulo que permite definir varias posibilidades, como ser datos del declive del terreno y espaciamiento entre goteros, en base a lo cual el programa efectuará el cálculo y expondrá los resultados en forma de tabla de datos. La selección de los parámetros se efectúa como en los otros módulos.
4. **Flow Curve:** Este módulo presenta el gráfico de flujo del lateral seleccionado.
5. **Pipes Calculator:** Este módulo presenta los resultados de los cálculos para las tuberías que se seleccionaron para el sistema de riego.
6. **Project Definition:** Este módulo posibilita registrar los datos del cliente / proyecto para el cual se realiza el diseño. En caso de hacerlo, los mismos aparecerán en el reporte impreso que emitirá el programa. Cabe aclarar que el completado de estos datos no es obligatorio.
7. **Print & mail:** Este módulo posibilita la impresión de reportes a todo color de los datos y resultados, así como su envío por correo electrónico o su derivación a una planilla de Excel.
8. **DB Update:** Este módulo posibilita la actualización de datos en forma automática, por medio del sitio de **Metzerplas** en Internet.
9. **User Guide:** Módulo que incluye la guía del usuario, así como las direcciones a las cuales dirigirse a fin de recibir soporte técnico en caso de apreciarse fallas en el programa, o a fin de solicitar apoyo profesional.

Metzerplas – Términos y Definiciones

Apéndice para la guía del usuario

H ₀	Inlet pressure (m)	Presión inicial en la línea (metros)
D	Nominal diameter (mm)	Diámetro nominal (mm)
d	Inside diameter (mm)	Diámetro interno (mm)
L	Dripper line length (m)	Longitud del lateral de goteo (metros)
b	Spacing between emitters (cm)	Espaciamiento entre goteros (cm)
i	# of emitter	Número de tramo – gotero
V	Flow velocity (m/sec)	Velocidad del flujo (metros/segundo)
Q	Flow rate (m ³ /h)	Caudal (m ³ /h)
q _n	Nominal emitter flow rate	Caudal nominal del gotero
K _d	Emitter head loss coefficient	Coefficiente de merma local del gotero
g	Gravity acceleration	Gravedad
Re	Reinolds number	Número de Reinolds
A	Pipe internal cross section area (m ²)	Superficie del corte interno del tubo (m ²)
H _i	Inlet pressure to segment (m)	Presión inicial en el segmento (m)
h _i	Pressure at end of segment (m)	Presión al final del segmento (m)
Δh	Head loss along segment (m)	Merma de presión por fricción a lo largo del segmento (m)
Z _i	Height difference (m)	Diferencia de nivel entre el inicio y el final del lateral, tendido en declive
h _d	Local head loss at emitter location	Merma de presión local en el gotero
m	Emitter coefficient	Coefficiente de cálculo para el gotero

Esperamos que disfruten del uso de nuestro programa !!!

Depto. de Apoyo Técnico – Metzerplas

ANEXO – 05

- CATALOGO DE GOTERO LIN Y CINTAS

[Home](#) | [Contact us](#)



Metzerplas

[About us](#) | [Irrigation](#) | [Metzerplas SP](#) | [Infrastructure Pipes](#) | [Technology](#) | [Do](#)

INTEGRAL DRIPPER

[Drip-lines](#)

[Irrigation Pipes](#)

[Accessories & Fittings](#)

[Metzerplas Projects](#)

[GDS - Gravity Drip System](#)

[SDI - Subsurface Drip Irrigation](#)

[Download Irrimeter application](#)



[Metzerplas Product Catalogue 2013](#)



[Catalogue english pdf](#)



[Drippers technical pages](#)



LIN

Light flat integral dripper

A light flat integral dripper manufactured under Metzerplas novel insertion technology.

Large inlet filter and turbulent flow pattern designed for clog resistance.

Available in wide range of wall thickness between 0.2 mm – 1.2 mm.

Drippers flow rates: 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 and 4.0 l/hr.

LIN dripline available in wide range of wall thickness between 0.2 - 1.2 mm.

LIN dripline available in wide range of lateral diameters: 12, 16, 17, 20 and 22 mm.

Rootguard® configuration available for extra root protection in SDI.

LIN Dripline Technical Data:

Model	Inside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Min. Working Pressure (bars)*	Max. Wo (bars)
LIN 12	11.4	0.4	0.4	
		0.6		
LIN 16	15.8	0.15	0.4	
		0.2		
		0.4		
		0.6		
LIN 17	15.0	0.9	0.4	
		1.15		
LIN 20	17.4	0.9	0.4	
		1.2		
LIN 22	21.0	1.0	0.4	

LIN 12 mm. Max. lateral length (I.D 11.4 mm, W.T. 0.4 mm, Inlet pressure

Nom. Flow Rate (l/h)	Spacing Between Drippers (m)							
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00	
0.8	65	87	106	123	139	162	196	
1.2	52	69	85	99	111	129	157	
1.6	42	57	70	81	91	107	129	
2.0	37	49	60	70	79	92	112	
4.0	23	31	38	44	50	59	71	

LIN 16 mm. Max. lateral length (I.D 15.8 mm, W.T. 0.4 mm, Inlet pressure

Nom. Flow Rate (l/h)	Spacing Between Drippers (m)							
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00	
0.8	121	161	195	227	256	297	358	
1.2	93	124	151	175	197	228	276	
1.6	77	102	124	144	163	188	227	
2.0	66	88	107	124	141	163	197	
4.0	42	56	68	79	89	103	125	

LIN 20 mm. Max. lateral length (I.D 17.4 mm, W.T. 0.9 mm, Inlet pressure

[Home](#) | [Contact us](#)



Metzerplas

[About us](#) [Irrigation](#) [Metzerplas SP](#) [Infrastructure Pipes](#) [Technology](#) [Do](#)

IRRIGATION PIPES

07/01/13

- > [Drip-lines](#)
- > [Irrigation Pipes](#)
- > [Accessories & Fittings](#)
- > [Metzerplas Projects](#)
- > [GDS - Gravity Drip System](#)
- > [SDI - Subsurface Drip Irrigation](#)

HD PE Irrigation Pipes



Pipe Diameter (O.D. mm)	Diameter/Wall Thickness Rat			
	SDR 41	SDR 26	SDR 21	SDR 17
	PN (Nominal Pressure) Bars			
	PN 4	PN 6	PN 8	PN 10
Nominal Wall Thickness (mm)				
16				1
20			1.5	1
25		1.5	1.9	
32	1.5	1.9		
40	1.6			
50	2.0			
63	2.4			

Download Irrimeter application



Metzerplas Product Catalogue 2013



Catalogue english pdf



Drippers technical pages



Technical Data:

Raw material - HD PE for water.

Outer color - Brown, purple, white, green and more, with a black inner l.

Printed marks - According to standards and customer's specifications.

Packaging -Rolls or metal drums in various lengths.

Connectors - Mechanical, inner welding, electro-fusion connectors.

Technical Data

HD PE Water Pipes



Pipe Diameter (O.D. mm)	Diameter/Wall Thickness Ratio				
	SDR 33	SDR 21	SDR 17	SDR 13.6	SDR 11.9
	PN (Nominal Pressure) Bars				
	PN 4	PN 6	PN 8	PN 10	PN 12.5
Nominal Wall Thickness (mm)					
16					
20					2
25				2	2.3
32			2	2.4	3.0
40		2.0	2.4	3.0	3.7
50		2.4	3	3.7	4.6
63		3.0	3.8	4.7	5.8

<http://metzerplas.com/en-US/43/>

00/11/2013

ANEXO – 06

- ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

INFORMACIÓN GENERAL:

PROCEDENCIA : Centro Experimental Illpa INIA PUNO
INTERTESADO : Bach. Fidel I. Vilca Callata
MOTIVO : Control de calidad de agua con fines de Riego
MUESTREO :14/09/2015
ANÁLISIS :14/09/2015

CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO						
ANALISIS	Pozo N°4	Pozo N°5	Pozo N°2	Pozo N°12	Pozo N°9	OBSRVACIONES
pH	8.22	8.07	7.21	7.28	8.50	
C.E. mS/cm	5.41	1.27	1.64	1.60	5.60	
Dureza mg/l	1140.00	361.00	539.60	535.80	1169.60	
Alcalinidad mg/l	600.76	182.84	177.62	130.60	680.96	
Cloruros mg/l	1929.02	167.37	215.59	99.00	1997.49	
Nitratos mg/l	1.80	0.20	0.30	0.25	2.09	
Sulfatos mg/l	180.00	120.00	102.00	99.00	240.00	
Calcio mg/l	304.03	69.92	139.84	138.32	395.09	
Magnesio mg/l	91.70	44.94	45.85	45.86	104.87	
Solidos totales mg/l	3069.02	528.37	755.19	813.81	3166.60	
Sodio mg/l	87.11	43.03	43.03	41.56	88.01	
Potasio mg/l	3318.00	17.00	21.00	28.34	3321.00	
SAR	1.26	1.15	0.89	0.86	1.27	
Clasificación	C4S1	C3S1	C3S1	C3S1	C4S1	Uso restringido

Nota: Pozo N° 04: Salino, Pozo N°05: Ligeramente salino, Pozo N° 02: Ligeramente salino. Pozo N° 12: Ligeramente salino y Pozo N° 09: Salino.

Tsc. Bruno Fernández Calfopaz
 ANALISTA DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS,
 PLANTAS, BIOTECNOLOGIA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

Ing. M.Sc. Angel Cari Choquehuan
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS

ANEXO – 07

- ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO PARA RIEGO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

PROCEDENCIA : Centro Experimental Illpa INIA PUNO
 PROYECTO : Trabajo Tesis
 INTEREZADO : Bach. Fidel I. Vilca Callata
 MOTIVO : Análisis Fertilidad
 MUESTREO : 14/09/2015
 ANÁLISIS : 14/09/2015
 LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	MS-1	64.26	15.90	19.84	Franco Arenoso	2.15	3.96	0.19

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
						me/100 g suelo						
01	8.15	0.45	2.15	5.37	161	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

8,09

FArA = Franco arcillo arenoso
 Ar = Arcilloso
 FArA = Franco arcillo arenoso
 CIC= Capacidad Intercambio Cationico
 N = Nitrógeno total
 K⁺ = Potasio cambiabile
 A= Arena
 Ca²⁺= Calcio cambiabile
 Na⁺= Sodio cambiabile
 CO₃⁼ = Carbonatos
 me = miliequivalente

FAr = Franco arcilloso
 M.O.=Materia orgánica
 P = Fósforo disponible
 K = Potasio disponible
 C.E. = Conductividad eléctrica
 SB = Saturación de bases
 Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
 mS/cm = milisiemens por centímetro
 C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
 Al³⁺ = Aluminio cambiabile

Tte. Benito Fernández Calloapaz
 ANALISTA DE LA CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS,
 PLANTAS, BROMATOLÓGIA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

Ing. M.Sc. Angel Carr Choquehuanc
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS

ANEXO – 08

- PANEL FOTOGRAFICO



PROYECTO DE TESIS: Evaluación de aguas subterráneas con fines de riego presurizado en C. E. INIA

N° 01 SE OBSERVA EN LA FOTOGRAFIA LA UBICACIÓN DE POZOS TUBULARES EN EL AREA DE ESTUDIO DEL CENTRO EXPERIMENTAL ILLPA INIA



PROYECTO DE TESIS: Evaluación de aguas subterráneas con fines de riego presurizado en C. E. INIA

N° 02 SE OBSERVA EN LA FOTOGRAFIA LA UBICACIÓN Y SE GEOREFERENCIACION CON GPS, LOS POZOS EXISTENTES EN EL AREA DE ESTUDIO.



PROYECTO DE TESIS: Evaluación de aguas subterráneas con fines de riego presurizado en C. E. INIA

N° 03 SE OBSERVA EN LA FOTOGRAFIA LA PREPARACION Y VERIFICACION DE LAS UNIONES EN LA TUBERIA PARA SU RESPECTIVO INSTALACION PARA LA PRUEBA DE BOMBEO.



PROYECTO DE TESIS: Evaluación de aguas subterráneas con fines de riego presurizado en C. E. INIA

N° 04 SE OBSERVA EN LA FOTOGRAFIA LA PRUEBA DE BOMBEO DEL POZO, EN EL AREA DE CENTRO EXPERIMENTAL ILLPA INIA PUNO.



PROYECTO DE TESIS: Evaluación de aguas subterráneas con fines de riego presurizado en C. E. INIA

N° 05 SE OBSERVA EN LA FOTOGRAFIA LA EVALUACION DE ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO, PARA CULTIVO DE QUINUA.



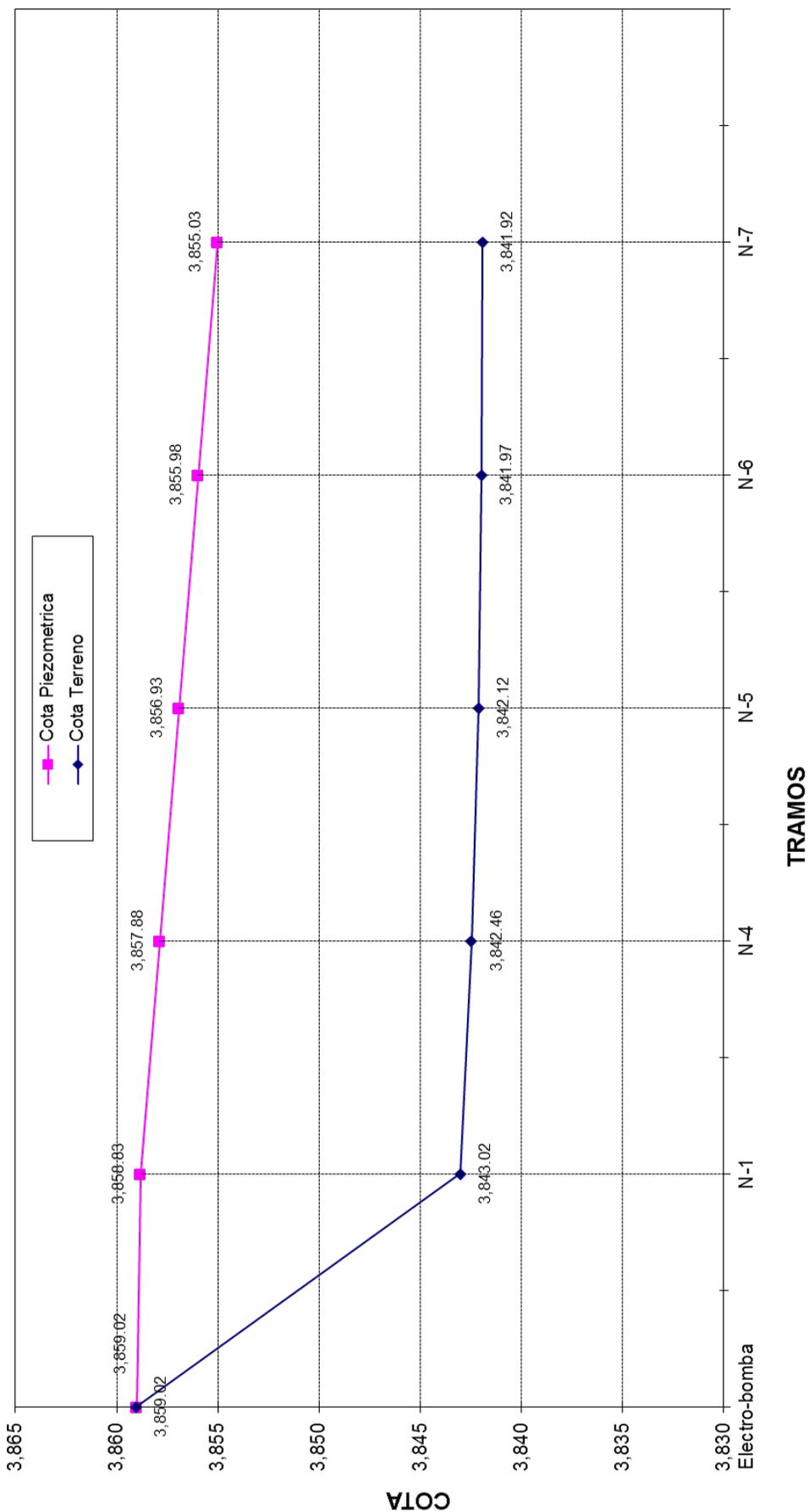
PROYECTO DE TESIS: Evaluación de aguas subterráneas con fines de riego presurizado en C. E. INIA

N° 06 SE OBSERVA EN LA FOTOGRAFIA LA EVALUACION DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRANEA CON FINES DE RIEGO.

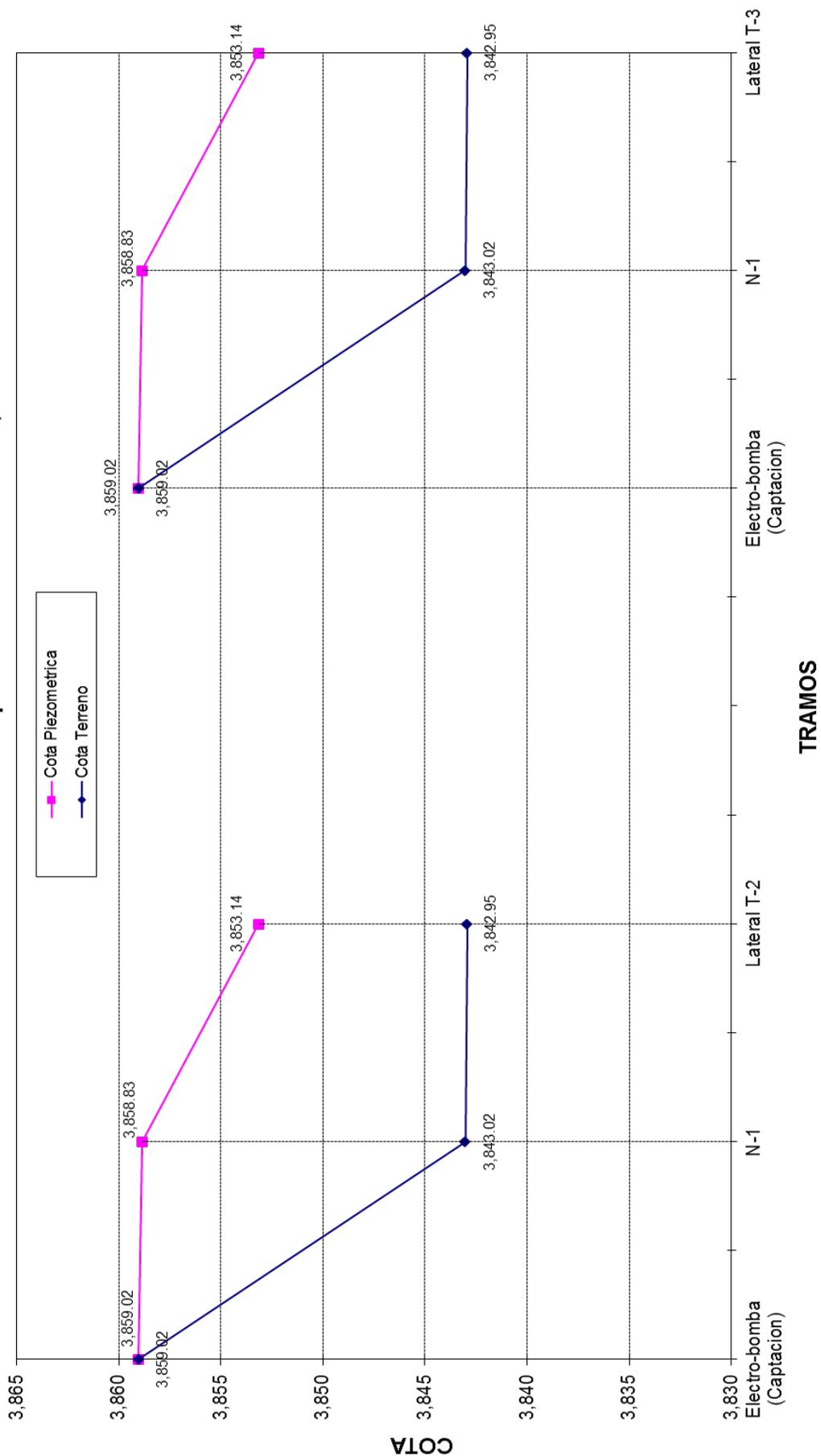
ANEXO – 09

- PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO

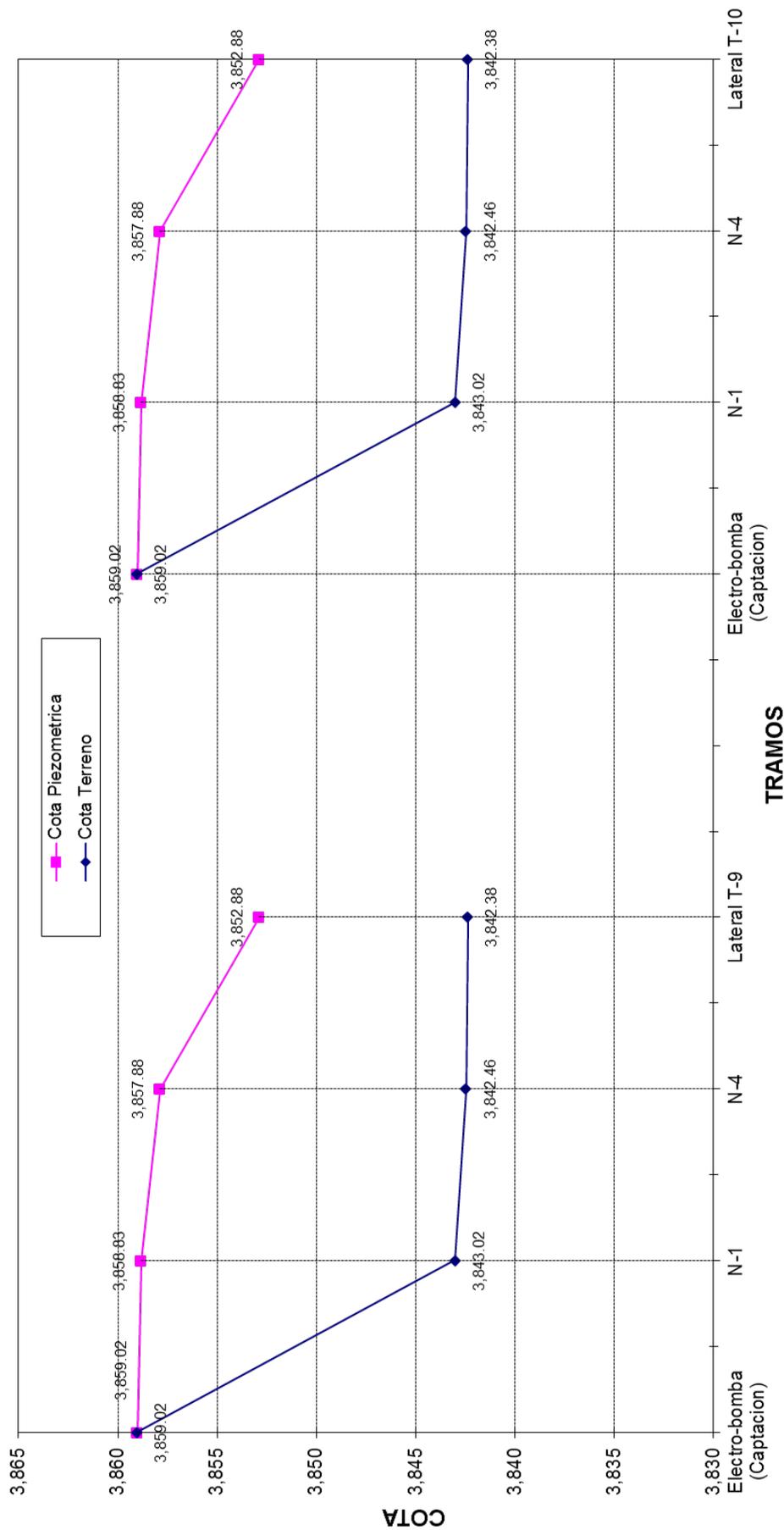
PERFIL DE GRADIENTE HIDRAULICO DE LA TUBERIA PRINCIPAL



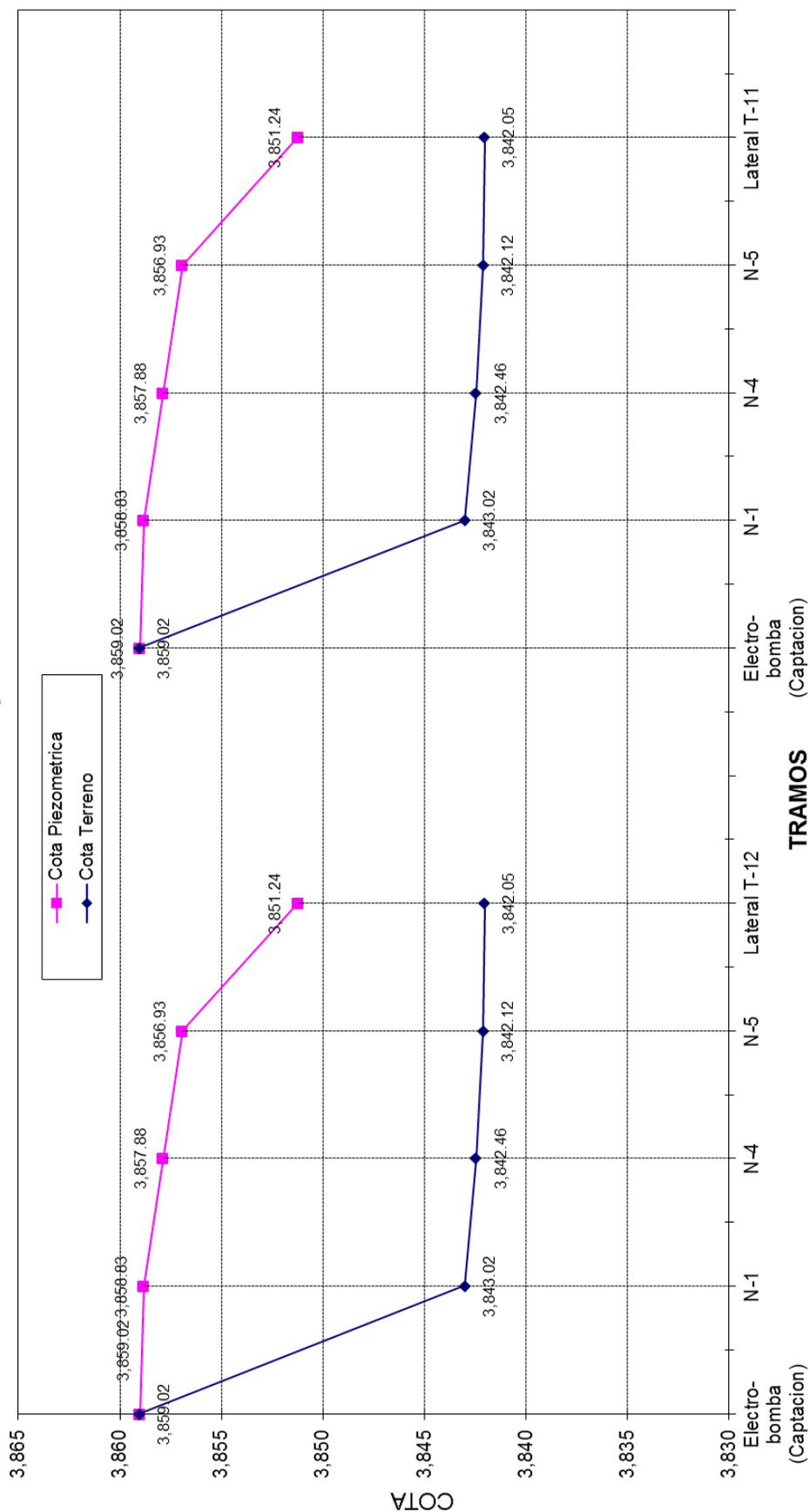
Perfil de Gradiente Hidraulico desde la Captacion hasta Lateral T-2, Lateral T-3



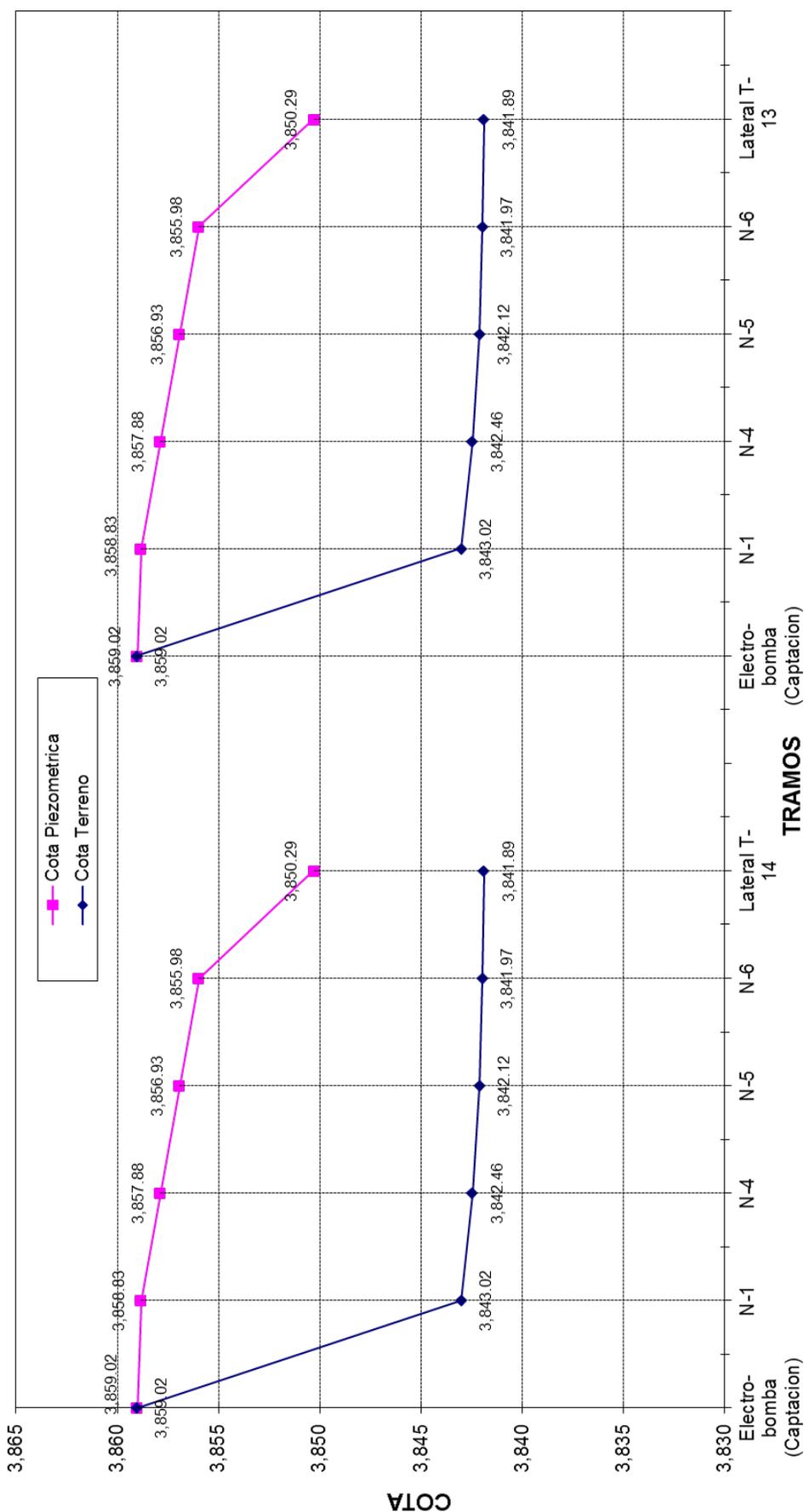
Perfil de Gradiente Hidraulico desde la Captacion hasta Lateral T-9, Lateral T10



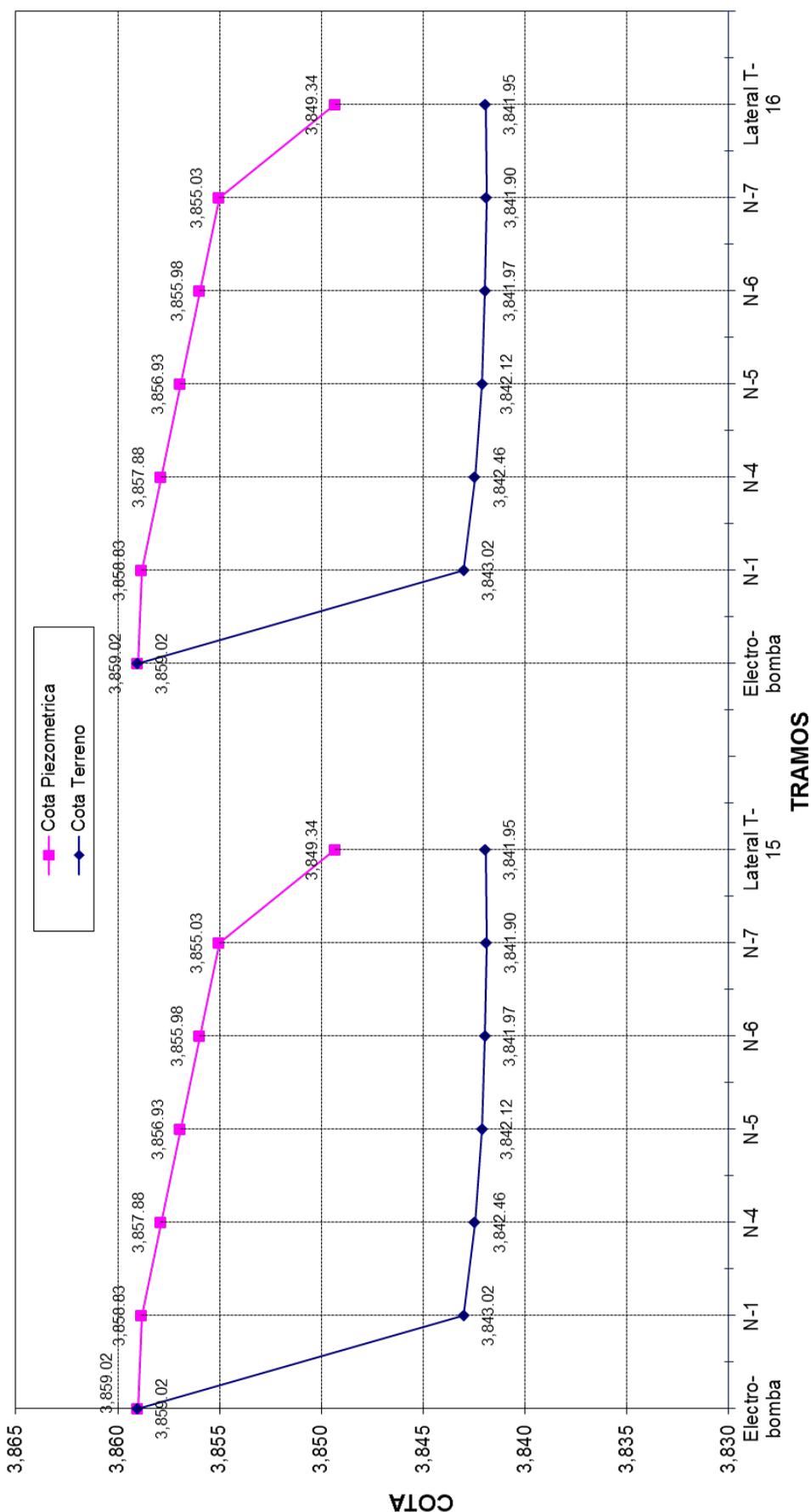
Perfil de Gradiente Hidraulico desde la Captacion hasta Lateral T-12, Lateral T-11



Perfil de Gradiente Hidraulico desde la Captacion hasta Lateral T-14, Lateral T-13.

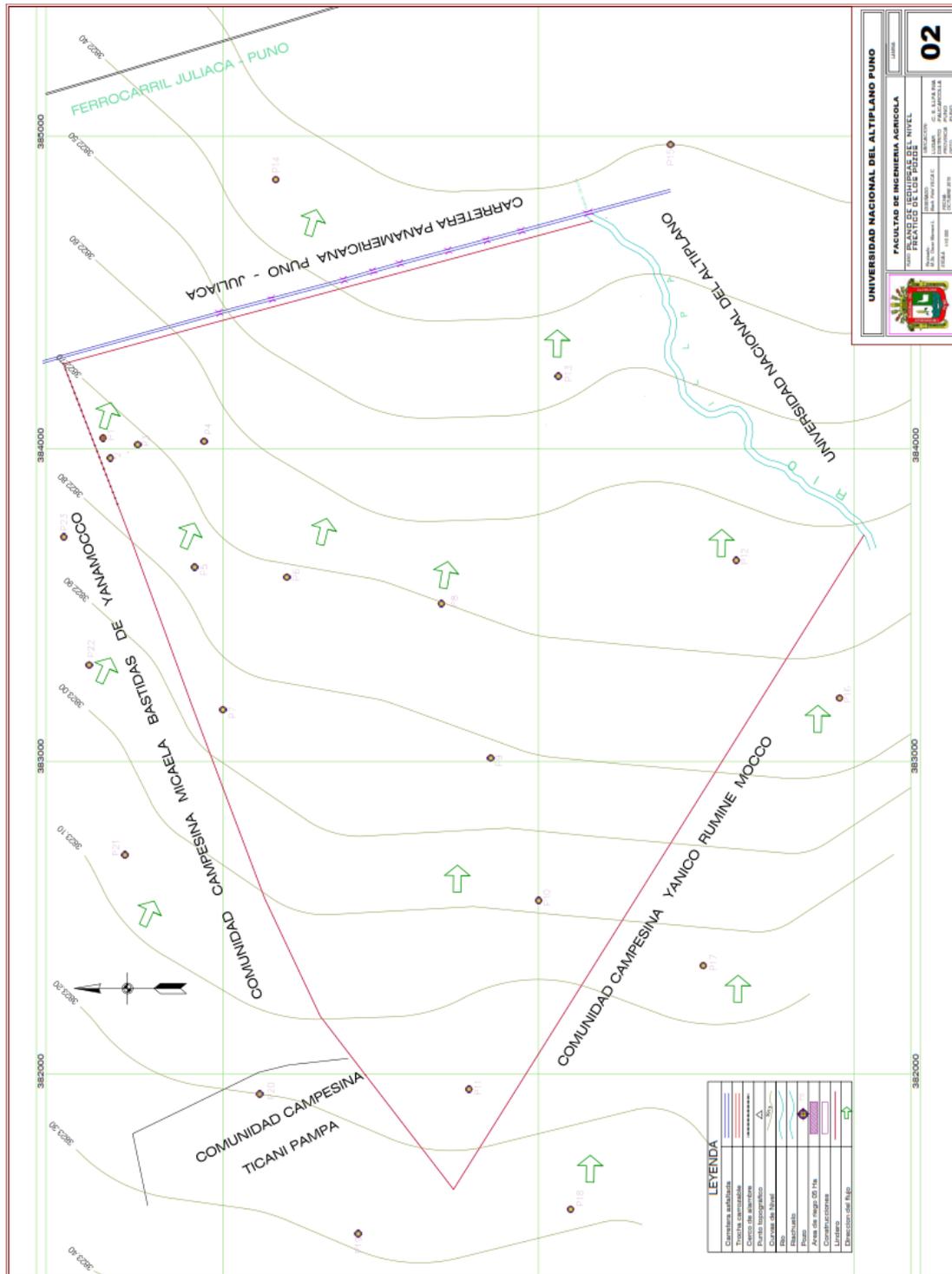


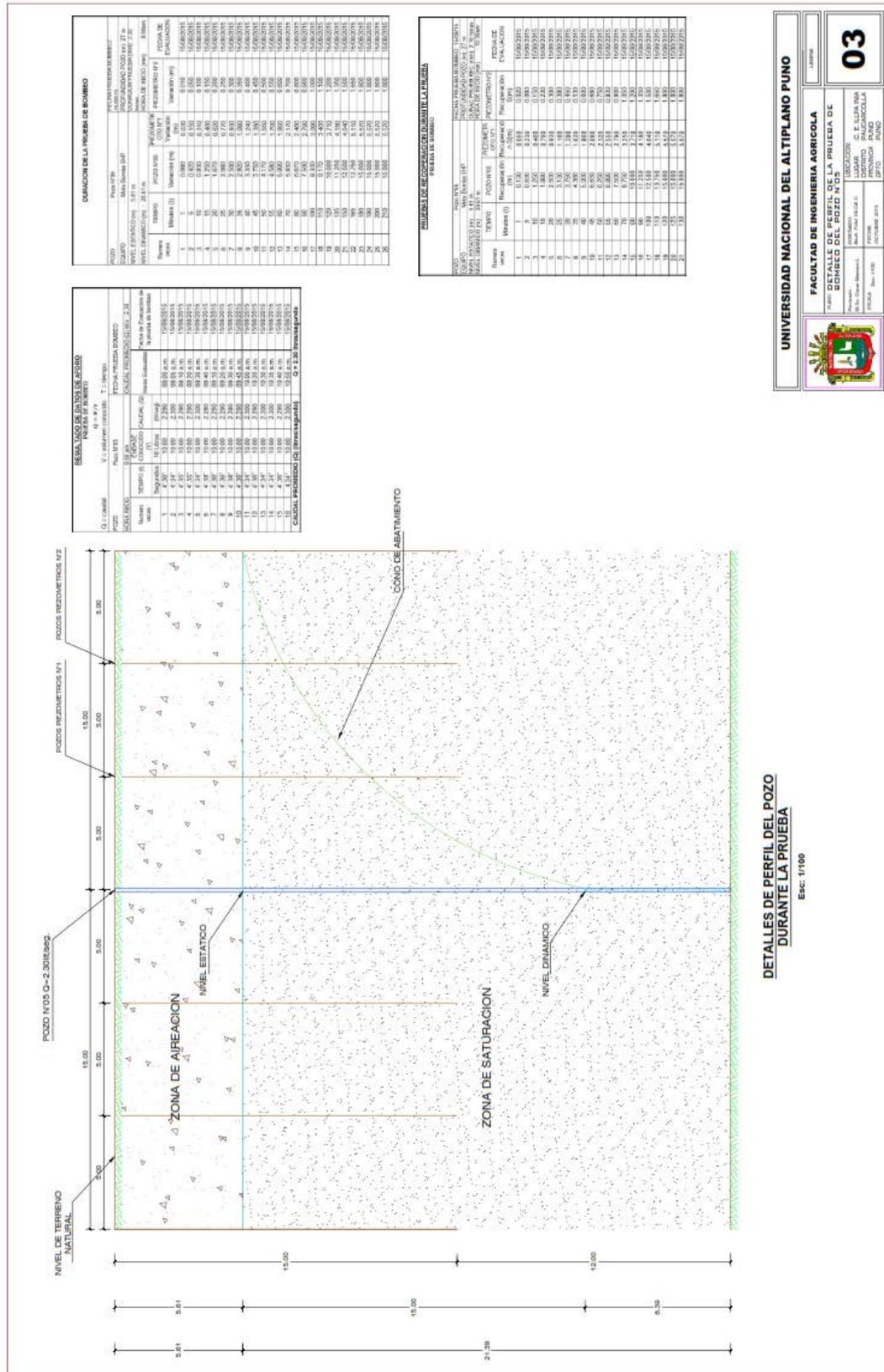
PERFIL DE GRADIENTE HIDRAULICO EN LOS LATERALES



ANEXO – 10

- PLANOS







UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
PRESURIZADO POR BOTE

04

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO