



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Monitoreo de parámetros de pozos tubulares superficiales y profundos de agua para el suministro de riego de palta, arándano y mango en Lambayeque – La Libertad.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Autor:

Bach. Gilmer Raul Rodriguez Ojeda

Asesor:

Ing. Dr. Wilfredo Diaz Cordova

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Monitoreo de parámetros de pozos tubulares superficiales y profundos de agua para el suministro de riego de palta, arándano y mango en Lambayeque – La Libertad.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Autor:

BACH. GILMER RAUL RODRIGUEZ OJEDA

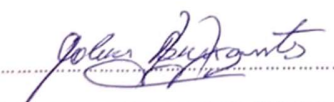
Aprobado por:


ING. MSC. JORGE CUMPA REYES

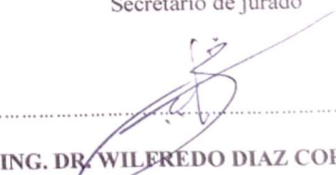
Presidente de jurado


ING. M.I. JUAN VICENTE HERNANDEZ ALCANTARA

Secretario de jurado


ING. MSC. JOLVER ALBERTO BARRANTES

Vocal del jurado


ING. DR. WILFREDO DIAZ CORDOVA

Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN PRESENCIAL N°019-2026-UINV-FIA

Siendo las 12:00 horas del día 24 de JUNIO de 2026, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Agrícola, se reunieron los Miembros del Jurado designado mediante Resolución N°062-2026-FIA, conformado por:

ING. M.SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES	Presidente
ING. M.I JUAN VICENTE HERNANDEZ ALCANTARA	Secretario
ING. M.SC. JOLVER ALBERTO BARRANTES BURGA	Vocal

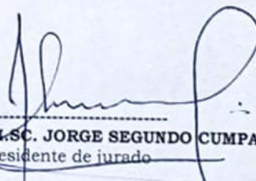


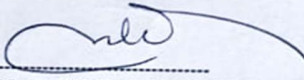
Para llevar a cabo la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, citados mediante Resolución N°191-2026-FIA; denominado **"MONITOREO DE PARÁMETROS DE POZOS TUBULARES SUPERFICIALES Y PROFUNDOS DE AGUA PARA EL SUMINISTRO DE RIEGO DE PALTA, ARANDANO Y MANGO EN LAMBAYEQUE - LA LIBERTAD"**, bajo la responsabilidad del bachiller **GILMER RAUL RODRIGUEZ OJEDA**; asesorado por **ING. DR. WILFREDO DIAZ CORDOVA**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola.

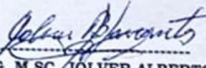
Luego de culminar la sustentación, el Jurado procedió a realizar las preguntas al sustentante y si hubiera observaciones, anotándolas para su corrección respectiva, el jurado luego de evaluar las rubricas decidió APROBADO la Trabajo de Suficiencia Profesional con el calificativo de MUY BUENO correspondiente a la nota de 18 (DIECIOCHO).

En consecuencia, el referido Bachiller queda apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, de acuerdo a la Ley Universitaria N°30220, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:10 horas del mismo día, se dio por finalizado el acto de sustentación y se procedió a firmar la presente acta los que en ella han intervenido.


ING. M.SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
Presidente de jurado


ING. M.I. JUAN VICENTE HERNANDEZ ALCANTARA
Secretario de jurado


ING. M.SC. JOLVER ALBERTO BARRANTES BURGA
Vocal del jurado


ING. DR. WILFREDO DIAZ CORDOVA
Asesor



CONSTANCIA DE VERIFICACION DE ORIGINALIDAD

Yo, **WILFREDO DÍAZ CÓRDOVA**, usuario revisor del proyecto de tesis ☐ Trabajo de Suficiencia Profesional ☒ y/o Trabajo Académico ☐ , titulado : **“MONITOREO DE PARÁMETROS DE POZOS TUBULARES SUPERFICIALES Y PROFUNDOS DE AGUA PARA EL SUMINISTRO DE RIEGO DE PALTA, ARÁNDANO Y MANGO EN LAMBAYEQUE – LA LIBERTAD”**, cuyo autor es: **GILMER RAUL RODRIGUEZ OJEDA**; con DNI N° 70969369 , declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud **9 %**, verificables en el Resumen del reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizo el reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido con constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el recibo digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 19 de mayo del 2026



Wilfredo Diaz Cordova
DNI. N° 17525273
Asesor

Adjunta:
Resumen del Reporte automatizado de similitudes
Recibo digital

MONITOREO DE PARÁMETROS DE POZOS TUBULARES
SUPERFICIALES Y PROFUNDOS DE AGUA PARA EL SUMINISTRO
DE RIEGO DE PALTA, ARÁNDANO Y MANGO EN LAMBAYEQUE
- LA LIBERTAD

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	7%	1%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC	1%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	1%
	Trabajo del estudiante	
4	www.iagua.es	1%
	Fuente de Internet	
5	openstax.org	1%
	Fuente de Internet	
6	repository.unad.edu.co	1%
	Fuente de Internet	
7	www.una.edu.ni	<1%
	Fuente de Internet	


Dr. Wilfredo Díaz Córdova
Asesor

DNI. N° 17525273

8	Submitted to Universidad del Valle de Guatemala Trabajo del estudiante	<1 %
9	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	revistas.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.mef.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
14	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Colegio Peruano Britanico Trabajo del estudiante	<1 %
16	cenida.una.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	docslide.us Fuente de Internet	<1 %
dokumen.tips		


Dr. Wilfredo Díaz Córdova
Asesor

DNI. N° 17525273

19	Fuente de Internet	<1 %
20	vdocuments.com.br Fuente de Internet	<1 %
21	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
22	www.forest-trends.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 15 words
 Excluir bibliografía Activo


Dr. Wilfredo Díaz Córdova
Asesor

DNI. N° 17525273



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Gilmer Raul Rodriguez Ojeda
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	MONITOREO DE PARÁMETROS DE POZOS TUBULARES SUPERF...
Nombre del archivo:	NAL_-_G.RAUL_RODRIGUEZ_OJEDA_-_UNPRG_-_INF_FINAL_CO...
Tamaño del archivo:	14.32M
Total páginas:	64
Total de palabras:	9,318
Total de caracteres:	53,026
Fecha de entrega:	18-may-2026 03:38p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2964447610



Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.


Dr. Wilfredo Díaz Córdova
Asesor

DNI. N° 17525273

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo, con profundo amor y gratitud, a mi madre y a mis hermanas, quienes han sido el pilar fundamental durante toda mi formación profesional. Desde el inicio de este camino académico hasta la culminación de esta importante etapa, su apoyo constante, confianza y fortaleza me impulsaron a perseverar y a no rendirme ante las dificultades.

A mi madre, por su sacrificio, su ejemplo de perseverancia y su amor incondicional, que me enseñaron el valor del esfuerzo y la responsabilidad para alcanzar cada objetivo propuesto. Su guía y palabras de aliento estuvieron presentes en cada etapa de este proceso.

A mis hermanas, por su compañía, comprensión y respaldo incondicional, por acompañarme en cada desafío y celebrar conmigo los logros alcanzados.

De manera especial, dedico este trabajo a mi hijo, quien es mi mayor fuente de inspiración y el principal motivo para seguir mejorando cada día, con el propósito de brindarle un futuro lleno de oportunidades y bienestar.

Este logro no es solo mío; es el reflejo del amor, la unión y el apoyo familiar que siempre me acompañaron.

G. Raul Rodriguez O.

III

Agradecimiento

Primero quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, por guiarme, protegerme y otorgarme la fuerza necesaria para avanzar en cada etapa de mi formación profesional. Su presencia ha sido constante en los momentos de incertidumbre y sus bendiciones, fuente de motivación para lograr esta meta.

A mi madre María H. Ojeda Guevara, por su apoyo constante, su amor profundo y su ejemplo de dedicación y sacrificio. Su confianza en mí y su inspiración diaria han sido determinantes para alcanzar este logro y continuar esforzándome por superarme.

A la vida, por brindarme experiencias, aprendizajes y oportunidades que me han permitido crecer como persona y como profesional, enseñándome a valorar cada reto y a aprovechar cada posibilidad que se presenta.

Finalmente, deseo reconocer a mis docentes y a todas las personas que me acompañaron durante este proceso académico. Su orientación, conocimientos y apoyo han sido esenciales para completar este trabajo. A mi familia y seres queridos, gracias por estar siempre a mi lado, brindándome aliento y motivación en cada paso de este recorrido.

G. Raul Rodriguez O.

Resumen

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en una empresa agroexportadora de proyección internacional dedicada a la producción y exportación de palta, arándano y mango, con operaciones en las regiones de Lambayeque (Olmos) y La Libertad (Virú y Chao), en el norte del Perú. La experiencia profesional estuvo orientada al monitoreo técnico de pozos tubulares superficiales y profundos, los cuales constituyen la principal fuente de abastecimiento hídrico para sistemas de riego tecnificado.

Las actividades ejecutadas se centraron en la evaluación sistemática de parámetros hidráulicos, eléctricos y fisicoquímicos, con el objetivo de garantizar la eficiencia operativa de los pozos, la continuidad del suministro de agua y el uso sostenible del recurso hídrico subterráneo. Entre los principales parámetros monitoreados se incluyeron los niveles estáticos y dinámicos, caudal, presión de descarga, concentración de arena en suspensión (ppm), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), así como variables eléctricas como corriente, tensión y frecuencia de operación.

El análisis de los niveles de agua permitió evaluar el comportamiento del acuífero y detectar variaciones en el rendimiento hidráulico, evidenciando condiciones de abatimiento asociadas a la explotación del pozo. Asimismo, el control del caudal y la presión facilitó la identificación de pérdidas de eficiencia hidráulica, las cuales pueden estar relacionadas con desgaste de equipos, obstrucciones o variaciones en las condiciones del acuífero. Estas condiciones influyen directamente en el consumo energético y en la eficiencia global del sistema de riego.

La evaluación de la concentración de arena constituyó un indicador clave para prevenir el deterioro prematuro de las bombas sumergibles y evitar daños en los sistemas de riego por goteo, mientras que el análisis fisicoquímico permitió verificar la calidad del agua y su compatibilidad con los requerimientos

agronómicos de los cultivos, minimizando riesgos de salinización y obstrucción.

Como aporte principal, se logró la estandarización de procedimientos de monitoreo, registro y reporte técnico, generando información confiable que permite la toma de decisiones oportunas en mantenimiento y operación. Esto contribuye a la optimización del uso del agua subterránea, la eficiencia energética y la sostenibilidad de las operaciones agrícolas en el largo plazo.

Palabras clave: Monitoreo de pozos, agua subterránea, parámetros hidráulicos, parámetros eléctricos, calidad del agua, riego tecnificado, eficiencia hidráulica, acuífero, sostenibilidad hídrica.

Abstract

This professional proficiency project was carried out at an international agro-export company engaged in the production and export of avocados, blueberries, and mangoes, with operations in the Lambayeque (Olmos) and La Libertad (Virú and Chao) regions in northern Peru. The work focused on the technical monitoring of shallow and deep tubular wells, which serve as the main water supply for pressurized irrigation systems.

The activities involved the systematic evaluation of hydraulic, electrical, and physicochemical parameters to ensure efficient well operation, reliable water supply, and sustainable groundwater use. The main parameters monitored included static and dynamic water levels, flow rate, discharge pressure, sand concentration (ppm), pH, and electrical conductivity (EC), as well as electrical variables such as current, voltage, and operating frequency.

Water level analysis helped assess aquifer behavior and identify changes in well performance, including drawdown conditions associated with pumping. Monitoring flow rate and pressure also made it possible to detect losses in hydraulic efficiency, which may be related to equipment wear, clogging, or variations in aquifer conditions. These factors directly affect energy consumption and the overall performance of the irrigation system.

Sand concentration monitoring was a key indicator for preventing premature damage to submersible pumps and avoiding issues in drip irrigation systems. In addition, physicochemical analysis ensured that water quality met crop requirements, reducing the risk of salinity and clogging.

The main outcome of this project was the standardization of monitoring, data recording, and technical reporting procedures, providing reliable information to support timely decisions in operation and

maintenance. This contributes to improved groundwater management, energy efficiency, and the long-term sustainability of agricultural operations.

Keywords: well monitoring, groundwater, hydraulic and electrical parameters, water quality, pressurized irrigation, hydraulic efficiency, aquifer.

Índice

Dedicatoria	3
Agradecimiento.....	5
Resumen	6
Abstract.....	8
Capítulo I: Aspectos Generales	12
1. Descripción General:	12
1.1. Generalidades de la empresa:.....	12
1.2. Definición de términos:	14
Capítulo II: Fundamentación De Trabajo Realizado	15
2.1. Producto o proceso que es objeto del trabajo de suficiencia profesional	15
2.2. Teoría y la práctica en el desempeño profesional	23
2.2.1. Sistemas de riego	23
2.2.2. Pozos Tubulares.....	26
2.2.3. Válvulas de Aire.	27
2.2.4. Automatización de sistemas de Bombeo.	28
2.2.5. Parámetros de monitoreo.....	29
Capítulo III: Aporte y desarrollo de Experiencias	35
3.1. Planteamiento técnico de la Propuesta	35
3.1.1. Descripción	35
3.1.2. Objetivo del Proyecto	36
3.1.3. Metas de las Intervenciones.....	37
3.1.4. Procedimiento de Monitoreo	38

3.1.4.1. Actividades previas	38
3.1.4.2. Monitoreo de parámetros hidráulicos.....	39
3.1.4.3. Monitoreo de parámetros eléctricos	44
3.1.4.4. Análisis de parámetros fisicoquímicos	45
3.1.4.5. Registros	45
3.1.5. Análisis de costos del monitoreo de parámetros de pozos tubulares.	49
3.1.5.1. Criterios considerados.....	49
3.1.5.2. Costos directos.....	49
IV. Conclusiones y Recomendaciones	53
V. Referencia.....	55
VI. Anexos	58
6.1. Despiece de Hidrocyclon de Arena Yamit 700ts.....	58
6.2. Galería Figuras de las Actividades Ejecutadas.....	59
6.3. Formato de check list para el monitoreo de parámetros de pozos tubulares.....	66

Capítulo I: Aspectos Generales

1. Descripción General:

El trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en una empresa agroexportadora dedicada a la producción y exportación de palta, arándano y mango, ubicada en el norte del Perú, con operaciones en las regiones de Lambayeque (Olmos) y La Libertad (Virú y Chao). Por políticas de confidencialidad, se denominará en adelante “la empresa agroexportadora”.

Las experiencias profesionales se basaron en el monitoreo de parámetros de pozos tubulares superficiales y profundos, empleados para el suministro de riego tecnificado en las plantaciones de dichos cultivos.

Durante la ejecución de las actividades, se llevaron a cabo mediciones de niveles estáticos y dinámicos, así como de caudal, contenido de arena, presión, potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE), con el propósito de garantizar la eficiencia hidráulica de los pozos y prevenir fallas en el sistema de bombeo. El seguimiento técnico permitió evaluar la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, asegurando el abastecimiento continuo para los sistemas de riego por goteo.

Asimismo, la experiencia incluyó la aplicación de criterios de control, registro y mantenimiento de los equipos de bombeo, en coordinación con las áreas de infraestructura, mantenimiento eléctrico y riego automatizado, contribuyendo al manejo sostenible del agua y a la optimización de los recursos energéticos de la empresa.

1.1. Generalidades de la empresa:

La empresa agroexportadora en la cual se desarrollaron las actividades forma parte de un grupo corporativo internacional con amplia trayectoria en el sector agrícola, especializado en la producción y exportación de palta, arándano y mango para mercados internacionales. Inició operaciones en el Perú a inicios del año 2011,

estableciendo sedes productivas en Olmos (Lambayeque) y en las zonas agrícolas de Virú y Chao (La Libertad).

La empresa ha implementado sistemas de riego tecnificado de alta eficiencia, así como tecnologías de automatización y monitoreo hídrico, orientadas a mejorar el rendimiento de los cultivos y optimizar el uso del recurso hídrico. De acuerdo con reportes de sostenibilidad corporativa, la aplicación de estas tecnologías ha permitido reducir significativamente el consumo de agua por unidad de producción, mediante el uso de riego automatizado, fertirriego controlado y monitoreo continuo de los pozos, contribuyendo al cumplimiento de sus objetivos de sostenibilidad ambiental.

1.1.1. Cargo o función desempeñada:

El puesto desempeñado fue el de Asistente Corporativo de Infraestructura de Riego, cuya función principal consistió en diseñar y ejecutar los procedimientos de monitoreo de pozos tubulares, registrar los parámetros hidráulicos y de calidad del agua, y elaborar reportes técnicos semanales y mensuales. Asimismo, se brindó apoyo en la planificación de mantenimiento preventivo, asegurando la operatividad de los pozos y la eficiencia del sistema de riego en las distintas sedes agrícolas.

Jefe de Control y Mantenimiento de riego

- Encargado de dar el visto bueno del procedimiento.

Supervisor de Mantenimiento Eléctrico:

- Encargado de dar el visto bueno del procedimiento

Asistente de Infraestructura de riego:

- Encargado de diseñar, implementar el procedimiento

Supervisor de mantenimiento de riego o eléctrico:

- Supervisar adecuadamente el presente procedimiento y asegurar que los usuarios reciban oportunamente las herramientas e insumo para el correcto desarrollo de las actividades.

Operarios:

- Responsable de cumplir adecuadamente sus labores durante este procedimiento

1.2. Definición de términos:

Agua subterránea: Agua que se localiza en el subsuelo y se extrae mediante pozos o manantiales. Su composición química depende del tipo de suelo y de las rocas que atraviesa.

Agua superficial: Agua que se encuentra sobre la superficie terrestre (ríos, lagos, canales o embalses) y que se utiliza principalmente para riego agrícola, consumo humano e industrial.

Contenido de Arena: Proceso en el cual arena o sedimentos ingresan al pozo durante la extracción de agua, generalmente por fallas en el filtro o en el diseño del pozo.

Caudal: Volumen de agua que fluye por unidad de tiempo a través de un sistema hidráulico, expresado en litros por segundo (L/s) o metros cúbicos por segundo (m³/s).

Conductividad eléctrica (CE): Capacidad del agua para conducir corriente eléctrica según los iones disueltos y se emplea como indicador de salinidad.

Nivel estático: Profundidad del agua en el pozo cuando la bomba no está en funcionamiento. Representa la condición natural del acuífero.

Nivel dinámico: Profundidad del agua durante la operación del bombeo. La diferencia entre el nivel estático y dinámico permite evaluar el rendimiento del pozo.

Abatimiento: Es la disminución del nivel del agua dentro del pozo durante el bombeo, es decir, la diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico.

pH: Indicador del grado de acidez o alcalinidad del agua. Su valor neutro es 7; por debajo indica acidez y por encima, alcalinidad.

Presión: Fuerza ejercida por el agua sobre una superficie dentro de un sistema hidráulico, medida en metros columna de agua (mca) o pascales (Pa).

Monitoreo: Proceso continuo de medición, registro y evaluación de parámetros físicos, químicos e hidráulicos del pozo, con el objetivo de determinar su desempeño operativo y sostenibilidad.

Procedimiento: Conjunto de métodos y pasos sistemáticos aplicados durante el monitoreo de los pozos tubulares, desde la toma de datos hasta la interpretación técnica.

Capítulo II: Fundamentación De Trabajo Realizado

2.1. Producto o proceso que es objeto del trabajo de suficiencia profesional

2.1.1. Descripción del procedimiento efectuado

El monitoreo de pozos tubulares constituye una actividad fundamental dentro de la gestión de recursos hídricos subterráneos, ya que permite evaluar el comportamiento hidráulico del sistema, prevenir fallas operativas y optimizar la eficiencia del proceso de extracción de agua. Este proceso no solo implica la medición de variables, sino también la interpretación técnica de los resultados obtenidos, lo cual permite anticipar problemas y tomar decisiones correctivas de manera oportuna.

Seguidamente se describen los procedimientos efectuados en cuanto al **Monitoreo de parámetros hidráulicos:**

A. Monitoreo de Niveles

- La medición de niveles estáticos y dinámicos permite analizar el comportamiento del acuífero frente a la explotación. El nivel estático representa la condición natural del acuífero, mientras que el nivel dinámico refleja la respuesta del sistema durante el bombeo.

Las sondas de nivel o pozómetros son instrumentos diseñados para medir con precisión la profundidad del agua en pozos, permitiendo un seguimiento confiable del comportamiento del acuífero (Equipozo, 2023).

Figura 1

Sonda de nivel



Nota. Obtenido de Equipozo (2023).

Desde un enfoque técnico, la diferencia entre ambos niveles, conocida como abatimiento, constituye un indicador clave del rendimiento del pozo. Un incremento progresivo del abatimiento puede evidenciar problemas como sobreexplotación del acuífero, colmatación del filtro o disminución de la permeabilidad del medio, lo que afecta directamente la eficiencia del sistema de bombeo.

B. Monitoreo del caudal

- La aproximación se ejecuta manualmente usando un hidrómetro colocado cerca de la descarga del pozo, mientras que un temporizador mide la duración de una revolución completa del botón para producir un promedio. Una rotación completa de la perilla significa 1000 litros, ya que el cálculo implica dividir el volumen (1000 litros) por el tiempo promedio (en segundos) para determinar el caudal en litros por segundo.

Figura 2

Hidrómetro



Nota. Obtenido de Borja (2025).

Los medidores Turbo-Bar-M, que emplean tecnología magnética, son excepcionalmente robustos y están diseñados para caudales elevados, lo que los hace adecuados para aplicaciones industriales, suministro de agua, distribución, sistemas de monitoreo y riego. El principio de Woltman postula que las palas helicoidales de una turbina giran alrededor de un eje alineado con la dirección del flujo, lo que hace que los medidores Turbo-Bar-M sean instrumentos duraderos, de bajo mantenimiento y económicos (Borja, 2025).

C. Presión

- La presión de descarga es un indicador del estado operativo del sistema hidráulico. Su medición se realiza mediante manómetros industriales diseñados para condiciones de operación exigentes

La presión de salida se observa en el manómetro de glicerina instalado en el árbol de descarga.

Figura 3

Manómetro en salida del pozo



Nota. Obtenido de TRUMENTTO (2025).

Está diseñado para proporcionar una precisión confiable en aplicaciones de medición de presión en condiciones moderadas. Características principales del Manómetro de Acero Inoxidable-Base de Bronce-WIKA, amplio rango operativo: soporta presiones de 0 a 10.000 psi (700 bar), adecuadas para aplicaciones rigurosas en diversos sectores industriales.

Integridad estructural robusta: exterior de acero inoxidable combinado con una

conexión de base de bronce para garantizar la longevidad y la compatibilidad con varios medios. Se ofrece en dos dimensiones de esfera: 2,5 pulgadas (63 mm) o 4 pulgadas (100 mm), apropiadas para la distancia de lectura especificada. Protección ambiental: proporciona resistencia al polvo y salpicaduras de agua, lo que garantiza la confiabilidad en entornos industriales al aire libre o húmedos (TRUMENTTO, 2025).

D. Arenamiento

- La presencia de arena en el agua constituye uno de los principales factores de deterioro en sistemas de bombeo. Su control es fundamental para evitar daños en los equipos.
- Se instala el equipo Hidrociclón de testeo de arena YAMIT 7200 en la mufa de ½” instalada en el codo de descarga.
- Se afora el caudal a través del caudal metro o a través de un balde con volumen conocido y registrando el tiempo de llenado para posteriormente dividir el volumen entre el tiempo obteniendo el caudal en l/s.
- Se coloca la probeta cónica y, posteriormente, se abre la válvula de bola de ½” durante un periodo de 12 minutos, permitiendo el flujo de agua proveniente del pozo.
- La lectura de arena se lleva a cabo en ml dentro de la probeta cónica graduada.
- Se efectúa la división entre la arena en ml y el volumen en m3 durante los 12 minutos o 200 litros, obteniendo así partículas en un millón de arena (ppm).

Concetración de sólidos en suspensión (ppm)

$$= \frac{\text{cantidad de sólidos en suspensión acumulados (ml)}}{\text{Volumen de agua que paso por el muestreador (m3)}}$$

Figura 04

Hidrociclón de testeo de arena



Nota. Obtenido de Yamit (2025).

El agua entra tangencialmente a través de una conexión lateral del hidrociclón, produciendo un flujo en espiral alrededor de sus paredes. La fuerza centrífuga separa las partículas de suciedad y arena, dirigiéndolas hacia las paredes del hidrociclón. Las partículas se acumulan en el depósito de sedimentos, mientras que el agua filtrada sube y escapa por la entrada superior. Cuando funciona correctamente, la pérdida de carga del hidrociclón varía constantemente de 2 a 5 metros, y la eficiencia de separación no se ve afectada por la acumulación de desechos en el depósito de sedimentos. El depósito de sedimentos se drena abriendo momentáneamente la válvula de descarga (Yamit, 2025).

E. Corriente, frecuencia de trabajo y tensión eléctrica

- Los resultados se muestran en la pantalla monitor del variador del pozo donde se visualiza los datos de amperaje, frecuencia de trabajo y tensión eléctrica según marca y tipo de variador y bomba.

El control de estos parámetros permite prevenir fallas por sobrecarga, optimizar el consumo energético y garantizar la continuidad operativa del sistema.

F. Potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica

- El análisis del potencial de hidrógeno (pH) y la conductividad eléctrica (CE) permite evaluar la calidad del agua utilizada en el riego. El pH es un indicador del grado de acidez o alcalinidad del agua, definido en una escala de 0 a 14 (Mansilla, 2014).

Por su parte, la conductividad eléctrica permite estimar la concentración de sales disueltas en el agua, lo cual influye directamente en el desarrollo de los cultivos (Iturri et al., 2022).

Valores elevados de salinidad pueden afectar la absorción de nutrientes y reducir la productividad agrícola, por lo que su control es esencial en sistemas de riego tecnificado.

La extracción de una muestra de agua de pozo se produce después de enjuagar el sensor del dispositivo de muestreo tres veces, y el tercer enjuague sirve como muestra final. Esto se etiquetará y se envía al laboratorio para su análisis y posterior informe.

2.1.2. Procedimiento desmontaje y montaje de pozos

A. Desmontaje del pozo

- Extracción de la tapa del pozo (caseta): Se retira el techo de la caseta para que sea más fácil acceder al sistema de bombeo, tomando las precauciones de seguridad apropiadas.
- Cierre de las válvulas de descarga: Se asegura que no haya flujo de agua ni presión residual durante las operaciones antes de desmontar los componentes hidráulicos, cerrando todas las válvulas de descarga en su totalidad.
- Preparación del espacio para el almacenamiento y el izaje: Se determina la zona de operación para la grúa u otro aparato de elevación, que tiene que ajustarse a:
 - ✓ Estabilidad en la ejecución
 - ✓ Altura apropiada para la extracción de la bomba.
 - ✓ Sencillo en la instalación y el transporte.

Además, a medida que se extraen, se determina un espacio limpio y seguro para la tubería rígida y el cable sumergible.

- Protectores de sensores y equipos eléctricos. Para prevenir daños accidentales por derrames o golpes en el transporte, los instrumentos eléctricos o electrónicos delicados van envueltos y protegidos.
- Supresión de la columna de tubería y cable: Para evitar torsiones y hacer las más manejables, retire secciones de tubería no mayores de dos tubos. Para manipular el cable eléctrico sumergible es necesario tener cuidado, evitando tensiones excesivas o ángulos muy agudos. Se mantiene en condiciones que previenen daños y se analiza parte por parte para determinar:
 - ✓ Fracturas.
 - ✓ Cortes o lesiones superficiales
 - ✓ Descomposición o deterioro de aislamiento
- Desmontaje de la bomba sumergible: Después de sacar la tubería, se desmonta la bomba sumergible con cuidado. En esta actividad se estudian:
 - ✓ La conexión del cable del motor, inspeccionando por corrosión o fallas de conexión.
 - ✓ la zona de succión, buscando obstáculos hechos de lodo, óxido o arena.
El estado general del motor y la bomba.
 - ✓ El estado general de la bomba y el motor.
- Movilización y análisis de los equipos que se desmontaron: Las partes de los equipos que se desmontan (bombas, motores, cables, etc.) son trasladadas al taller o al área de almacenaje para ser revisadas. Se llevan a cabo pruebas eléctricas como las siguientes:
 - ✓ Verificación de la resistencia de aislamiento mediante un ensayo de megado del motor y la bomba.
 - ✓ Inspección visual de elementos esenciales.

- Restablecimiento de los sistemas de seguridad y clausura de la caseta: La caseta se cierra después de que el desmontaje haya terminado. Se notifica al equipo de seguridad que el control de acceso y la alarma están encendidos.

B. Montaje del pozo

Se lleva a cabo el traslado de toda la maquinaria y los insumos necesarios para montar la bomba en el pozo. Esto incluye la bomba, el motor, el cableado, tubería de PVC de 1.5", segmentos de tubería cortados para proteger el cable, sensor de temperatura PT100, electrodos de nivel y también otros materiales e instrumentos necesarios para la instalación.

La actividad: Con 24 horas de anticipación, se realizazó la conexión entre el cable y el motor, el cual fue evaluado mediante una prueba de inmersión en agua. Como resultado, se logró una resistencia de aislamiento superior a ($>550\Omega$) en cada fase, lo que asegura un adecuado aislamiento eléctrico.

Posteriormente se realizó el acoplamiento entre la bomba y el motor durante esta actividad, se examina meticulosamente la verticalidad del conjunto y la adecuada unión del piñón la ficha técnica correspondiente, según el tipo de material que se emplee.

Figura 5

Montaje y desmontaje



Nota. Obtenido de desmontaje y montaje pozos tubulares.

2.2. Teoría y la práctica en el desempeño profesional

2.2.1. Sistemas de riego

El sistema se orienta a garantizar que el pozo profundo suministre agua a los cultivos, ya sea como fuente complementaria en algunos fundos o como recurso principal en aquellos que dependen del agua subterránea. Por ello, el enfoque se centra en el monitoreo y la operación hidráulica del sistema de extracción, más que en las prácticas de riego en campo.

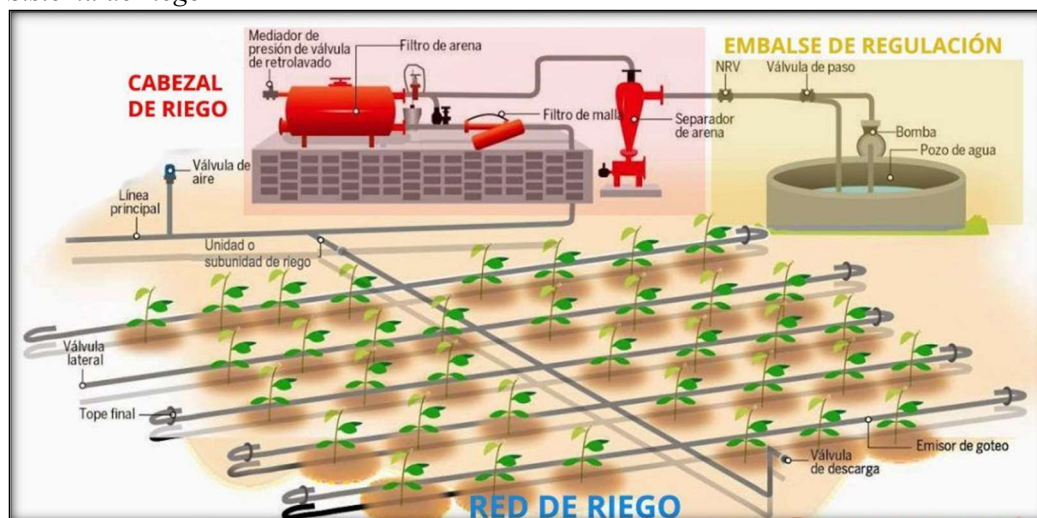
El análisis considera la captación del recurso hídrico desde el acuífero, principalmente a través del caudal generado. El agua es impulsada por una electrobomba instalada en el pozo, que la eleva hasta la superficie y la conduce mediante el “árbol de descarga”, conjunto de tuberías que transporta el flujo hacia el exterior.

Para evaluar el caudal, se emplean hidrómetros u otros dispositivos del sistema de bombeo, que permiten estimar el volumen extraído en función del tiempo. Este se expresa en litros por segundo (L/s) y en metros cúbicos por hora (m³/h), facilitando el control y la gestión del recurso hídrico.

En este contexto, el estudio se centra en la infraestructura y funcionamiento de la cámara de bombeo del pozo. Estos pozos son excavaciones diseñadas para captar agua de acuíferos subterráneos de manera eficiente y sostenible para uso agrícola (Pozoagua, 2025).

Figura 6

Sistema de riego



Nota. Obtenido de Prakor (2019)

A. Riego por Gravedad: Es una forma de mover el agua a través de la pendiente natural del terreno a las plantas. Esta técnica es efectiva y barata; no necesita bombas ni equipos especiales (Marisa, 2023). El agua se desplaza de manera natural desde un punto elevado a través de canales, surcos o melgas, aprovechando la inclinación del terreno. V : Velocidad del agua (m/s)

Figura 7

Riego por Gravedad



Nota. Obtenido de Redaccion (2022).

B. Riego por Aspersión: El riego por aspersión es un método de riego en el cual el agua se aplica a través de rociadores es un dispositivo mecánico (aspersores) para repartir el agua en forma de gotas sobre los cultivos. Este sistema es muy eficiente, ya que se puede regular la cantidad de agua aplicada y disminuir las pérdidas por

evaporación o escorrentía. Sistema presurizado que distribuye agua en forma de lluvia artificial mediante aspersores instalados en tuberías (Angulo, 2025).

Figura 8

Riego por Aspersión

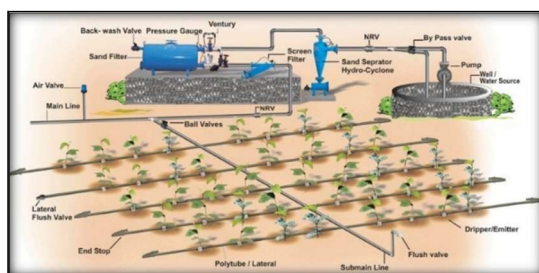


Nota. Obtenido de Angulo (2025).

C. Riego por Goteo: El riego por goteo es la primera etapa del proceso de diseño de cualquier tipo de riego, con el que se define la cantidad de agua que debe ser capaz de transportar la instalación, que se corresponderá con las necesidades brutas de riego en los meses de máxima necesidad. Es una etapa fundamental en un proyecto de riego, pues de fallas en los cálculos del diseño agronómico, fallarán en un futuro los cálculos del diseño (Crespo,2024). Asimismo, administra agua directamente a la raíz a través de goteros vinculados a una red de tuberías. Aspersores diminutos que dispersan agua a baja presión y corta distancia.

Figura 9

Riego por Goteo



Nota. Obtenido de Crespo (2024).

2.2.2. Pozos Tubulares

Los pozos tubulares tienen perforaciones verticales, generalmente de diámetro reducido, revestidas con tubos, que facilitan la extracción de agua subterránea de acuíferos profundos, Por ello poseen un diseño específico que implica la comprensión de las características hidrodinámicas del acuífero en el que se llevará a cabo la perforación. Este diseño debe permitir la obtención de agua en condiciones económicas viables, lo que hace que la perforación del pozo dependa de los datos obtenidos en el análisis del estudio del agua. La instalación de un pozo tubular surge de la necesidad de recursos hídricos, lo que impulsa la búsqueda de agua subterránea debido a su escasez en la superficie. El diseño es crucial, ya que debe considerar la cantidad de agua que se pretende extraer, lo que implica que el caudal debe ser evaluado para la comunidad específica (CASTRO,2023).

Cálculo de Caudal del Pozo: Una fórmula básica usada para estimar el caudal de un pozo es:

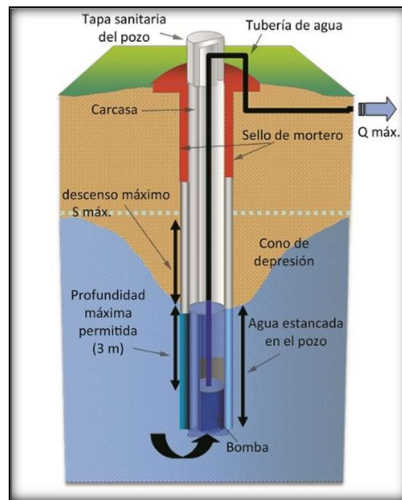
$$Q = A.V$$

Donde:

- **Q:** Caudal (m³/s)
- **A:** Área de ingreso (m²)
- **v:** Velocidad del agua (m/s)

Figura 10

Pozos Tubulares



Nota. Obtenido de 11 Construcción y mantenimiento del pozo (2014).

2.2.3. Válvulas de Aire.

Las válvulas de aire son dispositivos hidráulicos utilizados para controlar la presencia de aire en las tuberías. Permiten expulsar el aire durante el llenado de la conducción y admitirlo durante el vaciado, evitando presiones negativas que puedan afectar la integridad del sistema. Generalmente, se instalan en los puntos altos de las líneas de conducción, donde existe mayor posibilidad de acumulación de aire (United States Bureau of Reclamation [USBR], 2012).

En los sistemas de bombeo de pozos tubulares, estos dispositivos contribuyen a mantener condiciones hidráulicas adecuadas y a proteger las tuberías frente a efectos asociados con el vacío y las variaciones bruscas de presión. Por ello, su correcto funcionamiento favorece la seguridad y continuidad operativa del sistema de impulsión (USBR, 2012).

Figura 11

Válvula de Aire.



Nota. Válvula de Aire instalado en Maniful de árbol de descarga de pozo tubular, olmos, Lambayeque (2 de diciembre del 2025).

2.2.4. Automatización de sistemas de Bombeo.

La automatización de sistemas de bombeo comprende el uso de dispositivos de medición y control para supervisar variables operativas y regular el funcionamiento de los equipos. En aplicaciones de bombeo, los sensores y variadores de frecuencia permiten controlar variables como la presión y el caudal mediante el ajuste de la velocidad del motor en función de las condiciones de operación (Schneider Electric, 2017).

Figura 12

Dream2



Obtenido. Obtenido de Talgil(2016)

Dentro de los sistemas de automatización se encuentra la Unidad Terminal Remota (RTU), dispositivo que permite adquirir y transmitir datos procedentes de sensores instalados en campo. Las RTU pueden registrar variables como nivel, caudal, presión y temperatura, y transmitir la información hacia sistemas de supervisión y control, como SCADA o DREAM (Siemens AG, 2017).

Figura 13

Unidad terminal remota (RTU)



Nota. Unidad terminal remota (RTU) instalada en caseta de pozo tubular, olmos, Lambayeque (3 de diciembre 2025)

En el monitoreo de pozos tubulares, la automatización facilita el seguimiento de las condiciones operativas del sistema de bombeo y permite disponer de información para la detección de variaciones y la toma de decisiones relacionadas con la operación y el mantenimiento.

2.2.5. Parámetros de monitoreo.

A continuación, se detallan los parámetros hidráulicos, eléctricos y de calidad del agua, fundamentales para el diseño, operación y mantenimiento eficaz de los sistemas de abastecimiento y distribución de agua.

- **Arena (ppm)**

La concentración de partículas sólidas de dimensiones similares a las de la arena, presentes en el agua, se cuantifica en partes por millón (ppm). Las partículas presentan

un tamaño que varía entre aproximadamente 0,06 mm y 2 mm. El origen de las partículas arenosas puede ser tanto natural, a través de procesos como la erosión del suelo o los procesos sedimentarios, como resultado de actividades humanas. La presencia de estas partículas influye en las características físicas del agua, dado que provoca turbidez, ocasiona desgaste en las tuberías y equipos por los cuales circulan, y genera complicaciones en los sistemas destinados al tratamiento y purificación del agua. (MINAM, 2025). Las recomendaciones sobre el contenido de arena varían de un país a otro, pero Grundfos recomienda que el contenido de arena no exceda los 50 ppm en el agua del pozo. A esa concentración el rendimiento de la bomba y su vida útil pueden mantenerse a un nivel aceptable.

- **Conductividad eléctrica (CE)**

La conductividad eléctrica del agua es la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Se trata de un parámetro que indica la cantidad de sales disueltas en el agua, y que se utiliza para estimar la calidad del agua.

La demanda de agua, en cuanto a calidad, cantidad y distribución espacial - temporal en varios sectores socioeconómicos para el desarrollo territorial, está aumentando. Por lo tanto, la gestión y supervisión de este recurso es crucial. La calidad del agua de riego se ve afectada principalmente por los tipos y concentraciones de sales presentes. Los criterios para evaluar su calidad se dividen en tres categorías: biológica, física y química. Las características principales se relacionan con la salinidad del agua, la conductividad eléctrica, la relación de adsorción de sodio, los sólidos disueltos totales, la alcalinidad y la dureza del agua. CE significa la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, estrechamente asociada con la concentración y naturaleza de las sales disueltas (por ejemplo, Schulz, 1999), que afecta la producción agrícola y las propiedades del suelo (pH, nutrientes, conductividad eléctrica, entre otros) (Aumassanne y Fontanella, 2015).

La CE mide el flujo de corriente eléctrica a través de una sustancia, a menudo agua o suelo. Este pasaje delinea la migración de cationes (iones cargados

positivamente) y aniones (iones cargados negativamente) en el agua o el suelo, entre un electrodo positivo (cátodo) y un electrodo negativo (ánodo) dentro de la celda del conductómetro. El valor de conductividad eléctrica es directamente proporcional a la concentración de cationes y aniones en el medio. Una CE elevada significa una mayor concentración total de sal en la solución acuosa o del suelo. Por lo tanto, la medición de la CE facilita el cálculo de las concentraciones de sal disuelta en la muestra de agua o la solución del suelo. La interpretación de la CE del nivel freático indica que los valores de concentración de sal por debajo de 0,8 dS/m (deciSiemens por metro) se consideran adecuados para una germinación y desarrollo óptimos de los cultivos. Por el contrario, a niveles de sal que alcanzan los 3,0 dS/m, el rendimiento de algunos cultivos, como el maíz, se reduce debido a su alta sensibilidad. Cuando los niveles de salinidad alcanzan los 8,0 dS/m, se recomienda cultivar solo cultivos tolerantes a la sal, como pasto Rodas, festuca, girasol, Loto corniculatus, trigo y sorgo. Cuando la CE supera los 8,0 dS/m, es recomendable cultivar especies altamente tolerantes como triticale, melilotus alba, agropiro, cebada, lotus tenuis, quinua y acelgas. La existencia de especies químicas (cationes y aniones) en napa puede impedir la productividad de los cultivos; sin embargo, algunas de estas especies son nutrientes que pueden ser deficientes en condiciones estándar. El azufre es un elemento que a menudo falta para un buen crecimiento de los cultivos en suelos arenosos desprovistos de materia orgánica, que se puede proporcionar como sulfato disuelto en agua de napa (Iturri et al., 2022)

- **Corriente eléctrica (A):**

Se define como la rapidez con la que circula la carga. Cuando existe una corriente significativa, como la empleada para operar un frigorífico, una cantidad considerable de carga se desplaza a través del cable en un breve intervalo de tiempo. Si la corriente se reduce, como la empleada para operar una calculadora portátil, una cantidad mínima de carga se desplaza a través del circuito durante un período extenso (Moebs et al., 2021). La corriente, que se mide en amperes (A), es fluido eléctrico que consume

una bomba sumergible depende de su potencia y puede variar.

- **Nivel estático (NE):**

Se expresa mediante la distancia medida desde la superficie del terreno hasta la superficie del agua en el subsuelo. En un pozo corresponde al nivel del agua en el pozo con la bomba apagada y viniendo del reposo (al menos 1 hora sin la bomba en marcha). Es la distancia a la que se encuentra el agua en un pozo cuando éste no está en bombeo y el nivel del agua en el pozo se encuentra en equilibrio hidráulico con el acuífero que lo rodea. En este caso, la carga en el pozo es igual a la carga hidrostática del acuífero y el nivel del agua se estabiliza. El NE denota la profundidad del agua en un pozo durante los períodos de no extracción cuando el pozo alcanza el equilibrio hidráulico con el acuífero adyacente. En este escenario, la presión del agua dentro del pozo se corresponde con la presión hidrostática del acuífero, lo que resulta en la estabilización del nivel del agua (Equipozo, 2023).

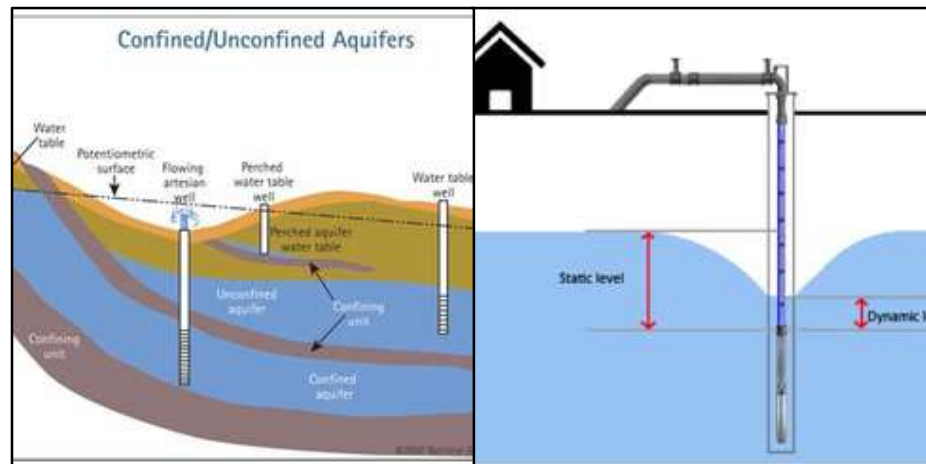
- **Nivel dinámico (ND):**

Se expresa mediante la profundidad que ocupa el agua subterránea, en un pozo mientras está siendo bombeado o explotado. Se refiere al nivel de agua en un pozo durante la extracción o utilización. Tras la activación de un pozo y la posterior extracción de agua del acuífero, la presión del agua dentro del pozo disminuye, lo que provoca una disminución del nivel del agua. El nivel dinámico varía durante el bombeo. Es esencial reconocer que el nivel dinámico puede fluctuar cuando se altera el ritmo de extracción de agua del pozo y la respuesta del acuífero a esta extracción. La disparidad entre los niveles de agua estáticos y dinámicos se denomina "cono de depresión", que representa la configuración cónica del nivel de agua en el pozo durante la extracción. Comprender los niveles estáticos y dinámicos de un pozo es esencial para la supervisión y gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos, ya que permite evaluar la disponibilidad de agua y los efectos de las actividades de bombeo en el acuífero. Esta información es crucial para evaluar la capacidad de producción y el rendimiento del

pozo (Equipozo, 2023). En la figura 1 se muestra gráficamente los niveles.

Figura 14

Nivel estático y dinámico en pozos de agua



Nota. Obtenido de Equipozo (2023).

- **Potencial de hidrógeno (pH):**

El valor del pH es un parámetro importante para medir la calidad del agua y se debe controlar y regular si es necesario.

Se cuantifica en una escala del 1 al 14. El agua destinada al consumo humano debe poseer un rango de pH de 6,5 a 9. Evaluación de la concentración de hidrógeno en solución. Las soluciones ácidas poseen un pH inferior a 7, las soluciones neutras tienen un pH de exactamente 7 (a 25°C), mientras que las soluciones alcalinas exhiben un pH superior a 7 (Villalobos, 2013).

El pH es una medida que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa, determinada por la concentración de iones de hidrógeno (H^+) presentes en ella. Se expresa en una escala logarítmica que va de 0 a 14, donde un valor menor a 7 corresponde a un medio ácido, igual a 7 a un medio neutro, y mayor a 7 a un medio básico o alcalino, el valor de pH 7 es un valor neutro entre acidez y alcalinidad (Mansilla, 2014). Donde se ejecuta la siguiente fórmula:

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Donde:

- pH = potencial de hidrógeno, mide la acidez o basicidad de una solución.
- $[H^+]$ = concentración molar de iones hidrógeno (en moles por litro, mol/L).
- $\log_{10}$ = logaritmo decimal (base 10).
- El signo negativo indica que a mayor concentración de iones H^+ , menor será el pH (más ácido).

- **Presión (bar):**

Se mide en la superficie del pozo o cerca de ella, y se conoce también como presión del cabezal de las tuberías. Un descenso de la presión nos indicaría un atascamiento de la bomba y un incremento nos da una alerta de ante una válvula cerrada en la descarga del pozo. Donde se emplea de forma general la siguiente formula:

$$P = \frac{F}{A}$$

- Donde:
- P = presión (en Pa, bar, atm, etc.)
- F = fuerza aplicada (en Newtons, N)
- A = área sobre la que se aplica la fuerza (en m²)
- **Tensión eléctrica (V):**

El voltaje es simplemente la presión eléctrica medido en voltios (V). La tensión eléctrica, también llamada voltaje y representada por la letra V, es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito. Se aplica la siguiente formula:

$$V = \frac{W}{q}$$

Donde:

- V = tensión o voltaje (voltios)
- W = trabajo o energía (julios)
- q = carga eléctrica (culombios)

Capítulo III: Aporte y desarrollo de Experiencias

3.1. Planteamiento técnico de la Propuesta

3.1.1. Descripción

El presente trabajo de suficiencia profesional se plantea desde un enfoque técnico-operativo, orientado a la gestión integral de pozos tubulares superficiales y profundos destinados al abastecimiento de agua para sistemas de riego tecnificado en cultivos de palta, arándano y mango. La propuesta se fundamenta en la necesidad de asegurar la disponibilidad, calidad y sostenibilidad del recurso hídrico, así como la eficiencia hidráulica y energética de los sistemas de bombeo empleados en las distintas sedes agrícolas de la empresa.

El planteamiento técnico considera como eje principal la implementación sistemática de procedimientos de monitoreo hidráulico, eléctrico y de calidad del agua, los cuales permiten evaluar el comportamiento operativo de los pozos y anticipar posibles fallas mecánicas, eléctricas o hidráulicas. Para ello, se propone la medición periódica de parámetros clave como niveles estáticos y dinámicos, caudal, presión de descarga, concentración de arena (ppm), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), corriente eléctrica, frecuencia de trabajo y tensión eléctrica, los cuales constituyen indicadores directos del estado del acuífero, del rendimiento del pozo y del desempeño de la bomba sumergible.

Asimismo, el planteamiento técnico incorpora la estandarización de registros y reportes técnicos, los cuales permiten consolidar información histórica de cada pozo, facilitando el análisis de tendencias, la identificación de pérdidas de eficiencia y la toma de decisiones oportunas respecto a mantenimientos preventivos, correctivos o intervenciones mayores, como desmontajes y montajes de equipos de bombeo. Esta información resulta clave para optimizar la vida útil de los pozos, reducir costos operativos y minimizar riesgos asociados a paradas no programadas.

Desde el punto de vista operativo, la propuesta incluye la aplicación de

procedimientos técnicos para el desmontaje y montaje de pozos, asegurando el cumplimiento de criterios de seguridad, control de calidad y verificación del estado mecánico y eléctrico de los equipos. Estas actividades permiten evaluar el estado de bombas, motores, tuberías y cables sumergibles, así como verificar parámetros eléctricos críticos, tales como la resistencia de aislamiento, garantizando condiciones adecuadas para la puesta en operación del sistema.

Adicionalmente, el planteamiento técnico promueve la articulación entre las áreas de infraestructura, mantenimiento eléctrico y riego automatizado, fortaleciendo una gestión coordinada del recurso hídrico y energético. Esta integración permite que la información obtenida del monitoreo de pozos sea utilizada de manera efectiva en la programación del riego, la regulación de presiones y caudales, y la optimización del consumo energético asociado al bombeo.

En conjunto, lo propuesto contribuye a un manejo sostenible del agua subterránea, asegurando el abastecimiento continuo para los sistemas de riego tecnificado y fortaleciendo la eficiencia productiva de las operaciones agrícolas. El planteamiento técnico no solo responde a una necesidad operativa inmediata, sino que también establece una base sólida para la gestión a largo plazo de los pozos tubulares, alineada con criterios de sostenibilidad, eficiencia y uso racional del recurso hídrico.

3.1.2. Objetivo del Proyecto

Evaluar y optimizar la operación de los pozos tubulares superficiales y profundos destinados al abastecimiento de agua para riego tecnificado en cultivos de palta, arándano y mango, mediante el monitoreo sistemático de parámetros hidráulicos, eléctricos y fisicoquímicos, con el fin de garantizar la eficiencia operativa de los sistemas de bombeo, la calidad del agua y la sostenibilidad del recurso hídrico.

3.1.3. Metas de las Intervenciones

1. Las intervenciones realizadas en los pozos tubulares superficiales y profundos tuvieron como finalidad asegurar la operación eficiente, segura y sostenible de los sistemas de abastecimiento de agua para riego tecnificado en los cultivos de palta, arándano y mango. En ese sentido, las metas establecidas a través del siguiente procedimiento :
2. Garantizar la continuidad operativa de los pozos tubulares, asegurando el suministro permanente de agua para los sistemas de riego por goteo, mediante el monitoreo oportuno de los parámetros hidráulicos y eléctricos.
3. Optimizar el rendimiento hidráulico de los pozos, manteniendo condiciones adecuadas de caudal, presión y niveles dinámicos, de acuerdo con los requerimientos operativos de cada unidad agrícola.
4. Prevenir fallas mecánicas y eléctricas en los equipos de bombeo, a través del control periódico de corriente, tensión, frecuencia de trabajo y resistencia de aislamiento, reduciendo paradas no programadas.
5. Controlar la calidad del agua extraída, evaluando parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica y concentración de arena, con el fin de proteger los sistemas de riego, prolongar la vida útil de los equipos y evitar impactos negativos en los cultivos.
6. Reducir el desgaste y deterioro prematuro de bombas, tuberías y accesorios, mediante la detección temprana de arenamiento y condiciones hidráulicas inadecuadas en los pozos.
7. Estandarizar los procedimientos de monitoreo, registro y reporte técnico, permitiendo la generación de información confiable y trazable para la toma de decisiones operativas y de mantenimiento.
8. Apoyar la planificación del mantenimiento preventivo y correctivo, priorizando las intervenciones en función del estado operativo y desempeño de cada pozo.
9. Optimizar el uso del recurso hídrico y energético, contribuyendo a una gestión eficiente del agua subterránea y a la reducción del consumo energético asociado al

bombeo.

10. Fortalecer la coordinación entre las áreas técnicas involucradas, integrando la información de infraestructura, mantenimiento eléctrico y riego automatizado para una gestión integral del sistema.

11. Contribuir al manejo sostenible del recurso hídrico, asegurando la explotación responsable de los acuíferos y la sostenibilidad de las operaciones agrícolas en el largo plazo.

3.1.4. Procedimiento de Monitoreo

El presente procedimiento establece de manera ordenada las actividades técnicas necesarias para la evaluación de los parámetros hidráulicos, eléctricos y fisicoquímicos de los pozos tubulares, con la finalidad de verificar su desempeño operativo, prevenir fallas en los sistemas de bombeo y asegurar la continuidad del suministro hídrico para el riego tecnificado.

3.1.4.1. Actividades previas

Previo al inicio de las labores de monitoreo, se efectúan acciones orientadas a garantizar condiciones adecuadas de seguridad y control del área de trabajo, retiro y control de las llaves de acceso a la caseta del pozo, tal como se aprecia en la figura 15.

Figura 15

Cando y cadena de caseta de Pozo



- ✓ Restricción del ingreso de personal no autorizado durante la intervención.
- ✓ Coordinación con el área de Seguridad para la desactivación temporal de los sistemas de alarma.
- ✓ Verificación de condiciones seguras en el área antes del inicio de actividades.

3.1.4.2. Monitoreo de parámetros hidráulicos

- ✓ El monitoreo hidráulico permite evaluar el comportamiento del pozo durante su operación y detectar variaciones que puedan afectar su eficiencia.

a) Medición de niveles de agua

- ✓ Verificación del estado operativo de la sonda de nivel y ajuste de sensibilidad.

Figura 16

Sonda de Nivel



- ✓ Medición del nivel estático con la bomba fuera de operación.

Figura 17

- ✓ Medición del Nivel estático con la Sonda de Nivel con la bomba apagada
- ✓ Medición del nivel dinámico con la bomba en funcionamiento



b) Consideraciones operativas:

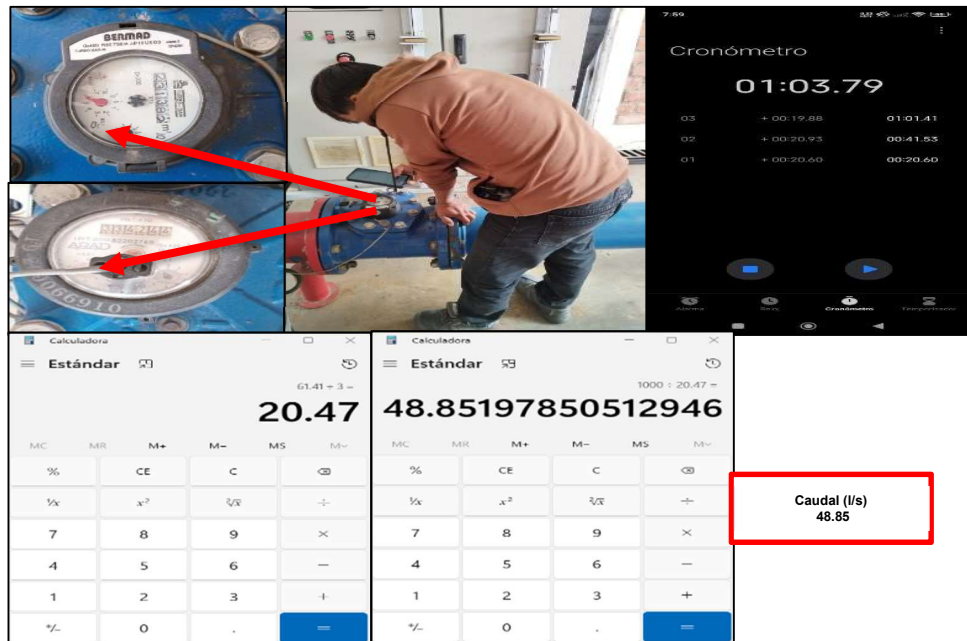
- ✓ Protección de la cinta graduada con material textil industrial.
- ✓ Uso obligatorio de guantes de protección personal.
- ✓ Enrollado ordenado de la sonda, evitando pliegues o dobleces.

c) Medición de caudal

- ✓ Determinación del caudal mediante hidrómetro instalado en la línea de descarga del pozo.
- ✓ Registro mínimo de tres lecturas del tiempo correspondiente a una vuelta completa del indicador.
- ✓ Obtención del tiempo promedio de medición.
- ✓ Consideración de un volumen de 1000 litros por vuelta.
- ✓ Cálculo del caudal expresado en litros por segundo (L/s).

Figura 18

Procedimiento de cálculo de caudal.

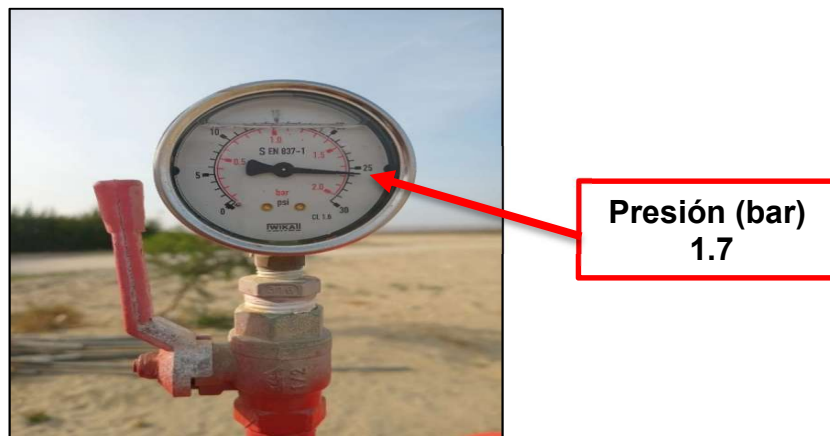


d) Medición de presión

- ✓ Lectura directa de la presión de descarga mediante manómetro de glicerina instalado en el árbol de descarga.

Figura 19

Manómetro en salida de árbol de descarga en Pozo



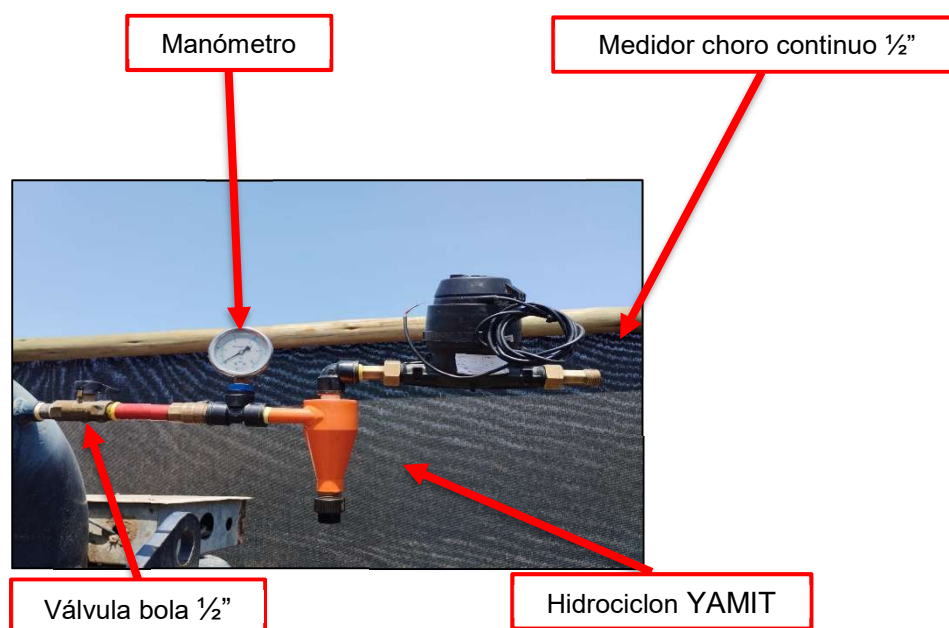
- ✓ Registro del valor observado para análisis y control operativo.

d) Evaluación de arenamiento

- ✓ Instalación del hidrociclón de prueba de arena modelo YAMIT 700 ts en la conexión de ½" del codo de descarga.

Figura 20

Equipo de medición de Arena



- ✓ Determinación del caudal de prueba mediante caudalímetro o aforo volumétrico.
 - Procedimiento de muestreo:
 - Colocación de la probeta cónica graduada.
 - Apertura de la válvula de bola de ½".
 - Tiempo de muestreo continuo: 12 minutos o 200 litros.
 - Lectura del volumen de arena sedimentada en mililitros (ml).

Figura 21

Equipo de medición de Arena



En la tabla 1, se observa el tiempo de muestreo en aforo directo

Tabla 1

Tiempo de muestreo en aforo directo

Tiempo de muestreo [min]	El agua pasó a través del muestreador en el tiempo de muestreo [m³]	Condiciones recomendadas
3	0.05	Agua de suministro muy contaminada
6	0.1	Suministro normal
9	0.15	Suministro normal
12	0.2	Agua limpia

Nota: Instalacion y Operación Manual de instrucciones, Yamit.

- ✓ Cálculo de concentración de sólidos en suspensión:
- ✓ División del volumen de arena acumulada entre el volumen total de agua muestreada.

$$\text{Concentraci3n de s3lidos en suspensi3n (ppm)} = \frac{\text{Cantidad de s3lidos en suspensi3n acumulados (ml)}}{\text{Volumen de agua q ue paso por el muestreador (m3)}}$$

- ✓ Expresión del resultado en partes por millón (ppm).
- ✓ Ejemplo de cálculo:
 - Caudal aforado: 0,2 L/s
 - Arena acumulada: 0,20 ml
 - Volumen muestreado: 0,144 m³
 - Concentración de sólidos en suspensión: 1.38 ppm

Figura 22

Operación de Hidrocyclon para determinar cantidad de arena.



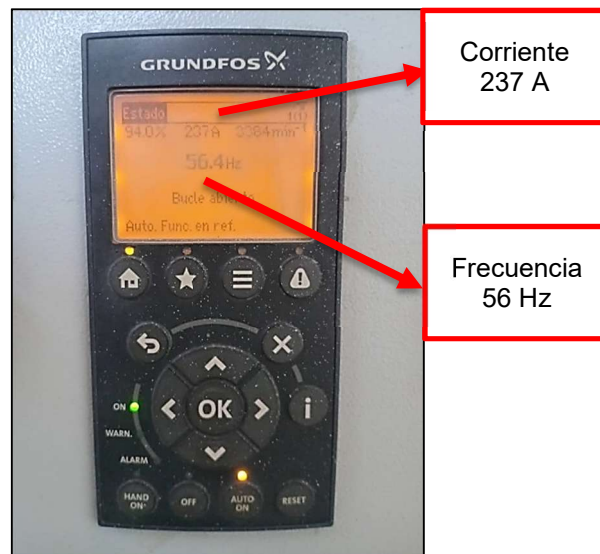
3.1.4.3. Monitoreo de parámetros eléctricos

El control de los parámetros eléctricos permite evaluar el desempeño del sistema de bombeo y prevenir fallas electromecánicas.

- ✓ Registro de la corriente eléctrica (A).
- ✓ Verificación de la frecuencia de operación (Hz).
- ✓ Control de la tensión eléctrica (V).
- ✓ Lectura de los valores desde la pantalla del variador de velocidad del pozo.

Figura 23

Display del Variador – Marca Grundfos.



3.1.4.4. Análisis de parámetros fisicoquímicos

El análisis fisicoquímico del agua permite verificar su calidad y compatibilidad con el sistema de riego tecnificado.

- ✓ Extracción de una muestra de agua del pozo.
- ✓ Enjuague previo del recipiente de muestreo en dos oportunidades.
- ✓ Consideración de la tercera extracción como muestra representativa.
- ✓ Rotulado adecuado de la muestra.
- ✓ Envío de la muestra a laboratorio para análisis de pH y conductividad eléctrica.

3.1.4.5. Registros

Durante la ejecución del procedimiento se generan los siguientes documentos de control y seguimiento. Entre ellos se encuentran formatos de monitoreo de pozos y chek list de verificación del procedimiento, los cuales facilitan la estandarización de actividades y la trazabilidad de información técnica, como se aprevia en la tabla 2 y 3.

✓ Registro de monitoreo y seguimiento de pozos.

Tabla 2: Formato de Monitoreo de Pozos.

valores de niveles (nivel estático, nivel dinámico, nivel crítico y profundidad de bomba)

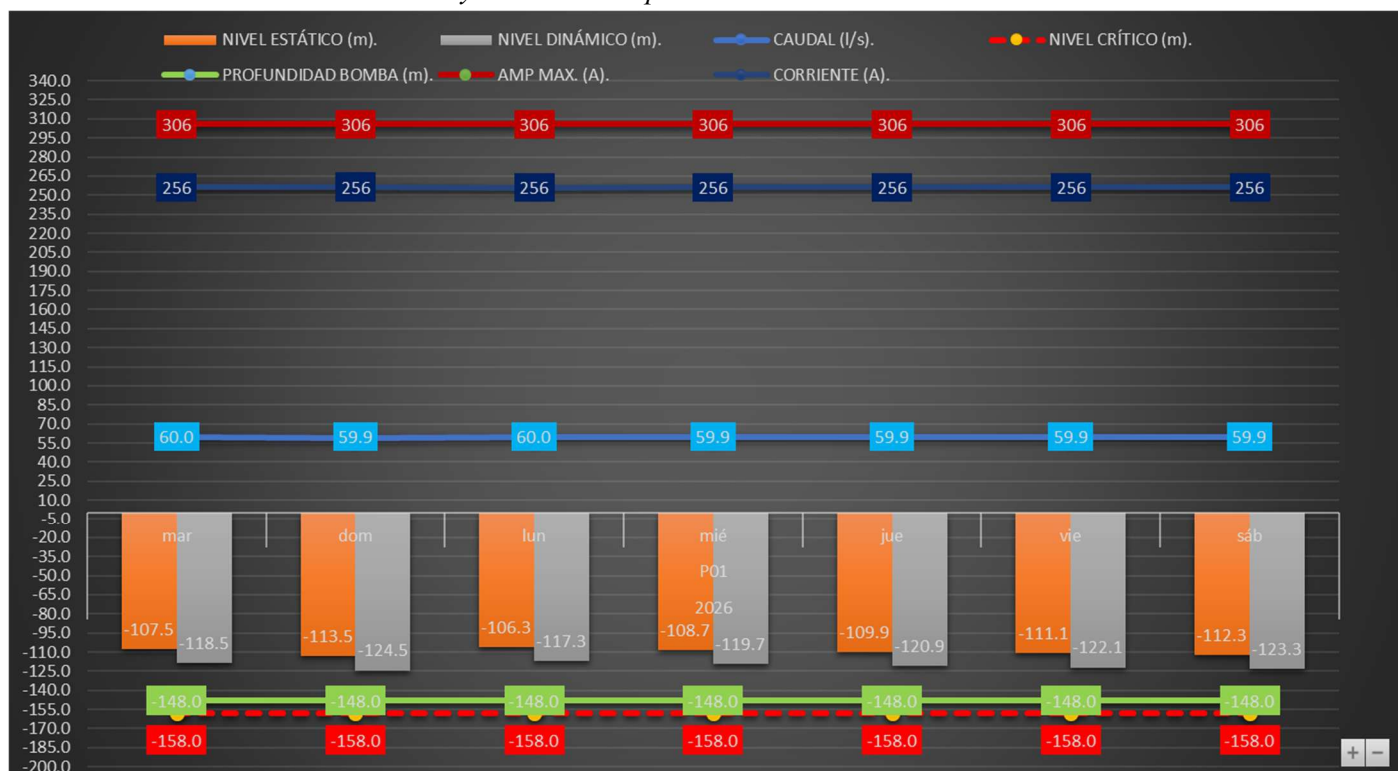
FORMATO DE MONITOREO DE POZOS																						
ÁREA:					INGENIERÍA AGRÍCOLA																	
RESPONSABLE:					G. RAUL RODRIGUEZ OJEDA																	
DATOS					PARÁMETROS HIDRÁULICOS										P. FÍSICO- QUÍMICOS			P. ELÉCTRICOS				
POZO	FECHA	AÑO	MES	SEM. CAL	DIA	AMP MAX. (A)	PROFUNDIDAD BOMBA (m)	NIVEL CRÍTICO (m)	NIVEL ESTÁTICO (m)	NIVEL DINÁMICO (m)	CAUDAL (l/s)	VOLUMEN (m3)	HORAS TRABAJO (Hr)	ARENA (ppm)	PRESIÓN (Bar)	PH	CE (dS/m)	TEMP (°C)	CORRIENTE (A)	TENSIÓN (V)	FRECUENCIA (HZ)	OBSERVACIONES
P01	01/01/2026	2026	Ene	1	jue	305.9	-148	-158	-101.5	-112.5	60.0	4752.0	22.0	0.0	0.5	7.1	0.9	33.0	255.9	395.0	55	
P02	01/01/2026	2026	Ene	1	jue	183.5	-129	-139	-90.0	-101.0	62.0	4687.2	21.0	0.1	0.8	7.5	0.8	33.5	133.5	400.0	53	
P03	01/01/2026	2026	Ene	1	jue	244.7	-135	-145	-95.0	-106.0	58.0	4176.0	20.0	0.0	1.0	7.3	0.9	33.2	194.7	380.0	50	
P04	01/01/2026	2026	Ene	1	jue	220.2	-132	-142	-85.0	-96.0	40.0	3024.0	21.0	0.2	1.1	7.9	1.1	32.9	170.2	370.0	52	
P05	01/01/2026	2026	Ene	1	jue	244.7	-142	-152	-70.0	-81.0	45.0	3564.0	22.0	0.1	0.7	7	1.1	33.0	194.7	410.0	54	
P06	01/01/2026	2026	Ene	1	jue	244.7	-150	-160	-77.0	-88.0	35.0	2898.0	23.0	0.2	1.2	7.06	0.9	33.1	194.7	390.0	55	
P01	02/01/2026	2026	Ene	1	vie	305.9	-148	-158	-102.7	-113.7	60.0	4751.2	22.0	0.0	0.5	7.105	0.8	33.0	255.9	395.0	55	
P02	02/01/2026	2026	Ene	1	vie	183.5	-129	-139	-91.2	-102.2	62.0	4686.4	21.0	0.1	0.8	7.505	0.9	33.5	133.6	400.0	53	
P03	02/01/2026	2026	Ene	1	vie	244.7	-135	-145	-96.2	-107.2	58.0	4175.3	20.0	0.0	1.0	7.305	1.1	33.2	194.8	380.0	50	
P04	02/01/2026	2026	Ene	1	vie	220.2	-132	-142	-86.2	-97.2	40.0	3023.2	21.0	0.2	1.1	7.905	1.0	32.9	170.3	370.0	52	
P05	02/01/2026	2026	Ene	1	vie	244.7	-142	-152	-71.2	-82.2	45.0	3563.2	22.0	0.1	0.7	7.005	0.9	33.0	194.8	410.0	54	
P06	02/01/2026	2026	Ene	1	vie	244.7	-150	-160	-78.2	-89.2	35.0	2897.2	23.0	0.2	1.2	7.065	0.8	33.1	194.8	390.0	55	
P01	03/01/2026	2026	Ene	1	sáb	305.9	-148	-158	-103.9	-114.9	60.0	4750.4	22.0	0.0	0.5	7.11	0.9	33.0	256.0	395.0	55	
P02	03/01/2026	2026	Ene	1	sáb	183.5	-129	-139	-92.4	-103.4	62.0	4685.7	21.0	0.1	0.8	7.51	1.1	33.5	133.6	400.0	53	
P03	03/01/2026	2026	Ene	1	sáb	244.7	-135	-145	-97.4	-108.4	58.0	4174.6	20.0	0.0	1.0	7.31	1.0	33.2	194.8	380.0	50	
P04	03/01/2026	2026	Ene	1	sáb	220.2	-132	-142	-87.4	-98.4	40.0	3022.5	21.0	0.2	1.1	7.91	0.9	32.9	170.3	370.0	52	
P05	03/01/2026	2026	Ene	1	sáb	244.7	-142	-152	-72.4	-83.4	45.0	3562.4	22.0	0.1	0.7	7.01	0.8	33.0	194.8	410.0	54	
P06	03/01/2026	2026	Ene	1	sáb	244.7	-150	-160	-79.4	-90.4	35.0	2896.3	23.0	0.2	1.2	7.07	0.9	33.1	194.8	390.0	55	
P01	04/01/2026	2026	Ene	1	dom	305.9	-148	-158	-105.1	-116.1	60.0	4749.6	22.0	0.0	0.5	7.115	1.1	33.0	256.0	395.0	55	
P02	04/01/2026	2026	Ene	1	dom	183.5	-129	-139	-93.6	-104.6	62.0	4684.9	21.0	0.1	0.8	7.515	1.0	33.5	133.7	400.0	53	
P03	04/01/2026	2026	Ene	1	dom	244.7	-135	-145	-98.6	-109.6	58.0	4173.8	20.0	0.0	1.0	7.315	0.9	33.2	194.9	380.0	50	
P04	04/01/2026	2026	Ene	1	dom	220.2	-132	-142	-88.6	-99.6	40.0	3021.7	21.0	0.2	1.1	7.915	0.8	32.9	170.4	370.0	52	
P05	04/01/2026	2026	Ene	1	dom	244.7	-142	-152	-73.6	-84.6	45.0	3561.6	22.0	0.1	0.7	7.015	0.9	33.0	194.9	410.0	54	
P06	04/01/2026	2026	Ene	1	dom	244.7	-150	-160	-80.6	-91.6	35.0	2895.5	23.0	0.2	1.2	7.075	1.1	33.1	194.9	390.0	55	
P01	05/01/2026	2026	Ene	2	lun	305.9	-148	-158	-106.3	-117.3	60.0	4748.8	22.0	0.0	0.5	7.12	1.0	33.0	256.1	395.0	55	
P02	05/01/2026	2026	Ene	2	lun	183.5	-129	-139	-94.8	-105.8	62.0	4684.2	21.0	0.1	0.8	7.52	0.9	33.5	133.7	400.0	53	
P03	05/01/2026	2026	Ene	2	lun	244.7	-135	-145	-99.8	-110.8	58.0	4173.1	20.0	0.0	1.0	7.32	0.8	33.2	194.9	380.0	50	
P04	05/01/2026	2026	Ene	2	lun	220.2	-132	-142	-89.8	-100.8	40.0	3021.0	21.0	0.2	1.1	7.92	0.9	32.9	170.4	370.0	52	
P05	05/01/2026	2026	Ene	2	lun	244.7	-142	-152	-74.8	-85.8	45.0	3560.8	22.0	0.1	0.7	7.02	1.1	33.0	194.9	410.0	54	
P06	05/01/2026	2026	Ene	2	lun	244.7	-150	-160	-81.8	-92.8	35.0	2894.7	23.0	0.2	1.2	7.08	1.0	33.1	194.9	390.0	55	
P01	06/01/2026	2026	Ene	2	mar	305.9	-148	-158	-107.5	-118.5	60.0	4748.0	22.0	0.0	0.5	7.125	0.9	33.0	256.1	395.0	55	
P02	06/01/2026	2026	Ene	2	mar	183.5	-129	-139	-96.0	-107.0	62.0	4683.4	21.0	0.1	0.8	7.525	0.8	33.5	133.8	400.0	53	
P03	06/01/2026	2026	Ene	2	mar	244.7	-135	-145	-101.0	-112.0	58.0	4172.4	20.0	0.0	1.0	7.325	0.9	33.2	195.0	380.0	50	

Es importante resaltar que los valores de niveles (nivel estático, nivel dinámico, nivel crítico y profundidad de bomba) han sido representados con signo negativo con fines exclusivamente gráficos, a fin de unificar la escala de visualización y simular el comportamiento vertical del pozo.

Se puede apreciar que en la figura 24 la variación de parámetros hidráulicos y eléctricos del pozo P01, mostrando valores de niveles se presentan en escala negativa con fines de representación gráfica de la profundidad del pozo.

Figura 24

Variación de Parámetros Hidráulicos y eléctricos del pozo P01.



- **Interpretación De Gráfico:**

La figura presenta un comportamiento estable del pozo P01, observándose un caudal prácticamente constante cercano a 60 L/s durante el periodo evaluado. El nivel dinámico se mantiene por debajo del nivel crítico establecido, lo que indica condiciones seguras de operación y ausencia de riesgo de sobreexplotación del acuífero.

Asimismo, la corriente eléctrica registra valores estables a lo largo del monitoreo, evidenciando un funcionamiento adecuado del sistema de bombeo, sin presencia de sobrecargas ni variaciones significativas en la demanda energética.

En el presente análisis, se consideró un nivel crítico equivalente a 10 metros de columna de agua por encima de la succión de la bomba, con la finalidad de garantizar una adecuada sumergencia del equipo de bombeo. Esta condición permite evitar la formación de vórtices en la zona de captación, reduciendo el riesgo de ingreso de aire al sistema hidráulico y, en consecuencia, previniendo fenómenos de cavitación que podrían afectar el rendimiento de la bomba y comprometer su vida útil.

✓ **Check List de Monitoreo**

Tabla 3:

Formato de Monitoreo de Parámetro de Pozos Tubulares.

Ckeck List

Formato de Monitoreo de Parámetros de Pozos Tubulares

Código: FR-INF-001 Versión: 01 Fecha: _____ Página: _____

I. Datos Generales

Descripción	Información
Fecha	
Hora de Inicio	
Hora de Término	
Código del Pozo	
Tipo de Pozo	☐ Superficial ☐ Profundo
Fundo	
Sector	
Distrito	
Provincia	
Departamento	
Responsable del Monitoreo	
Cultivo	

II. INSPECCIÓN PREVIA

Nº	Actividad	Conforme	No Conforme	Observaciones
1	Se coordinó con el área responsable del pozo.	☐	☐	
2	Se cuenta con autorización para ejecutar el monitoreo.	☐	☐	
3	Se verificó el uso de equipos de protección personal.	☐	☐	
4	Se inspeccionó el estado de la caseta.	☐	☐	
5	Se verificó el estado del árbol de descarga.	☐	☐	
6	Se comprobó la ausencia de fugas.	☐	☐	
7	Los instrumentos de medición se encuentran operativos.	☐	☐	

Nota: El formato completo de Ckeck list se presentará en el Anexo 6.3.

El check list constituye una herramienta de control utilizada para verificar el cumplimiento de las actividades previas, el monitoreo de los parámetros hidráulicos, eléctricos y fisicoquímicos, así como el registro de observaciones y acciones recomendadas. Su aplicación permite reducir omisiones durante la inspección, mejorar la calidad de los registros y facilitar la toma de decisiones para la operación y el mantenimiento de los pozos tubulares.

3.1.5. Análisis de costos del monitoreo de parámetros de pozos tubulares.

3.1.5.1. Criterios considerados.

Para estimar el costo del monitoreo de parámetros de pozos tubulares se consideraron los recursos indispensables para ejecutar una jornada de monitoreo, agrupados en mano de obra, equipos e instrumentos, materiales e insumos, transporte y gastos administrativos. Los costos fueron estimados con base en valores referenciales del mercado peruano y en la experiencia obtenida durante el desarrollo de las actividades profesionales.

3.1.5.2. Costos directos.

a) Mano de Obra.

Tabla 4:

Costo de mano de obra para una jornada de monitoreo.

Recurso	Cantidad	Costo Unitario	Total
Ingeniero Agrícola	1 jornada	S/120	S/120
Técnico de Campo	1 jornada	S/60	S/60
Total			S/180

b) Equipos e instrumentos.

El costo de utilización de los equipos se estimó mediante el método de depreciación lineal, el cual distribuye uniformemente el valor depreciable del activo durante su vida útil (Sapag Chain & Sapag Chain, 2020).

La depreciación anual se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{V_A - V_r}{VU}$$

Donde:

D = Depreciación anual (S/. año⁻¹)

V_A = Valor de adquisición del equipo (S/.)

V_r = Valor residual (S/.)

VU = Vida útil (años)

El costo diario se obtuvo mediante:

$$C_d = \frac{D}{365}$$

Donde:

Cd = Costo diario del equipo (S/. día⁻¹)

Para el presente análisis se consideró una vida útil de cuatro años y un valor residual equivalente al 10% del valor de adquisición.

Tabla 5:

Costo diario de utilización de equipos e instrumentos.

Recurso	Precio De Compra (S/.)	Vida Útil	Costo Diario (S/.)
Sonda De Nivel	5 000	4 Años	3.08
Peachímetro / Conductímetro	1 800	4 Años	1.11
Pinza Amperimétrica	1200	4 Años	0.74
Hidrocyclon	6 000	4 Años	3.70
Total			8.63

c) Materiales e Insumos.

Los materiales e insumos comprenden los elementos de consumo utilizados durante la toma de muestras, el registro de información y las actividades de monitoreo.

Tabla 6:

Costo de materiales e insumos.

Material	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
Frascos para Muestras	4	Unidad	4.00	8.00
Guantes de Nitrilo	1	Pares	15.00	15.00
Etiquetas	4	Unidad	0.50	2.00
Formatos impresos	5	Hoja	0.30	1.50
Lapicero y marcador	1	Juego	6.50	6.50
Total				33.00

d) Transporte.

El costo de transporte corresponde a la movilización del personal y de los equipos entre los diferentes pozos monitoreados durante una jornada de trabajo.

Tabla 7:

Costo de transporte.

Concepto	Cantidad	Unidad	Costo Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
Combustible	1	Jornada	50.00	50.00
Movilidad (Camioneta)	1	Jornada	100.00	100.00
Total				150.00

e) Total

Tabla 8:

Presupuesto estimado para una jornada de monitoreo de parámetros de pozos tubulares

Concepto	Costo (S/.)	Participación (%)
Mano De Obra	180.00	48.40
Equipos e Instrumentos	8.63	2.32
Materiales e Insumos	33.00	8.87
Transporte	150.00	40.32
Total	371.63	100.00

Nota. El costo total es por los 4 pozos evaluados por jornada.

Análisis de costos

El costo estimado para una jornada de monitoreo de parámetros de pozos tubulares es de S/ 371.63 soles, considerando la mano de obra, equipos e instrumentos, materiales e insumos y transporte. Durante una jornada se monitorean cuatro pozos tubulares, por lo que el costo unitario estimado es de S/ 92.91 soles por pozo.

La mano de obra representa el mayor componente del costo total (48.40 %), debido a la participación del personal responsable de ejecutar las actividades de monitoreo. Le sigue el transporte (40.32 %), asociado al desplazamiento del personal y los equipos hacia los pozos. Los materiales e insumos (8.87 %) y los equipos e instrumentos (2.32 %) presentan una menor participación, debido a que el costo de estos últimos se estimó mediante el método de depreciación lineal.

En conjunto, los resultados indican que el monitoreo periódico de pozos tubulares es económicamente factible para la operación y el control de pozos tubulares en sistemas de riego agrícola. Asimismo, la programación de cuatro pozos por jornada permite optimizar el uso del personal, los equipos y los recursos logísticos, contribuyendo a una gestión más eficiente de las actividades de monitoreo.

IV. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

1. El desarrollo del trabajo de suficiencia profesional permitió demostrar que el monitoreo integral de pozos tubulares superficiales y profundos es una herramienta fundamental para garantizar la continuidad, eficiencia y seguridad del abastecimiento de agua destinado a sistemas de riego tecnificado en cultivos de palta, arándano y mango.
2. La evaluación periódica de los parámetros hidráulicos, tales como nivel estático, nivel dinámico, caudal y presión de descarga, permitió identificar oportunamente variaciones en el desempeño de los pozos, contribuyendo a la detección temprana de pérdidas de eficiencia hidráulica y a la prevención de fallas operativas.
3. El control de la concentración de arena en el agua extraída evidenció su importancia en la protección de los equipos de bombeo, ya que permitió reducir el desgaste prematuro de bombas, tuberías y accesorios, prolongando su vida útil y minimizando costos asociados a mantenimientos correctivos.
4. El análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua, específicamente el potencial de hidrógeno (pH) y la conductividad eléctrica (CE), permitió evaluar la calidad del recurso hídrico y su compatibilidad con los sistemas de riego tecnificado, evitando impactos negativos en los cultivos y en las propiedades del suelo agrícola.
5. El monitoreo de los parámetros eléctricos, tales como corriente, tensión y frecuencia de trabajo, permitió verificar el adecuado funcionamiento de las bombas sumergibles y los sistemas eléctricos asociados, reduciendo el riesgo de sobrecargas, fallas electromecánicas y paradas no programadas.
6. La estandarización de los procedimientos de monitoreo, así como de los formatos de registro y check list, facilitó la generación de información confiable, trazable y comparable en el tiempo, fortaleciendo la toma de decisiones relacionadas con la operación y mantenimiento de los pozos tubulares.
7. La coordinación entre las áreas de infraestructura, mantenimiento eléctrico y riego automatizado contribuyó a una gestión integrada del recurso hídrico y energético, optimizando el uso del agua subterránea y alineando la operación de los pozos con los objetivos de sostenibilidad de la empresa.

4.2. Recomendaciones

1. Implementar un programa permanente de monitoreo de pozos tubulares que contemple la medición sistemática de parámetros hidráulicos, eléctricos y fisicoquímicos, estableciendo frecuencias de control de acuerdo con la criticidad y nivel de explotación de cada pozo.
2. Consolidar y mantener actualizada una base de datos histórica de los pozos, que incluya registros de niveles, caudal, presión, concentración de arena, pH, conductividad eléctrica y parámetros eléctricos, a fin de facilitar el análisis de tendencias y la toma de decisiones oportunas.
3. Establecer rangos operativos y valores de referencia para cada parámetro monitoreado, considerando las especificaciones técnicas de los equipos, las condiciones del acuífero y los requerimientos del sistema de riego tecnificado.
4. Priorizar el mantenimiento preventivo en aquellos pozos que presenten incrementos progresivos de arenamiento, descensos sostenidos de caudal o variaciones anormales de los niveles dinámicos, con el objetivo de evitar fallas mayores y prolongar la vida útil de los equipos.
5. Realizar evaluaciones periódicas del sistema eléctrico de los pozos, incluyendo pruebas de resistencia de aislamiento, verificación de parámetros eléctricos y revisión del estado de cables y conexiones, para minimizar riesgos de fallas electromecánicas.
6. Fortalecer la capacitación continua del personal técnico encargado del monitoreo y operación de pozos, asegurando la correcta aplicación de los procedimientos establecidos, el uso adecuado de los equipos de medición, llenado de formatos (check list) y el cumplimiento de las normas de seguridad.
7. Integrar la información obtenida del monitoreo de pozos con la programación del riego automatizado, permitiendo una mejor regulación de caudales y presiones, así como una optimización del consumo energético asociado al bombeo.
8. Promover una gestión sostenible del recurso hídrico subterráneo, utilizando los resultados del monitoreo como base para la planificación a mediano y largo plazo de la explotación de los acuíferos, garantizando la continuidad de las operaciones agrícolas y la sostenibilidad ambiental.

V. Referencia

1. Yamit (2025). F-700 Separadores de Arena (Hidrociclones). <https://www.yamit-f.com/es/product/f-700/>
2. TRUMENTTO (2025). Presión. <https://trumentto.com/producto/manometro-inox-bronce-inferior-wika/>
3. Borja, P. (2025). Hidrómetro turbo-bar-m bridado ansi150 c/ registro magnético. Aquaplas. <https://aquaplas.com.ec/producto/hidrometro-turbo-bar-m-bridado-ansi150-c-registro-magnetico/>
4. Mansilla Canela, G. (2014). Potencial de hidrogeniones-pH. Revista de Actualización Clínica Investiga, 40, 2076. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682014000100001&lng=es&nrm=iso
5. Aumassanne, C., & Fontanella, D. (2015). Variaciones en la conductividad eléctrica del agua para riego en la cuenca del río Colorado, Argentina. In Congreso Nacional del Agua. 25. CONAGUA 2015. 2015 06 15-19, 15 al 19 de junio de 2015. Paraná, Entre Ríos. AR. <https://www.researchgate.net/publication/326877144>
6. Iturri, A., Kloster, N. S., Alvarez, C., Isasti, J., & Díaz-Zorita, M. (2022). ¿Qué medimos cuando analizamos la conductividad eléctrica de aguas y suelos? Notas Agrícolas Pampeanas, 6(1), 17-22. <https://core.ac.uk/download/pdf/551511315.pdf>
7. Equipozo (2023). Nivel estático y dinámico en pozos de agua. Obtenido de: https://www.equipozo.com/post/nd_ne#:~:text=El%20nivel%20est%C3%A1tico%20y%20din%C3%A1mico,se%20conoce%20como%20nivel%20din%C3%A1mico.
8. Villalobos Broche, K. (2013). Guía para el monitoreo de aguas subterráneas. Corporación autónoma regional del Cesar. <https://www.corpocesar.gov.co/files/Guia%20para%20monitoreo%20de%20pozos%20profundos%20>

[aljibes%20y%20manantiales%20como%20manifestacion%20de%20las%20aguas%20subterraneas.pdf](#)

9. Pozoagua. (2025). Pozos profundos para riego: Una solución eficiente para maximizar el uso del agua - Pozos profundos, búsqueda y perforación de pozos de agua en Chile. Pozo Agua. <https://www.pozoagua.cl/pozos-profundos-para-riego/>

10. Castro Salazar, D. (2023). Sistema de aprovechamiento de pozos tubulares para el abastecimiento de agua potable en la comunidad del distrito de Cullhuas (Tesis de Ingeniería Civil). Universidad Peruana Los Ande. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/6034/T037_71590384_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

11. Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2025). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad ambiental de sedimentos. https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/1245889-peru-aprobo-protocolo-para-cuidar-la-calidad-de-los-sedimentos-en-rios-lagos-y-el-mar?utm_source=chatgpt.com

12. Moebs, W., Ling, S. Y Sanny, J. (2021). 9.1 Corriente eléctrica - Física universitaria volumen 2 | OpenStax. <https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-2/pages/9-1-corriente-electrica>

13. Prakor. (2019). Componentes de un sistema de riego localizado. <https://prakor.com/componentes-de-un-sistema-de-riego-localizado/>

14. Angulo, J., I. (2025). Módulo 1: Riego eficiente en los cultivos. Tema 6: Sistema de riego por aspersión. Universidad Nacional. https://www.una.edu.ni/wp-content/uploads/2025/03/07_Mod_1_Tema_6_Documento.pdf

15. Marisa. (2023). Conoce la técnica de riego por gravedad para un crecimiento saludable de tus plantas. <https://plantasmania.com/riego-por-gravedad/>

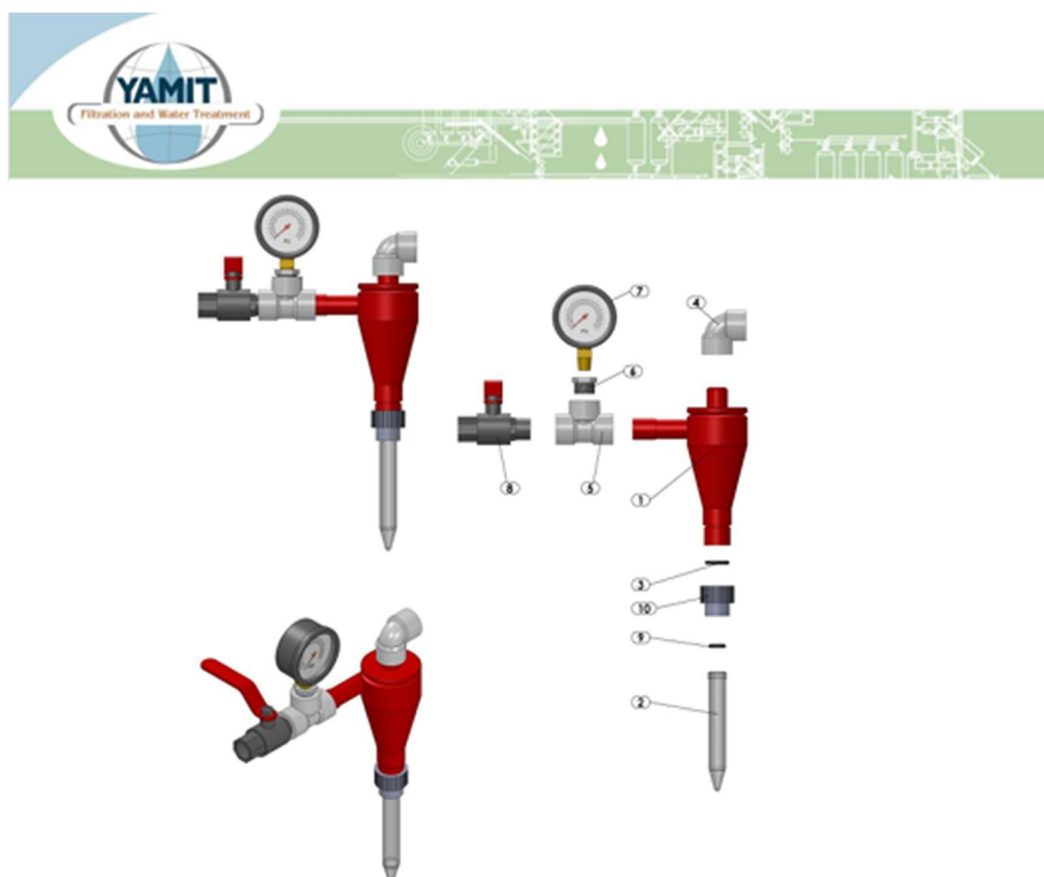
16. Redacción. (2022). El riego por gravedad, una alternativa indispensable para la soja. La Mañana. <https://www.xn--lamaana-7za.uy/agro/el-riego-por-gravedad-una-alternativa-indispensable-para-la-soja/>
17. Crespo, C. (2024). Riego por goteo: diseño agronómico para su implementación. PortalFrutícola. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/06/08/riego-por-goteo-diseno-agronomico-para-su-implementacion/>
18. Álvarez, A. (2024). ¿Qué es el riego por microaspersión? Hydro Environment - Innovación Agrícola. <https://hydroenv.com.mx/id220/>
19. Riegopro. (2021). Goteo enterrado o subterráneo. ¿Qué debería saber? Blog de Riegopro. <https://riegopro.com/blog/goteo-enterrado-o-subterraneo/>
20. Construcción y mantenimiento del pozo. (2014). <https://liferuralsupplies.wordpress.com/4-informacion-al-usuario/abastecimiento-autonomo/11-construccion-y-mantenimiento-del-pozo/>
21. Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2020). *Preparación y evaluación de proyectos (7.^a ed.)*. McGraw-Hill Education.
22. Schneider Electric. (2017). *Variable speed drive Altivar Process ATV600: Introduction to the PID application function*. Schneider Electric.
23. Siemens AG. (2017). *New remote terminal unit expands scope for telecontrol applications*. Siemens AG.
24. United States Bureau of Reclamation. (2012). *Water operation and maintenance bulletin: Appurtenant structures*. U.S. Department of the Interior.

VI. Anexos

6.1. Despiece de Hidrocyclon de Arena Yamit 700ts.

Figura 24

Accesorios de Hidrocyclon de Arena



Número de pieza	Descripción	Número de catálogo
1	Cuerpo del muestreador	BF700T
2	Tubo de muestreo	2347730
3	Junta tórica	1300632
4	Codo de 90 grados - salida	2520007
5	Accesorio tipo T para medidor de presión	2522207
6	Idóneo	2590140
7	Medidor de presión	2691288
8	Válvula de entrada	2381007
9	Junta tórica	1300620
10	Soporte de tubo de muestreo	1080650

6.2. Galería Figuras de las Actividades Ejecutadas.

Figura 25

Manómetro de Glicerina instalada en el árbol de descarga de Pozo tubular, Virú, La Libertad (18 de agosto del 2025).



Figura 26

Arbol de descarga de Pozo Tubulares, Virú, La Libertad (18 de agosto del 2025).



Figura 27

Medicion con sonda de Nivel, Virú, La Libertad (19 de agosto del 2025).



Lugar: Virú, La Libertad

Figura 28

Medicion de Potencial de Hidrógeno (pH) en Pozo Tubular, Olmos, Lambayeque (15 de agosto del 2025).



Figura 29

Medicion de Conductividad eléctrica (CE) de agua de Pozo Tubular Superficial, Olmos, Lambayeque (**15 de agosto del 2025**).



Figura 30

Medicion de Temperatura (°C) de agua de Pozo Tubular Profundo, Olmos, Lambayeque (**15 de agosto del 2025**).



Figura 31

Medicion de Arena con Hidrocyclon Yamit 700TS, Olmos, Lambayeque (26 de enero del 2026).



Lugar: Olmos, Lambayeque

Figura 33

Aforo directo de Hidrocyclon Yamit 700 TS, Olmos, Lambayeque (26 de enero del 2026).



Lugar: Olmos, Lambayeque

Figura 34

Ingreso a Caseta de Pozo Tubular profundo, Olmos, Lambayeque (26 de enero del 2026).



Figura 35

Lectura de probeta en ML, Chao, La Libertad (06 de setiembre del 2025).



Figura 36

Aforo con caudalímetro, Chao, La libertad (06 de setiembre del 2025).



Lugar: Olmos, Lambayeque

Tabla 9

Tabla dinámica de procesamiento de datos de monitoreo de pozos tubulares.



Nota. La tabla permite organizar y promediar los datos de monitoreo de los pozos en forma diaria, semanal, mensual e incluso anual, facilitando su análisis operativo.

6.3. Formato de check list para el monitoreo de parámetros de pozos tubulares.

Ccheck List

Formato de Monitoreo de Parámetros de Pozos Tubulares

Código: FR-INF-001 Versión: 01 Fecha: _____ Página: _____

I. Datos Generales

Descripción	Información
Fecha	
Hora de Inicio	
Hora de Término	
Código del Pozo	
Tipo de Pozo	☐ Superficial ☐ Profundo
Fundo	
Sector	
Distrito	
Provincia	
Departamento	
Responsable del Monitoreo	
Cultivo	

II. Inspección Previa

Nº	Actividad	Conforme	No Conforme	Observaciones
1	Se coordinó con el área responsable del pozo.	☐	☐	
2	Se cuenta con autorización para ejecutar el monitoreo.	☐	☐	
3	Se verificó el uso de equipos de protección personal.	☐	☐	
4	Se inspeccionó el estado de la caseta.	☐	☐	
5	Se verificó el estado del árbol de descarga.	☐	☐	
6	Se comprobó la ausencia de fugas.	☐	☐	
7	Los instrumentos de medición se encuentran operativos.	☐	☐	

III. Monitoreo de Parámetros Hidráulicos

3.1 Niveles

Parámetro	Unidad	Valor	Conforme
Nivel Estático	M		☐
Nivel Dinámico	M		☐
Nivel Crítico	M		☐
Profundidad De Bomba	M		☐
Abatimiento	M		☐

3.2 Caudal

Actividad	Sí	No
Se verificó el hidrómetro.	☐	☐
Se realizaron tres lecturas.	☐	☐
Se calculó el tiempo promedio.	☐	☐
Se determinó el caudal.	☐	☐
Parámetro	Unidad	Resultado
Caudal	L/S	

3.3 Presión

Parámetro	Unidad	Resultado
Presión de descarga	Bar	

3.4 Arenamiento

Actividad	Sí	No
Instalación del hidrociclón.	☐	☐
Colocación de probeta.	☐	☐
Tiempo de muestreo (12 Min).	☐	☐
Lectura de arena.	☐	☐
Cálculo de Ppm.	☐	☐
Parámetro	Resultado	
Arena Acumulada (ML)		
Volumen Muestreado (M³)		
Concentración (Ppm)		

IV. Monitoreo de Parámetros Eléctricos

Parámetro	Unidad	Resultado
Corriente	A	
Voltaje	V	
Frecuencia	Hz	

V. Monitoreo de Parámetros Fisicoquímicos

Actividad	Sí	No
Extracción de muestra.	☐	☐
Enjuague del recipiente.	☐	☐
Rotulado de muestra.	☐	☐
Envío al laboratorio.	☐	☐

Parámetro	Unidad	Resultado
Ph		
Conductividad Eléctrica	dS/m	

VI. Evaluación del estado operativo

Aspecto Evaluado	Conforme	No Conforme	Observaciones
Sistema Hidráulico	☐	☐	
Sistema Eléctrico	☐	☐	
Calidad del Agua	☐	☐	
Equipos de Bombeo	☐	☐	
Condiciones generales del Pozo	☐	☐	

VII. Acciones recomendadas

- ☐ Continuar operación normal.
- ☐ Programar mantenimiento preventivo.
- ☐ Programar mantenimiento correctivo.
- ☐ Ejecutar limpieza del pozo.
- ☐ Realizar desmontaje del equipo de bombeo.
- ☐ Repetir monitoreo.
- ☐ Otros: _____

VIII. OBSERVACIONES

IX. RESPONSABLES

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____