



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA EL POZO SUBTERRÁNEO N° 87 Y
SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN
EL SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN
DIEGO, ESTADO CARABOBO**

Autor
Jorberth Carvajal

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO
SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN EL
SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**

Proyecto del Trabajo de Grado presentado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor: Jorberth Carvajal
C.I. 23.410.330

Tutor: Ing. Barragán Suescún
C.I. 11.151.678

San Diego, enero de 2022



ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de INGENIERIA para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO SUBTERRANEO N° 87 Y SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN EL SECTOR YUMA DEZ MUNICIPIO SAN DIEGO.

Realizado por el (la) Br. JORBERTH CARVAJAL

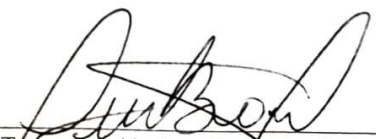
C.I. N° 23.410.330 cursante de la carrera de INGENIERIA MECANICA


hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: FREDDY BANAGÁXI
C.I.: 11161678


Jurado
Nombre: LUIS ORTEGA
C.I.: 3.476.800


Jurado
Nombre: GIANNI PIZUELA
C.I.: 4.485.859

Fecha 25/01/2022





UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANATO DE INGENIERÍA



FI-N-007-2021-1CR-TG

Valencia, 15 de noviembre de 2021

Ciudadano:

Carvajal Quijada, Jorberth Alexandre

C.I. 23.410.330

Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 6-2021 de fecha 15/10/2021 aprobó el proyecto de grado titulado:

Plan de mantenimiento preventivo para el pozo subterráneo N° 87 y su sistema de bombeo, ubicado en el sector Yuma del municipio San Diego.

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a: Ing. Fredy Barragán Suescún, titular de la cédula de identidad V-11.151.678



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

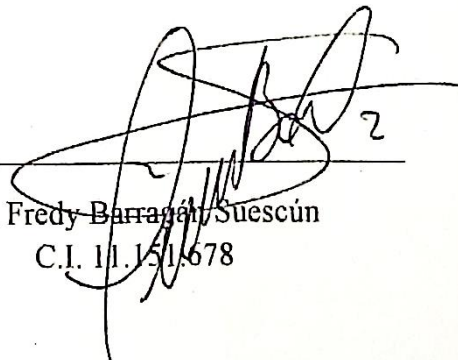


**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA
DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, Ing. Fredy Barragán Suescún, portador de la cédula de identidad N° 11.151.678 , en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Jorberth Carvajal, portador de la cédula de identidad N° 23.410.3.30, titulado **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN EL SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 14 días del mes de enero del año dos mil veintidós.



Ing. Fredy Barragán Suescún
C.I. 11.151.678

DEDICATORIA

A mis padres, Edim y Frank, forjadores de mi vida

A mis hermanos, Jorfrank y Jeimy, siempre se puede contar con ellos

A mis abuelas, Castelia y Juana por su amor incondicional

A mi novia Nicole, aunque lejos, siempre está presente

Y por último a mi perrita Laika, apoyo emocional de toda la familia

RECONOCIMIENTO

Quiero manifestar un sincero reconocimiento a mi tutor académico, el Ingeniero Fredy Barragán Suescún por sus consejos, guiatura y sugerencias oportunas durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

De igual manera le hago un reconocimiento al Ing. José Lugo por la asesoría técnica, puso a mi disposición todo su conocimiento y experiencia en el mantenimiento de pozos profundos.

No se puede dejar de mencionar a la tutora metodológica, profesora Alicia Pizella por su colaboración

Y por último a mi madre, Ing. Edim Quijada por toda la orientación y colaboración prestada durante la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

	pp
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	x
LISTA DE CUADROS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema.....	7
1.3 Objetivos de la Investigación.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación de la Investigación.....	8
1.5 Alcance de la Investigación	9
1.6 Limitaciones de la Investigación.....	9
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	11
2.2 Bases Teóricas.....	14
2.2.1 Definición de Mantenimiento.....	14
2.2.2 Tipos de Mantenimiento.....	14
2.2.3 Mantenimiento Preventivo.....	16
2.2.4 Mantenimiento Predictivo.....	17
2.2.5 Mantenimiento Correctivo.....	18
2.2.6 Plan de Mantenimiento.....	19
2.2.6.1 Plan de Mantenimiento basado en Instrucciones de Fabricantes.....	19
2.2.6.2 Plan de Mantenimiento basado en instrucciones genéricas	21
2.2.6.3 Plan de Mantenimiento basado en Análisis de Fallos Potenciales	23
2.2.6.4 Frecuencia del Mantenimiento.....	25
2.3 Bases Legales.....	27
2.4 Definición de Términos Básicos.....	34

III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1 Tipo de Investigación.....	35
	3.2 Diseño de la Investigación.....	35
	3.3 Nivel de la Investigación.....	36
	3.4 Población y Muestra.....	36
	3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	37
	3.6 Fases Metodológicas.....	39
IV	RESULTADOS	
	4.1 Fase 1. Descripción de las instalaciones del pozo y del sistema de bombeo, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno.....	41
	4.2 Fase 2. Estudio de los fundamentos teóricos dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para pozo subterráneos y sistema de bombeo de agua potable.....	57
	4.3 Fase 3. Identificación las variables internas y externas que afectan el rendimiento y la continuidad operativa del pozo subterráneo y del sistema de bombeo de agua potable.....	63
	4.4 Fase 4. Elaboración la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para el pozo profundo y su sistema de bombeo de agua potable, que asegure continuidad operativa.....	67
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	5.1 Conclusiones.....	104
	5.2 Recomendaciones.....	105
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
	ANEXOS	111
	APÉNDICES	116

LISTA DE IMAGENES

CONTENIDO

FIGURA		pp.
1	Partes principales del pozo profundo.....	42
2	Componentes del equipo de bombeo.....	46
3	Partes principales de una bomba sumergible.....	48
4	Corte transversal de una bomba sumergible.....	49
5	Ubicación del pozo N° 87.....	55
6	Caseta del pozo N° 87 y las instalaciones de distribución de agua.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

CONTENIDO

GRÁFICO		pp.
1	Distribución de agua en la tierra.....	5
2	Esquema plan de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante.....	20
3	Esquema plan de mantenimiento basado en las instrucciones genéricas.....	23
4	Diagrama Causa-Efecto Pozo N° 87.....	65

LISTA DE CUADROS

CONTENIDO

CUADRO		pp.
1	Leyes, reglamentos y normas de aguas.....	27
2	Formato para la recopilación de información mediante la observación directa.....	38
3	Formato para recolección de información durante las entrevistas.....	39
4	Formato protocolo de mantenimiento.....	59
5	Equipo de bombeo.....	74
6	Especificaciones técnicas del pozo N° 87.....	74
7	Accesorios del pozo N° 87.....	75
8	Protocolo de mantenimiento del pozo subterráneo N° 87 y su equipo de bombeo	76
9	Propuesta del plan de mantenimiento preventivo del pozo subterráneo N° 87 y su equipo de bombeo.....	78
10	Propuesta del cronograma del plan de mantenimiento preventivo del pozo N° 87 y su equipo de bombeo.....	80
11	Dosis de químico para desinfección.....	86
12	Registro de mantenimiento.....	93
13	Reporte de mantenimiento del pozo.....	94
14	Reporte de Mantenimiento de la Bomba Sumergible.....	95
15	Reporte de Mantenimiento del Motor.....	96
16	Reporte de Control de Calidad del Agua	97



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO
SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN EL
SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO**

Autor: Carvajal Q., Jorberth A.
Tutor: Ing. Fredy Barragán Suescún
Fecha: enero 2022

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo para el pozo subterráneo N° 87 y su sistema de bombeo, con el propósito de que, después de su implementación, se garantice la continuidad operativa y se satisfaga las necesidades de los pobladores del sector Yuma del municipio San Diego. El trabajo se desarrolló bajo la modalidad de investigación proyectiva, porque se basó en una solución a una necesidad que se estaba presentando en el sector Yuma. El diseño de la investigación fue de campo y documental, la recolección de la información se realizó mediante el análisis documental, la observación directa y la entrevista con personas especialista en el área de mantenimiento. El trabajo se desarrolló en cuatro fases, en la fase 1 se describieron las instalaciones del pozo profundo y su equipo de bombeo, en la fase 2 se estudiaron los métodos utilizados para elaborar planes de mantenimiento, en la fase 3 se identificaron los factores tanto externos como internos que pueden afectar el funcionamiento del pozo y por último en la fase 4 se elaboró la propuesta del Plan de Mantenimiento Preventivo. El presente trabajo de investigación está enmarcado en la línea de investigación: Ciencias Cognitivas y Aplicadas.

Descriptor: pozo subterráneo, mantenimiento, agua potable.

INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es un recurso importante y de este se abastece actualmente una tercera parte de la población mundial. En Venezuela se estima que las reservas totales de aguas subterráneas son de 7700 millardos de metros cúbicos en una superficie de 468.000 Km², parte de esa agua se encuentra en el estado Carabobo. Y aunque el mismo posee dos grandes cuencas de importancia como lo es la del lago de Valencia y Pao-Cachinche, tiene problemas graves en el suministro continuo de agua. De allí se deriva un racionamiento de agua en casi todo el estado, en algunos sitios solo tiene agua una, dos o tres veces por semana. Es por ello que mucho de los municipios se han visto obligados a utilizar pozos subterráneos.

Uno de los municipios de este estado que hace uso del agua subterránea es el municipio San Diego, quien, actualmente tiene 108 pozos subterráneos ubicados en distintas zonas del municipio, algunos de ellos operativos, otros inhabilitados y otros esperando reparaciones. En este último grupo se encuentra el pozo N° 87, también llamado pozo Yuma, el cual suministra agua potable a las residencias Los Andes 1 y 2, residencias San Nicolás, las urbanizaciones Yuma 1 y 2, Las Gaviotas y a lagunas casas de la urbanización Valle Verde.

En los actuales momentos el pozo se encuentra en espera de reparación y mantenimiento, mientras tanto el servicio de agua está siendo suplido por Hidrocentro desde el embalse Pao-Cachinche durante dos días a la semana. Según AulaAbierta (2021), el embalse se encuentra en deterioro, presenta cloro residual y aluminio en la red, hierro, color, turbiedad, fitoplancton, nitrógeno, fósforo y conductividad fuera de la normativa, es evidente que la calidad de las aguas no es apta para el consumo humano. De aquí se deduce la necesidad urgente, no solo de poner en funcionamiento el pozo, sino también elaborar e implementar un plan de mantenimiento, de manera tal de evitar estas averías repentinas y que obligan a suspender el suministro de agua de forma imprevista.

Ahora bien, debido a la importancia del pozo como fuente de abastecimiento público de agua potable de una comunidad, este debe mantenerse en condiciones óptimas para que garantice el suministro de agua en forma continua, confiable y segura, pero para que el pozo funcione bien, también necesita que su equipo de bombeo se mantenga en buenas condiciones de operación, luego su mantenimiento también es definitivo e importante.

El objetivo de esta investigación es proponer un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el pozo subterráneo N° 87 y su equipo de bombeo, ubicado en el sector Yuma del Municipio San Diego del estado Carabobo, con la intención de que en un futuro inmediato, la comunidad a través de la Mesa Técnica de Agua conjuntamente con Hidrocentro y la Alcaldía implementen este plan de mantenimiento para poder garantizar suministro continuo de agua, la calidad de la misma, máximo rendimiento del pozo, y la prolongación de su vida útil.

Por las características que posee el presente trabajo, se clasifica como una investigación proyectiva, debido a que presenta una solución viable a la problemática que se presenta en el sector Yuma del Municipio San Diego, con respecto a la calidad y continuidad en el suministro de agua potable, es decir, se encuentra dirigido a encontrar solución a un problema práctico de la comunidad, mediante la elaboración de un plan o estrategia adaptado por el investigador. El diseño de la investigación es de campo y documental, pues los datos serán recolectados mediante la observación directa, la entrevista y análisis documental.

El trabajo está organizado y presentado de la siguiente manera:

Capítulo I, denominado El Problema, contiene el planteamiento y formulación del mismo a estudiar, los objetivos de la investigación, la justificación de la investigación, las limitaciones y el alcance.

Capítulo II o Marco Teórico, consta de los antecedentes de la investigación, las bases teóricas relacionadas con el tema, las bases legales y la definición de términos básicos.

Capítulo III, abarca el marco metodológico, a saber: tipo, diseño y nivel de la investigación, población y muestra, las técnicas para la recolección de información y las fases metodológicas.

Capítulo IV, se desarrollan los objetivos propuestos en la investigación. Se realiza el análisis de los métodos y herramientas para la elaboración de planes de mantenimiento, así como también la información obtenida mediante los instrumentos de recolección de datos que fueron utilizados, esto permitió la elaboración del plan de mantenimiento.

Capítulo V, se presentan las conclusiones y recomendaciones deducidas en la investigación, y por último se muestran referencias bibliográficas y anexos relacionados con el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En la investigación realizada por la UNESCO (2006), se establece que la mayor cantidad de agua del planeta se encuentra en los océanos (96.5%); si a esto se le suma el resto del agua salada (lagos u otros), se alcanzaría un 97.5% y sólo el 2,5% es agua dulce, es decir, que de la porción de agua dulce, la mayor parte (68.7%) se encuentra en los glaciares continentales y casquetes de hielo, mientras que un 30.1% corresponde a agua subterránea. De allí que con estos datos suministrados, sólo el 1.2% restante del agua dulce está cerca de la superficie y distribuidos en lagos, ríos, hielo subterráneo (permafrost), organismos animales y vegetales, y en la atmósfera en forma de vapor de agua (ver gráfico 1). De esto se deduce que el agua subterránea es una gran fuente de suministro hídrico, de allí lo importante de conocer mejor este recurso, ¿cuánto se tiene, dónde y de qué calidad?

El agua subterránea es la principal fuente de agua para fines domésticos, agrícolas e industriales en el mundo. Se estima que aproximadamente un tercio de la población mundial usa agua subterránea para beber (Simge y Aysen, 2014). Las masas más extensas de los acuíferos subterráneos pueden alcanzar millones de km². En Venezuela, según Carrillo (2015), las aguas subterráneas se estiman en una magnitud de reservas totales de aproximadamente 7.700 millardos de m³ en una superficie total de 468.000 km² y uno de los estados venezolanos con disponibilidad de éste recurso es el estado Carabobo, quien posee dos grandes cuencas de importancia: la del Lago de Valencia y Pao-Cachinche. Es importante destacar que el embalse Pao-Cachinche es la principal fuente de abastecimiento del Acueducto

Regional del Centro, el cual suministra agua potable a los estados Carabobo, Aragua y Cojedes, según lo indica Carrillo (2015).

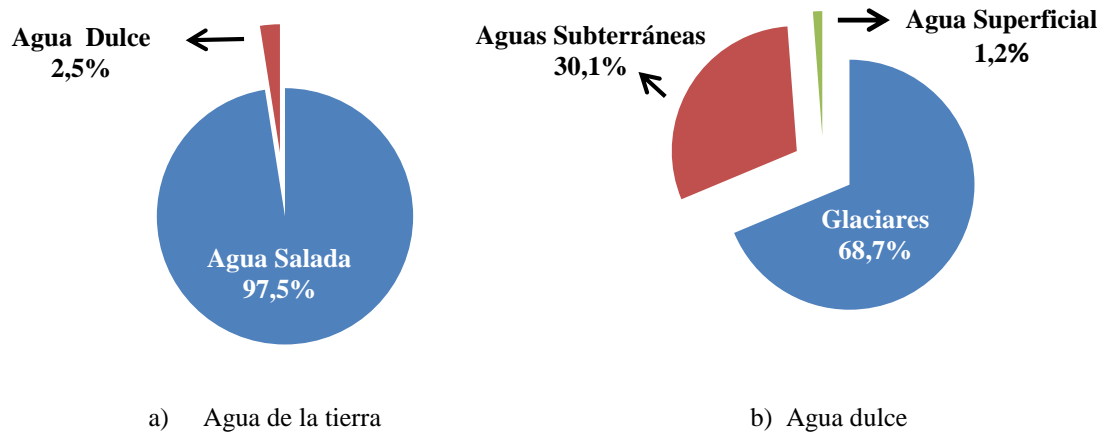


Gráfico 1. Distribución de agua en la tierra

Fuente. UNESCO (2006), adaptado por Carvajal (2021).

Por otro lado, los servicios de abastecimiento de agua potable, recolección de aguas servidas y depuración de las mismas están bajo la administración de la empresa estatal C.A Hidrológica del Centro (HIDROCENTRO), que desde el 2010 está aplicando racionamientos de agua en el estado Carabobo, alcanzando en algunos municipios una frecuencia de abastecimiento de pocos días a la semana.

San Diego se encuentra entre esos municipios del estado Carabobo que presenta grave dificultad con respecto a la suspensión en el servicio de agua potable, y aunque Hidrocentro, posee en varios sectores del municipio pozos subterráneos de agua con sus respectivos sistemas de bombes eléctricos, los mismos se han visto afectados por continuas interrupciones eléctricas de la Corporación Eléctrica Nacional S.A, Carabobo (CORPOELEC). A lo anterior se le añade el aumento de obras urbanísticas, comerciales e industriales en el municipio, lo cual ha provocado la proliferación de tomas ilegales de agua, así como la perforación de pozos de aguas subterráneas, algunos de ellos con la permisología respectiva, y algunos otros usan éste recurso hídrico de forma no controlada y no autorizada. Esta situación se ha tornado crítica,

en parte debido a que muchos de los acuíferos que abastecen de agua al municipio están sufriendo sobreexplotación y aumento de cargas contaminantes.

Es importante destacar, que según información suministrada por la Alcaldía, actualmente, San Diego tiene 108 pozos subterráneos distribuidos a lo largo y ancho del municipio. Algunos están en pleno funcionamiento, otros abandonados y algunos en espera de reparación. Entre los que se encuentran en este último grupo el pozo subterráneo N° 87, también conocido como pozo Yuma, ubicado en el sector Yuma. Este pozo inicia sus funciones el año 2011 y suministra agua potable a las residencias Los Andes I y II, Villas de San Nicolás, y a las urbanizaciones Yuma 1 y 2 y Valle Verde, beneficiando a 1600 familias aproximadamente.

Si bien es cierto, este pozo subterráneo funciona desde el año 2011, sin embargo, estuvo activo durante 9 años sin ningún tipo de mantenimiento o intervención humana, y no fue sino hasta que en el año 2019 que se presenta la primera avería, dejando de suplir agua a la comunidad. Desde ese mismo momento Hidrocentro, conjuntamente con la mesa técnica de agua de la comunidad, se encargaron de la reparación, mantenimiento y puesta en marcha del pozo subterráneo N° 87, cuyo procedimiento duró aproximadamente entre 6 y 7 meses.

Una vez reparado, el pozo continuó funcionando hasta abril de 2021, en donde nuevamente el pozo deja de suministrar agua. De allí que Hidrocentro desde el día 15 de mayo de 2021, lleva a cabo la extracción del motor y bomba del pozo, y en su reporte indican lo siguiente:

- El Conector se encuentra quemado, producto de una explosión por calentamiento, lo que provocó que el mismo se fundiera.
- Los tubos presentaron gran cantidad de sedimentos, por lo cual se amerita una limpieza.
- El Motor se encuentra trabado.

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto, es importante destacar que el agua subterránea tiene y continuará teniendo un importante papel en la satisfacción

de las necesidades de agua de la población humana, y en base al reglamento de Ley de Aguas en los artículos 13, 14 y 16 sobre parámetros de vulnerabilidad, estimación del riesgo de contaminación y limpieza y mantenimiento del pozo respectivamente, el autor, considera la necesidad urgente de encontrar un mecanismo que permita garantizar en primer lugar la continuidad del servicio, así como también la calidad del agua suministrada a los habitantes del sector Yuma del municipio San Diego del estado Carabobo.

1.2 Formulación del Problema

¿De qué forma se puede garantizar el suministro continuo de agua potable a pobladores del sector Yuma del municipio San Diego del estado Carabobo?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el pozo subterráneo N° 87 y su sistema de bombeo, de manera que se asegure la continuidad operativa y se satisfaga las necesidades de los pobladores del sector Yuma del Municipio San Diego del estado Carabobo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir las instalaciones del pozo y del sistema de bombeo, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno.
- Estudiar los fundamentos teóricos dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para pozo subterráneos y sistema de bombeo de agua potable.
- Identificar las variables internas y externas que afectan el rendimiento y la continuidad operativa del pozo subterráneo y del sistema de bombeo de agua potable.

- Elaborar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el pozo profundo y su sistema de bombeo de agua potable, que asegure continuidad operativa.

1.4 Justificación de la investigación

Toda actividad en la cual se utilicen máquinas de cualquier tipo (mecánicas, eléctricas, neumáticas, entre otras.) o estructuras estáticas (puentes, torres de cables, edificaciones, entre otras.) debemos estar conscientes de la necesidad de dedicar un tiempo y destinar recursos (financieros y humanos) para la conservación, para el mantenimiento oportuno y adecuado (Bavaresco, 2002)

De acuerdo a esto, las instalaciones de un pozo profundo, comprenden máquinas (motor, bombas, válvulas, entre otros), y estructuras estáticas (tuberías, filtros, entre otros), requieren de mantenimiento, es por ello, que se elaborará un plan de mantenimiento para el pozo subterráneo que suministra agua potable a las comunidades ubicadas en el sector Yuma del municipio San Diego, para que, éstas, conjuntamente con Hidrocentro y a través de la mesa técnica de agua de la comunidad puedan poner en práctica esta propuesta.

Si la producción de un pozo de agua subterránea es para consumo humano, se debe resaltar la importancia de un mantenimiento periódico, el cual debe mantenerse en óptimas condiciones para que garantice el suministro de agua en forma continua, confiable y segura.

Es importante destacar que durante la vida de un pozo, la rehabilitación periódica es necesaria; pues el agua subterránea contiene bacterias y minerales que causan la obstrucción de las ranuras del pozo y de la formación geológica circundante. Las ranuras, el filtro de grava y las formaciones suelen ser bloqueadas por incrustaciones minerales y biológicas, lo que reduce la capacidad y eficiencia del pozo, además, la corrosión de la tubería o filtros pueden producir el derrumbamiento del pozo y pérdida total de las instalaciones sino es corregida a tiempo.

Desde el punto de vista social, con la aplicación de este plan de mantenimiento, la población podrá disfrutar de un servicio de agua potable de forma continua, evitando el racionamiento y las consecuencias que conlleva el mismo, aportando así una mejora a la calidad de vida a los habitantes.

Desde el punto de vista técnico y tomando en consideración, que en el municipio San Diego existen 108 pozos profundos de agua subterránea y que cada uno de ellos necesita mantenimiento, esta investigación servirá de aporte para la base de datos de HIDROCENTRO, para el mantenimiento en otros pozos de agua subterráneas similares.

Desde el punto de vista Institucional, con este estudio, también se benefician tanto los docentes como los estudiantes de pregrado de la Universidad José Antonio Páez (UJAP) ya que va a contribuir ampliando la base de datos para todos los que deseen desarrollar investigaciones en esta área de estudios.

Desde el punto de vista curricular este trabajo de investigación proporcionara resultados que pueden ser compartidos con todos los profesionales interesados en la materia, especialmente a aquellos profesores, que a través de sus investigaciones pueden profundizar los conocimientos contemplados en la asignatura mantenimiento, así como también, mejorar o reorientar esta propuesta a temas relacionados.

1.5 Alcance de la Investigación

El presente trabajo de investigación, es un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo y está dirigido a instalaciones de pozos subterráneos de agua potable y su sistema de bombeo, puede ser aplicado, además del pozo Yuma, a todos los pozos del municipio San Diego, siempre y cuando utilicen bombas sumergibles.

1.6 Limitaciones de la Investigación

El presente trabajo de investigación está enfocado en la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el pozo de agua subterránea N° 87, por lo tanto, no es parte de su alcance la ejecución del mismo. Depende de la organización si implementa su ejecución. Por otro lado, el plan de mantenimiento fue

desarrollado en función de las necesidades generales de este tipo de sistemas, razón por la cual, no se consideraron casos particulares con necesidades específicas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Un interesante trabajo fue el realizado por Gómez (2019), egresado de la Universidad de Guayaquil, Ecuador como Ingeniero Industrial, él desarrolló un trabajo de investigación titulado: **Propuesta de Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en el Taller de Metalmecánica de la Empresa Ensamblajes S.A.** En el trabajo, Gómez propone una solución para minimizar las paradas en los procesos y prolongar la vida útil en las máquinas del taller de metalmecánica de la empresa Ensamblajes S.A., consiguiendo con ello reducir los costos que se generan por parada y por mantenimientos correctivos. Mediante la observación directa de las condiciones actuales de las máquinas, se determinó que existe pérdidas por paradas en las máquinas y tiempos improductivos, dichas pérdidas son de \$114048 anuales, debido a la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo. Con la propuesta de implementar este plan basado en un conjunto de tareas de mantenimientos a cada parte de las máquinas se reducirán las paradas y por ende las pérdidas, con una inversión de \$6685 anuales, en materiales y repuestos la empresa mantendrá en buen estado las máquinas, llevara un mejor control en los costos por mantenimientos correctivos, mejorara el rendimiento de los procesos operativos y podrá entregar a tiempo los pedidos de los clientes lo que le generara utilidades.

En función del trabajo desarrollado por Gómez, se puede señalar que la creación e implementación de un plan de mantenimiento preventivo a los equipos del taller de metalmecánica aumenta la eficiencia de los mismos, crea un proceso continuo libre de fallas, reduce costos por mantenimientos correctivos o pérdida de equipos por falta de repuestos.

Otra investigación de interés desarrollada por Sánchez (2017), egresado de la Universidad de Carabobo, para obtener el título de Magíster en Ingeniería Mecánica efectuó una investigación titulada: **Propuesta de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, en las Bombas G-4204 A/B de la Unidad de THDA**, cuyo objetivo fue proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad en las bombas G-4204 A/B, de la Unidad de Hidrodesalquilación Térmica (THDA) de La Refinería El Palito, que permita una mayor seguridad para los operarios y para la comunidad, disminución del impacto al medio ambiente por efecto de la contaminación, mejorar el desempeño operacional de la Unidad, disminución de las paradas no programadas, optimización de los recursos de mantenimiento, disminución de las pérdidas de producción y mitigación de daños a las instalaciones de la empresa.

La investigación desarrollada por Sánchez (2017) es de gran importancia debido a que permite al equipo multidisciplinario de trabajo adquirir conocimientos y destrezas en el manejo de nuevas metodologías de gestión de mantenimiento, lo cual ayudará a enfrentar de manera eficiente y eficaz, las exigentes tareas diarias que se requieren desarrollar en la gestión de trabajo.

Dada las condiciones que anteceden, Escobar (2016), egresada de la Universidad Central de Venezuela (UCV) como ingeniero de Procesos Industriales, desarrolló una investigación titulada **Elaboración de un Plan de Mantenimiento para los Equipos Críticos de la Sala de Jarabe Simple y Terminado de Pepsi-Cola Villa de Cura Basado en el Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA)**, se enfocó en un estudio descriptivo de tipo proyectivo, basado en un diseño no experimental con una investigación de campo; cuyo objeto se fundamentó en levantar la información pertinente de los equipos críticos operativos en la sala de jarabe simple y terminado, con la finalidad de ajustar la política de gestión de mantenimiento a los requerimientos reales de la compañía, como parte de esta dinámica se aplicó la metodología SIGEMA, la cual consistió en seis fases: formación del equipo de trabajo, levantamiento de información de la línea, jerarquización de los equipos,

análisis y clasificación de las fallas, selección de repuestos y creación de planes de mantenimiento.

En cuanto a los resultados se diagnosticó las condiciones actuales del área, así mismo se identificaron los equipos presentes, obteniendo un 8% de equipos críticos del universo de estudio, siendo el porcentaje más alto de un 60% para los equipos semicríticos y un 32% para los no críticos. Posteriormente se realizó un análisis de fallas enmarcado en la determinación de cuáles son las actividades y frecuencias de aplicación de cada uno de los planes, predominando la política de mantenimiento preventivo en un 65%, la política correctiva en un 31% y una política de mejora en un 4%.

Después de lo anterior expuesto, se resalta la importancia de utilizar la metodología SIGEMA, debido a que a través de sus fases de trabajo se pueden elaborar planes de mantenimiento y también, establecer estrategias a través de esos planes de mantenimiento que impulsen mejoras continuas en los procesos.

Y por último, Salcedo (2016) egresado de la Universidad Central de Venezuela (UCV), como Ingeniero en Procesos Industriales, realizó una investigación titulada: **Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Llenadora Rotativa de la Línea de Producción de Salsa a base de Tomate y Kétchup de la Empresa Alimentos Garmi C.A.** La investigación tuvo como finalidad proponer un diseño de plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. El estudio fue desarrollado mediante un diseño no experimental, de campo con un nivel descriptivo y proyectivo, bajo la modalidad de proyecto factible. La población estuvo conformada por el personal del área de mantenimiento de la línea de producción y la muestra, de tipo intencional, se conformó por el jefe de mantenimiento, dos mecánicos, el jefe de planta y un supervisor de producción. Los datos fueron recopilados mediante la observación directa, el cuestionario, la guía de entrevista y la revisión documental. Se determinaron las fallas con mayor ocurrencia durante el último semestre de 2015 y el primer trimestre de 2016, destacando la asociada a la no

elevación de gato mecánico con una frecuencia de 17 para éste último período. Siguiendo con la aplicación de árbol lógico de decisiones, se establecieron las actividades de mantenimiento preventivo que conformaron el plan propuesto, el cual contuvo actividades de frecuencia diaria, semanal, mensual, semestral y anual, basadas en tareas de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y a condición. Con referencia a lo anterior, la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo, implican un incremento de las paradas no programadas en el proceso productivo y también una disminución de la vida útil de los equipos, afectando la gestión del personal de mantenimiento y de manera crítica la disponibilidad de la línea.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Definición de Mantenimiento

Según la Norma Venezolana CONVENIN 3049:1993, el mantenimiento es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un Sistema Productivo (SP) a un estado tal que pueda cumplir un servicio determinado, siendo los SP aquellos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a las distintas acciones de mantenimiento.

2.2.2 Tipos de Mantenimiento

De acuerdo con la Norma Venezolana CONVENIN 3049:1993, el mantenimiento se clasifica en tipos de la siguiente manera:

a) **Mantenimiento rutinario:** es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los SP y su objeto es mantener y alargar la vida útil de dichos SP evitando su desgaste.

b) **Mantenimiento Programado:** toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un SP a objeto de determinar la carga de trabajo que es

necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporados en un calendario anual.

c) **Mantenimiento por avería o reparación:** se define como la atención a un SP cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento. La atención a las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser “programada” pues implica el aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.

d) **Mantenimiento correctivo:** comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas de procesos, cambios de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Este tipo de actividad es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costo, especialización necesaria u otros; su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

e) **Mantenimiento circunstancial:** este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna: se ejecutan acciones que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de inicio por la razón anterior; se atienden averías cuando el sistema se detiene, existiendo por supuesto otro sistema que cumpla su función; y el estudio de la falla permite la programación de su corrección eliminando dicha avería a mediano plazo.

f) **Mantenimiento preventivo:** el estudio de las fallas de un SP deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obligan a la atención de los SP

mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de fallas.

2.2.3 Mantenimiento Preventivo

Según Zambrano y Leal (2005) el mantenimiento preventivo es el producto de la aplicación de los tipos de mantenimiento antes mencionados y emplea el análisis estadístico de la data de las acciones ejecutadas a los sistemas para determinar los parámetros de mantenimiento, haciendo ingeniería de mantenimiento y a partir de dichos estudios se retroalimenta la información de la gestión de mantenimiento ya que busca optimizar ese proceso.

En otro orden de ideas, Bavaresco (2002), indica que el mantenimiento preventivo, es el conjunto de acciones necesarias para conservar un equipo en condiciones de operatividad, independientemente de la aparición de la falla. También dice que mantenimiento preventivo es aquel que se realiza aun cuando el equipo está funcionando en buenas condiciones de operatividad y se efectúa para que estas condiciones perduren en el tiempo.

De igual forma asegura que este mantenimiento busca garantizar que las condiciones normales de operación de un equipo o sistema sean respetadas, es decir que el equipo este “limpio, lubricado, sin vibraciones, sin fugas, no produzca ruidos y sus elementos consumibles tales como filtros, correas, rodamientos, mangueras, etc.; sean sustituidos dentro del rango de su vida útil”.

Así mismo indica que el mantenimiento preventivo se caracteriza por:

- Se realiza por medio de inspecciones periódicas, según recomendaciones del fabricante o por criterio dictado por la experiencia en el mantenimiento del equipo.

- Establece el reemplazo o reparación de cualquier elemento en un periodo en el cual este puede estar en buenas condiciones para seguir funcionando.
- Se requiere de un mayor tiempo de trabajo para cumplir con la programación.
- En algunas oportunidades requiere los servicios de un mayor número de trabajadores.
- Genera bajo costos.
- Hace uso de un sistema de archivo (Manual o informático) para facilitar el trabajo.

2.2.4 Mantenimiento Predictivo

Según Zambrano y Leal (2005) el mantenimiento predictivo es el mantenimiento planificado y programado basándose en análisis técnico de condición de la máquina, antes de ocurrir una falla, sin detener el funcionamiento normal de la máquina, para determinar la expectativa de vida de los componentes y reemplazarlos en tiempo óptimo, minimizando costos.

Por su parte, Bavaresco (2002), dice que el mantenimiento predictivo no es más que una forma de mantenimiento preventivo, ya que busca también mantener un equipo operativo independientemente de la aparición de una falla, pero este se realiza por métodos técnicamente más sofisticados, en los cuales se toma en cuenta las especificaciones del fabricante y además el estudio de los resultados de técnicas de análisis de falla. Para el mantenimiento predictivo se usan algunas técnicas entre las que se pueden nombrar:

- Análisis oleoso:** consiste en el análisis físico – químico de los aceites y en función de los resultados predecir las fallas.
- Análisis de vibraciones:** esta técnica puede predecir cuándo un rodamiento va a fallar o cuando un elemento de maquina sufrirá una ruptura o una deformación permanente.
- Análisis de ultrasonido:** mediante la aplicación de ultrasonido, se puede predecir el estado de corrosión de una tubería o predecir una falla interna del material.

d) **Análisis de imágenes térmicas:** mediante este análisis se puede predecir que partes de un equipo estarán expuestas a un aumento de temperatura no deseado, pudiendo actuar en las causas de la elevación de la temperatura prematuramente.

El mantenimiento predictivo se caracteriza por:

- Se realiza por inspecciones continuas y periódicas.
- Establece patrones exactos y de gran confiabilidad.
- Utiliza técnicas de trabajo muy sofisticado, pero de fácil operación.
- Las inspecciones pueden ser realizadas remotamente desde un cuarto de control o en el mismo sitio donde está el equipo.
- Predice con amplio margen de seguridad cuando una pieza o equipo fallará y prevé detalladamente las condiciones del equipo
- Utiliza poco personal.
- Diagnostica cualquier falla de manera bastante rápida.
- Permite inspecciones con el equipo en funcionamiento

2.2.5 Mantenimiento Correctivo

Para Bavaresco (2002), el mantenimiento correctivo, es el conjunto de acciones necesarias para devolver un equipo a las condiciones operativas luego de la aparición de una falla, entendiendo por falla la ocurrencia no previsible, inherente al equipo que impide que este cumpla su misión. El mantenimiento correctivo toma la tendencia de corregir las fallas de las maquinas a medida que ocurren. Aunque con una política adecuada de mantenimiento se puede reducir las probabilidades de ocurrencia de la falla, estas siempre van a ocurrir y es una función del mantenimiento organizado atacarlas con la mayor efectividad posible de manera de reducir los tiempos de paradas. Las características principales del mantenimiento correctivo son:

- Interrupciones en el servicio y la producción
- Incremento de costos (mano de obra, repuestos, entre otros)
- Deteriora la calidad del producto.

2.2.6 Plan de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir unos objetivos de disponibilidad, de fiabilidad, de coste y con el objetivo final de aumentar al máximo posible la vida útil de la instalación. (García, Santiago s.f.), también indica que la elaboración de un plan de mantenimiento para una instalación puede hacerse de tres formas:

1. Realizando un plan basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta.
2. Realizando un Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta.
3. Realizando un plan basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse.

Junto a estas tres formas puras, existen infinitas formas combinadas de elaborar el plan, basándolo parcialmente en instrucciones de fabricantes, complementándolo en mayor o menor medida con protocolos genéricos y por último incorporando instrucciones derivadas de los análisis de fallos que puede sufrir la instalación.

En industrias que no tienen ningún plan de mantenimiento implantado, puede ser conveniente hacer algo sencillo y ponerlo en marcha. Eso se puede hacer siguiendo las recomendaciones de los fabricantes o basándose en la experiencia propia o de otros.

2.2.4.1 Plan de Mantenimiento basado en Instrucciones de Fabricantes

La elaboración de un plan de mantenimiento de una instalación industrial, basándose en lo indicado por los fabricantes en los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los equipos que la componen, es la forma más cómoda y habitual de elaborar un plan de mantenimiento. El hecho de que sea cómoda no quiere decir que sea sencilla, ya que en primer lugar hay que conseguir recopilar todas las instrucciones técnicas de cada fabricante, y esto no siempre es fácil. En segundo lugar, cada fabricante elabora sus instrucciones de mantenimiento en formatos completamente distintos, lo que complica en gran manera redactar un plan de mantenimiento con unas instrucciones en un formato unificado.

Esta es la forma más extendida de elaborar un plan de mantenimiento, debido a que tiene dos grandes ventajas que es conveniente destacar:

- Asegura completamente las garantías de los equipos, ya que los fabricantes exigen, para el mantenimiento de dichas garantías, que se cumpla estrictamente lo indicado en el manual de operación y mantenimiento que ellos elaboran.
- No se requieren conocimientos específicos sobre los equipos a mantener, ni se requieren especiales conocimientos sobre mantenimiento industrial. Tan solo es necesario copiar lo que los diferentes fabricantes de los equipos proponen, darles el formato adecuado, efectuar alguna pequeña corrección, y prácticamente eso es todo

Ambas razones convierten a los planes de mantenimiento basados en las instrucciones de fabricantes en la forma preferida por técnicos, responsables, responsables de mantenimiento y propietarios de plantas. Esta forma de elaborar el plan tiene generalmente 3 etapas, tal como se aprecia en el gráfico 2.

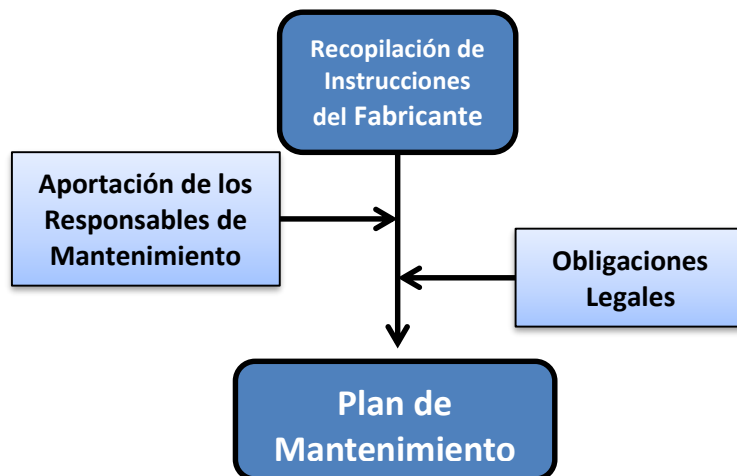


Gráfico 2. Esquema Plan de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante. **Fuente:** Carvajal, J. (2021)

Etapas 1: Recopilación de manuales y de instrucciones de los fabricantes

Realizar un plan de mantenimiento basado en las recomendaciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta no es más que recopilar

toda la información existente en los manuales de operación y mantenimiento de estos equipos y darle al conjunto un formato determinado. Es conveniente hacer una lista previa con todos los equipos significativos de la planta. A continuación, y tras comprobar que la lista contiene todos los equipos, habrá que asegurarse de que se dispone de los manuales de todos esos equipos. El último paso será recopilar toda la información contenida en el apartado “mantenimiento preventivo” que figura en esos manuales, y agruparla de forma operativa. Si el equipo de mantenimiento está dividido en personal mecánico y personal eléctrico, puede ser conveniente dividir también las tareas de mantenimiento según estas especialidades.

Etapa 2: Recopilación de la experiencia de los técnicos

Con esta recopilación, el plan de mantenimiento no está completo. Es conveniente contar con la experiencia de los responsables de mantenimiento y de los propios técnicos, para completar las tareas que pudieran no estar incluidas en la recopilación de recomendaciones de fabricantes. Es posible que algunas tareas que pudieran considerarse convenientes no estén incluidas en las recomendaciones de los fabricantes.

Etapa 3: Mantenimiento legal

Por último, no debe olvidarse que es necesario cumplir con las diversas normas reglamentarias vigentes en cada momento. Por ello, el plan debe considerar todas las obligaciones legales relacionadas con el mantenimiento de determinados equipos. Son sobre todo tareas de mantenimiento relacionadas con la seguridad.

2.2.4.2 Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas

Este método de determinación de las tareas que componen el plan parte del concepto de que los diferentes equipos que componen la planta pueden agruparse en tipos genéricos de equipos o equipo tipo, y que en cada equipo-tipo deben realizarse una serie de tareas preventivas con independencia del quien sea el fabricante y cual sea la configuración exacta de éste. Así, es posible definir como equipo genérico una bomba centrífuga de gran caudal. Independientemente de quien sea el fabricante y cual sea el modelo exacto, es posible identificar una serie de tareas preventivas a

realizar en cualquier bomba centrífuga que trasiegue fluidos viscosos con gran caudal.

El conjunto de tareas de mantenimiento que corresponde a un equipo tipo se denomina protocolo de mantenimiento programado. Si se elaboran los protocolos de mantenimiento de todos los tipos de equipos presentes en todo tipo de instalaciones industriales y se confecciona posteriormente una lista con todos los equipos de los que dispone la instalación concreta que se está analizando, solo hay que aplicar el protocolo de mantenimiento que le corresponde a cada uno de ellos para tener una lista completa y detallada de todas las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en la planta. En la figura 3, se puede observar que la consulta a los manuales de los fabricantes se hace después de haber elaborado un esquema inicial del plan, y con la idea de complementar éste. Esa es la principal diferencia con la elaboración de planes de mantenimiento basados en las instrucciones del fabricante. En la fase final se añaden las obligaciones legales de mantenimiento, como en el caso anterior.

Etapa 1: Lista de equipos significativos

Del inventario de equipos de la planta, deben listarse aquellos que tienen una entidad suficiente como para tener tareas de mantenimiento asociadas. Este listado puede incluir motores, bombas, válvulas, determinados instrumentos, filtros, depósitos, entre otros. Una vez listados, es conveniente agrupar estos equipos por tipos, para saber cuántos tipos de equipos se tienen en el sistema que se está analizando.

Etapa 2: Listado de tareas genéricas para cada tipo de equipo

Para cada uno de los tipos de equipos, se debe preparar un conjunto de tareas genéricas que les serían de aplicación. Así, se pueden preparar tareas genéricas de mantenimiento para transformadores, motores, bombas, válvulas, entre otros. Ver gráfico 3.



Gráfico 3. Esquema Plan de mantenimiento basado en las instrucciones genéricas.
Fuente: Carvajal, J. (2021).

Etapa 3: Aplicación de las tareas genéricas

Para cada motor, bomba, válvula, entre otros, se le aplicarán las tareas genéricas preparadas en el punto anterior, de manera que se obtenga un listado de tareas referidas a cada equipo concreto

Etapa 4: Comprobación de las instrucciones de los fabricantes

Es en este punto, y no al principio, es donde se incluyen las recomendaciones de los fabricantes, tratando de ver que no se ha olvidado nada importante.

Etapa 5: Añadir mantenimiento legal

Igual que en caso anterior, es necesario asegurar el cumplimiento de las normas reglamentarias referentes a mantenimiento que puedan ser de aplicación en determinados equipos.

2.2.4.3 Plan de mantenimiento basado en análisis de fallos potenciales

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la fiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan

cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios, pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento. El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Las acciones tendentes a evitar los fallos pueden ser de varios tipos:

- Determinación de tareas de mantenimiento que evitan o reducen estas averías.
- Mejoras y modificaciones en la instalación.
- Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.
- Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta, como una de las medidas paliativas de las consecuencias de un fallo.
- Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.
- Planes de formación.

El proceso de análisis de fallos e implantación de medidas preventivas atraviesa una serie de etapas para cada uno de los sistemas en que puede descomponerse una planta industrial:

Etapas 1: Definición clara de lo que se pretende implantando RCM. Determinación de indicadores, y valoración de éstos antes de iniciar el proceso.

Etapas 2: Codificación y listado de todos los sistemas, subsistemas y equipos que componen la planta. Para ello es necesario recopilar esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc.

Etapa 3: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Determinación de las especificaciones del sistema Listado de funciones primarias y secundarias del sistema en su conjunto. Listado de funciones principales y secundarias de cada subsistema.

Etapa 4: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Etapa 5: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

Etapa 6: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, significativos, tolerables o insignificantes en función de esas consecuencias.

Etapa 7: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Etapa 8: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías: elaboración del plan de mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación, procedimientos de operación y de mantenimiento, lista de repuesto que debe permanecer en stock y medidas provisionales a adoptar en caso de fallo.

Etapa 9: Puesta en marcha de las medidas preventivas.

Etapa 10: Evaluación de las medidas adoptadas, mediante la valoración de los indicadores seleccionados en la etapa 1.

2.2.4.4 Frecuencia del Mantenimiento

Existen tres formas de determinar la frecuencia con la que se realiza un mantenimiento: utilizando métodos estadísticos, utilizando modelos matemáticos o basándose en la experiencia de los técnicos que deben elaborar el plan de mantenimiento. Las dos primeras son complejas, no siempre se dispone de datos suficientes como para realizar un estudio estadístico adecuado y los modelos matemáticos son complejos y no siempre se disponen de tales modelos o no son capaces de desarrollarlos en los departamentos de mantenimiento. Entonces, la forma más habitual de determinar la frecuencia es en base a la experiencia de los técnicos encargados de elaborar el plan de mantenimiento, Renovetec (2021).

Renovetec también indica, que existen dos formas de indicar la frecuencia con la que debe realizarse una tarea de mantenimiento:

- Siguiendo periodicidades fijas, es decir, indicando el espacio de tiempo que debe transcurrir entre intervenciones
- Determinándola a partir de las horas de funcionamiento

Cualquiera de las dos formas es perfectamente válida; incluso es posible que para unas tareas sea conveniente que se realice siguiendo periodicidades preestablecidas y que otras tareas, incluso referidas al mismo equipo, sean referidas a horas efectivas de funcionamiento. Ambas formas de determinación de la periodicidad con la que hay que realizar cada una de las tareas que componen un plan tienen ventajas e inconvenientes

La frecuencia diaria, que a veces se aumenta y se realiza por turno e incluso por hora, se reserva a las actividades de mantenimiento realizadas por el personal de operación, que son casi exclusivamente de dos tipos: inspecciones sensoriales y tomas de datos.

La frecuencia mensual se reserva exclusivamente para aquellas tareas mecánicas o eléctricas que no pueden realizarse con periodicidades mayores. En muchas ocasiones están relacionadas con elementos que sufren ensuciamiento o desajustes, aunque en algún caso se refieren al reemplazo de algún elemento.

La frecuencia trimestral es la más utilizada cuando se trata de establecer la periodicidad con la que realizar tareas de mantenimiento predictivo. También se emplea para determinados trabajos eléctricos elementales.

Hay que tener en cuenta que en una instalación industrial la mayor parte de tareas rutinarias que se realizan a lo largo del año son de tipo condicional: se basan en inspecciones, verificaciones o pruebas, y solo se actúa si se detecta algún problema. Solo en el caso de las paradas anuales y las paradas mayores se realizan tareas sistemáticas que implican desmontajes o sustitución de piezas.

La frecuencia anual es la más utilizada para trabajos mecánicos, eléctricos y de instrumentación.

- Anual distribuida, que se reserva para aquellas tareas de frecuencia anual que pueden realizarse en cualquier momento del año.
- Anual en parada, que se reserva para aquellas tareas de frecuencia anual que debe ser realizadas exclusivamente coincidiendo con la parada anual que muchas instalaciones organizan, y que supone la base del mantenimiento en muchos casos.

La periodicidad bienal se reserva casi en exclusiva para la calibración de instrumentación y para la verificación de lazos de control. Las periodicidades trianual, cuatrianual, etc., se reservan para la realización de tareas de mantenimiento

2.3 Bases legales

Este trabajo está ajustado a las disposiciones de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela a través de las leyes, normas y reglamentos que se mencionan en el cuadro 1.

**CUADRO 1
LEYES, REGLAMENTOS Y NORMAS DE AGUAS**

Gaceta N°	Descripción	Fecha
38595	Ley de Aguas	02/01/2007
36298	Normas para la ubicación, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable.	24/09/1997
41337	Reglamento de la Ley de Aguas	13/04/2018
3913	Ley Penal del Ambiente	25/05/2012
36395	Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable (1998).	13/02/1998

Fuente: Carvajal, J. (2021).

A continuación, se presentan las leyes y sus artículos, que de alguna manera tienen relación con la presente investigación:

Decreto N° 2.048 (1997) Normas para la ubicación, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable.

Artículo 13: El propietario de pozo o el encargado de su explotación, será responsable ante la autoridad sanitaria competente de las aguas que de él suministran cumplan permanentemente con las Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable, así como de la cantidad de agua suministrada a los usuarios. A tal fin, deberá practicar periódicamente aforos del pozo, captar las muestras necesarias para hacer exámenes bacteriológicos y análisis físico-químicos y enviar copia de los resultados a la autoridad sanitaria competente.

Artículo 14: La autoridad sanitaria competente determinará de acuerdo con los resultados obtenidos en los exámenes bacteriológicos y análisis físico-químicos de las aguas provenientes del pozo, el tipo y grado del tratamiento requerido y ordenará, de ser el caso, la elaboración del proyecto de las modificaciones a que hubiere lugar.

Artículo 15: El propietario del pozo o el encargado de su explotación, deberá llevar permanentemente en la Hoja para Registro de la Operación, Funcionamiento y Mantenimiento de Pozo Perforado, el registro de la operación y funcionamiento del mismo, y de sus instalaciones y equipos, donde figure: Horas de bombeo por día, interrupciones en el servicio por cualquier causa, reparaciones y equipos, así como otra información que considere conveniente. Este registro será presentado a la autoridad sanitaria competente cuando ésta lo solicite.

Artículo 16: Mientras el pozo se encuentre en servicio, su propietario o el encargado de su explotación, quedará obligado a mantener sus instalaciones satisfactorias de operación de acuerdo con lo establecido en las presentes Normas.

Artículo 17: En cualquier tiempo la autoridad sanitaria competente podrá realizar actividades de vigilancia y control sobre los pozos activos de acuerdo a lo establecido con el Artículo 11 de estas Normas.

Artículo 52: Cuando el suministro de energía eléctrica presente fallas frecuentes, el propietario o responsable del pozo instalará una placa eléctrica de emergencia o un motor de combustión interna de capacidad y características adecuadas.

Artículo 54: Para el correcto funcionamiento de operación de los pozos y de las bombas respectivas se deberán instalar como mínimo, los siguientes dispositivos:

- a) Manómetro en la tubería de descarga.
- b) Tubería para limpieza y aforo con su correspondiente llave de paso.
- c) Válvula de retención y llave de paso en la línea de descarga y válvula de retención en el extremo de la tubería de succión en caso de bombas centrífugas.
- d) Dispositivo adecuado para aliviar el exceso de presión del golpe de ariete, cuando ello esté justificado.
- e) Junta flexible en la línea de descarga, instalada antes de la tubería de limpieza.
- f) Llave de ½” de diámetro para la captación de muestras, instalada sobre la tubería de descarga de la bomba.
- g) Dos (2) tuberías de 2” de diámetro, como mínimo c/u, para la recarga de grava, dotadas con tapón.
- h) Tubería de ¼” de diámetro y manómetro con accesorios para la determinación de los niveles de bombeo durante el aforo del pozo, o en su defecto un orificio de ½” de diámetro como mínimo dotado de tapón enroscado, ubicado en la boca del fondo del pozo para introducir sonda eléctrica.
- i) Tubería de ½” de diámetro para ventilación de la tubería de revestimiento, protegida con malla metálica de 16 hilos por pulgada cuadrada.
- j) Tablero de control manual y automático para arranque y paradas del motor de la bomba en el caso de bombas con accionamiento de motor eléctrico.
- k) Instalación eléctrica completa para iluminación interior y exterior de la caseta del pozo.

Artículo 55: Los pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable, deberán someterse a desinfección en los casos siguientes:

- a) Una vez terminada la construcción del pozo y después de instalados los equipos y las instalaciones adicionales requeridas, antes de usar las aguas provenientes del mismo.

b) Cuando se hayan afectado reparaciones, modificaciones o cambios en la perforación, en el equipo o en las instalaciones correspondientes.

c) Cuando los resultados de los exámenes bacteriológicos practicados a las muestras de agua captadas del pozo, indiquen contaminación por organismos coliformes.

Artículo 56: La desinfección de un pozo deberá practicarse utilizando cloro u otros desinfectantes de efecto residual.

Artículo 57: La solución de cloro utilizada para la desinfección de un pozo perforado deberá tener una concentración no menor de 50 miligramos por litro. La concentración indicada, deberá mantenerse después de un período de contacto no menor de 30 minutos.

Artículo 58: La solución desinfectante deberá aplicarse cuidadosamente, asegurando su contacto con todas y cada una de las partes del pozo y de sus instalaciones, incluyendo las tuberías y conexiones.

Artículo 59: El período de contacto a mantener entre la solución desinfectante, el pozo y sus instalaciones deberá ser de 24 horas como mínimo.

Artículo 60: Una vez transcurrido el período de contacto requerido, se bombeará el pozo en forma continua hasta que el agua prácticamente no contenga cloro residual. Después de garantizar esto, se procederá a la captación de muestras para: examen bacteriológico, con el fin de verificar la efectividad del tratamiento de desinfección. Los resultados de los exámenes bacteriológicos practicados, no deberán indicar la presencia de organismos coliformes.

De igual manera, la Ley de Agua (2007) en el artículo 5 y 21 expresa que:

Artículo 5: Los principios que rigen la gestión integral de las aguas se enmarcan en el reconocimiento y ratificación de la soberanía plena que ejerce la República sobre las aguas y son:

1. El acceso al agua es un derecho humano fundamental.

7. Los usuarios o usuarias de las aguas contribuirán solidariamente con la conservación de la cuenca, para garantizar en el tiempo la cantidad y calidad de las aguas.

8. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar la conservación de las fuentes de aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Artículo 21: La organización institucional para la gestión de las aguas comprende:

1. El ministerio con competencia en la materia, quien ejercerá la Autoridad Nacional de las Aguas.

2. El Consejo Nacional de las Aguas.

3. Los Consejos de Región Hidrográfica.

4. Los Consejos de Cuencas Hidrográficas.

5. Los usuarios o las usuarias institucionales.

6. Los Consejos Comunales, las Mesas Técnicas y Comités de Riego.

Por otro lado, el Reglamento de Ley de Agua (2018) en su Capítulo IV que habla sobre las estrategias a seguir para la protección y conservación de las aguas subterráneas expresa lo siguiente:

Parámetros de vulnerabilidad

Artículo 13: La vulnerabilidad será caracterizada por medio de un índice que incluya, entre otros, los siguientes parámetros: la profundidad del nivel freático o techo del acuífero confinado, la condición del acuífero en relación con su confinamiento y las características litológicas y grado de consolidación de los estratos ubicados encima de la zona saturada. El cálculo del índice, así como la evaluación cualitativa de la vulnerabilidad, se realizará de acuerdo con lo indicado en la norma técnica correspondiente.

Estimaciones del riesgo de contaminación

Artículo 14: En las cuencas hidrogeológicas del país se realizarán estimaciones del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, basadas en la relación entre la vulnerabilidad del acuífero y las actividades potencialmente contaminantes que

se realicen en estas áreas. Esta Información se incorporará como capas en los mapas de vulnerabilidad.

Limpieza y el mantenimiento del pozo

Artículo 16: Los usuarios y usuarias de las aguas subterráneas deberán realizar la limpieza y el mantenimiento del pozo que aprovechan, por lo menos una vez al año, como medida dirigida a la conservación y protección de las aguas subterráneas. Esta actividad deberá ser notificada al Ministerio que ejerza la Autoridad Nacional de las Aguas.

Inspecciones a los pozos de agua

Artículo 18: Toda persona natural o jurídica, pública o privada que realice obras de perforación, rehabilitación, mantenimiento o pruebas de pozos de agua y estudios de acuíferos u otras actividades afines, está sujeta a inspecciones por parte del Ministerio que ejerza la Autoridad Nacional de las Aguas, el cual formulará observaciones y podrá requerir las mediciones y adecuaciones que considere necesarias.

Abastecimiento de agua potable

Artículo 25: Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que ejerzan las actividades de ubicación, construcción, protección, operación, mantenimiento y rehabilitación de pozos de agua, que tengan como finalidad realizar las actividades relacionadas al abastecimiento de agua potable para consumo humano, deberán regirse según lo previsto en la normativa que rige la materia

Consejos comunales y el consejo de región hidrográfica

Artículo 27: Los Consejos Comunales ubicados en una región hidrográfica específica participarán en el Consejo de Región Hidrográfica correspondiente, cada uno con un representante principal y un suplente. Los representantes de los Consejos Comunales serán los voceros de las Mesas Técnicas de Agua. El miembro principal tendrá voz y voto en las sesiones del Consejo de Región Hidrográfica. De igual forma, participarán bajo el mismo criterio en los Consejos de Cuencas Hidrográficas.

Y por último, la Ley Orgánica del Ambiente (2006) en su artículo 57 dice:

Artículo 57: Para la conservación de la calidad del agua se tomarán en consideración los siguientes aspectos:

1. La clasificación de las aguas atendiendo a las características requeridas para los diferentes usos a que deba destinarse.
2. Las actividades capaces de degradar las fuentes de aguas naturales, los recorridos de éstas y su represamiento.
3. La reutilización de las aguas residuales previo tratamiento.
4. El tratamiento de las aguas.
5. La protección integral de las cuencas hidrográficas.
6. El seguimiento continuo y de largo plazo de la calidad de los cuerpos de agua.
7. El seguimiento continuo de los usos de la tierra y sus impactos sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas.

No existe ningún instrumento jurídico nacional, que establezca que el cumplimiento de una norma o procedimiento relacionado con el mantenimiento deba cumplirse en una organización sin embargo, la Comisión Venezolana de normalización COVENIN (hoy Fondo Nacional de Normalización FONDONORMA), es el ente gubernamental encargado de velar por el cumplimiento de tales aspectos, mediante la norma COVENIN 3049:1993, la cual elabora el marco conceptual de la función de mantenimiento y la norma COVENIN 2500:1993, que evalúa los sistemas de mantenimiento en las empresas, permitiendo servir de indicador en cuanto a la gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias.

2.4 Definición de Términos Básicos

Aguas subterráneas: Aguas que se infiltran y penetran en el suelo y subsuelo saturando los poros o grietas de las rocas, y que eventualmente se acumulan encima de capas impermeables formando un reservorio subterráneo.

Agua Potable: Estado del agua en que ningún elemento se encuentra presente en concentraciones suficientes que impidan su uso para el consumo humano.

Contaminantes: Elemento o agente de cualquier naturaleza que afecte y haga nocivo el uso del agua para consumo humano.

Pozo Perforado: Obra de ingeniería destinada a captar las aguas subsuperficiales o subterráneas para ser elevadas total o parcialmente al sitio de utilización.

Vulnerabilidad es un término utilizado para representar las características geológicas e hidrogeológicas intrínsecas que determinan la facilidad con la que el agua subterránea puede contaminarse por la actividad humana desde la superficie (Daly y Warren, 1994).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Arias (2016), indica que la metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el "cómo" se realizará el estudio para responder al problema planteado. A continuación, se presenta el marco metodológico que sustentó el desarrollo de este trabajo de investigación

3.1 Tipo de Investigación

Según la UJAP (2020), las investigaciones tecnicistas o proyectivas son investigaciones aplicadas que se encuentran dirigidas a encontrar soluciones a problemas prácticos o necesidades sentidas por un grupo, una institución u organización de orden social, educativo, económico, cultural u otra, a través de la elaboración de un plan, estrategia, programa, diseño o tecnología producto original o adaptado por el investigador. En este sentido, las características que posee el presente trabajo, lo enmarcan como una investigación proyectiva, debido a que presenta una solución viable a la problemática que se presenta en el sector Yuma del Municipio San Diego, con respecto a la calidad y continuidad en el suministro de agua potable, mediante la formulación de una propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el pozo N° 87 ubicado en el sector ya mencionado.

3.2 Diseño de la Investigación

Para múltiples autores, el diseño de investigación se concibe como la estrategia general que toma el investigador para dar respuesta a los objetivos o tareas planteadas. Con respecto a la presente investigación las estrategias empleadas se enmarcan dentro de una investigación de campo y documental.

Para Arias (2016), la investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, (datos primarios) sin manipular o controlar variable alguna, es

decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. Con referencia a lo anterior, los datos se obtuvieron de forma directa de la realidad, donde ocurren los hechos, sin posibilidad de manipular o controlar alguna variable, es decir fueron recolectados a través de visitas a la zona en donde está ubicado el pozo subterráneo, mediante entrevistas con personas directamente vinculadas con el pozo y con especialistas en el área de mantenimiento.

Arias (2016), también indica que la investigación documental es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos. Después de lo anterior expuesto, se revisaron procedimientos, catálogos, instructivos, así como también los manuales genéricos de los equipos que forman parte de las instalaciones.

3.3 Nivel de la Investigación

Cuando se habla de nivel de investigación, se refiere al grado de profundidad y complejidad con que va ser abordado la investigación, en este sentido, esta investigación se enmarco dentro de las características del tipo descriptivo. Para Arias F. (2016) la investigación descriptiva es aquella que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Con referencia a lo anterior, cabe mencionar que el estudio cumplió con estas características, debido a que se describieron las instalaciones del pozo de agua subterráneo N° 87 y su sistema de bombeo, así como también sus componentes, accesorios y funcionamiento, todo esto, con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento del mismo.

3.4 Población y Muestra

Según Arias (2016), La población o universo se refiere al conjunto para cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación

Aular, M. (2014) alega que, “En las muestras probabilísticas, la característica fundamental es que todo elemento del universo tiene una determinada probabilidad de integrar la muestra, y esa probabilidad puede ser calculada matemáticamente con

precisión. En las muestras no probabilísticas ocurre lo contrario y el investigador no tiene idea del error que puede estar introduciendo en sus apreciaciones.”

Por lo anteriormente expuesto, en la presente investigación se ha seleccionado que la muestra sea igual que la población, siendo la misma de tipo no probabilística intencional y estará conformada por el pozo subterráneo N° 87 y su sistema de bombeo ubicado en el sector Yuma del municipio San Diego. La población fue finita, en vista de que la información se pudo obtener observando y realizando mediciones directas en el sitio bajo estudio.

3.5 Técnica y Recolección de Datos

Para Arias (2016), las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, otros. Para esta investigación, la técnica que se utilizó fue la observación directa, el análisis documental y la entrevista con las personas directamente vinculadas con el pozo y con especialistas en el área de mantenimiento.

3.5.1 Observación Directa.

La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos (Arias, 2016). En esta investigación se realizó una observación libre, que según Arias (2016), se caracteriza por no tener una guía prediseñada que especifique cada uno de los aspectos que deben ser observados. Los instrumentos que se utilizaron para recopilar la información fue un cuaderno de notas y cámara fotográfica.

En el cuadro 2, se muestra el formato que se utilizó, para la recopilación de información a través de la observación directa. En él se describen los aspectos más relevantes de la observación efectuada. El formato registra una situación o hecho en particular a observar, el número de observaciones y la caracterización de lo observado.

CUADRO 2
FORMATO PARA LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN MEDIANTE
LA OBSERVACIÓN DIRECTA

Nombre del Proyecto		
Fecha	N°	Descripción de los aspectos importantes

Fuente: Carvajal, J (2021)

3.5.2 Análisis Documental

El análisis documental es una técnica de revisión y de registro de documentos que fundamentan el propósito de la investigación y permite el desarrollo del marco teórico y/o conceptual y aborda todo paradigma investigativo (cualitativo, cuantitativo y/o multimétodo). (Bernal, 2006)

Le recopilación de información se realizó a través de una revisión exhaustiva a documentos, procedimientos, catálogos, instructivos, así como también los manuales de los equipos que forman parte de las instalaciones. El instrumento que se utilizó para recolectar la información fueron fichas, unidades de almacenaje portátiles y de computadoras, cuadro de registros.

3.5.3 Entrevistas

Arias (2016), dice que la entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación "cara a cara", entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. En este trabajo se recurrirá a una entrevista semi-estructurada, que aunque exista una guía previamente diseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado, ver apéndice A, el entrevistador puede realizar otras preguntas no contempladas inicialmente. El instrumento para registrar la información fue la misma guía de entrevista, en el

cuadro 3 se muestra el formato utilizado para la recopilación de información durante las entrevistas.

**CUADRO 3
FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DURANTE LAS ENTREVISTAS.**

Nombre del Proyecto	
Entrevistado:	
Fecha:	
Objetivo	
Pregunta 1	
Respuesta	
Pregunta 2	
Respuesta	
.....	
.....	
.	
Preguntas adicionales	

Fuente: Carvajal, J. (2021)

3.6 Fases Metodológicas

A continuación se muestran las fases que conformaran la investigación

Fase 1. Descripción de las instalaciones del pozo y del sistema de bombeo, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno.

En esta etapa se recurre al análisis documental y a la entrevista con distintos expertos para conocer cómo están constituidos los pozos subterráneos y su sistema de bombeo, cuáles son sus partes, como funcionan, si aplican algún tipo de mantenimiento en ellos, además de conocer la relación de equipos, sus especificaciones y

recomendaciones del fabricante. También se realizará un inventario de equipos y un inventario del pozo.

Fase 2. Estudio de los fundamentos teóricos dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para pozo subterráneos y sistema de bombeo de agua potable.

En esta fase, al igual que la anterior se recurrió al análisis documental, examinando libros, textos, documentos impresos, páginas web, entre otros, para investigar los fundamentos teóricos dentro del cual se enmarca un plan de mantenimiento. Esto permitió, entre otras cosas, determinar cuál es la forma, en este caso, más conveniente de elaborar un plan de mantenimiento.

Fase 3. Identificación las variables internas y externas que afectan el rendimiento y la continuidad operativa del pozo subterráneo y del sistema de bombeo de agua potable.

En esta fase se trató de tipificar los factores tanto internos como externos, que de alguna manera, intervienen en la continuidad del suministro de agua potable a la comunidad. Para ello se recurrió a la observación libre y a la entrevista a personas que directa o indirectamente estén relacionadas con el pozo, en otras palabras, usuarios, personal de la mesa técnica de agua, personal de Hidrocentro y Alcaldía.

Fase 4. Elaboración de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para el pozo profundo y su sistema de bombeo de agua potable, que asegure continuidad operativa.

Se utilizaron los resultados obtenidos en las fases anteriores, para adaptarlos al plan de mantenimiento del pozo subterráneo y su sistema de bombeo. Se tomaron en cuenta, en primer lugar, el método que mejor se ajustó el plan de mantenimiento y en segundo lugar el inventario de equipos y pozo. Posteriormente se elaboró el protocolo de mantenimiento en donde se definieron las actividades y frecuencia de mismo, se elaboraron los formatos de registro de mantenimiento, y los procedimientos para realizar las actividades de mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a través de la metodología seleccionada. La información fue recopilada través de la observación directa, análisis documental y entrevistas semiestructuradas realizadas a personas con conocimiento en el área de estudio. En el apéndice B se presentan la información recolectada mediante la observación directa, la misma se desarrolló desde la extracción de la bomba, motor y tuberías de descarga, seguida de limpieza y video de inspección del pozo hasta la puesta en funcionamiento del mismo. En el apéndice C se muestran la información recopilada a través de las entrevistas realizadas a personas con conocimientos en el área. Los resultados se exponen a través de cada uno de los objetivos específicos de esta investigación

4.1 Fase 1. Descripción de las instalaciones del pozo y del sistema de bombeo, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno.

4.1.1 Descripción de un pozo profundo y su equipo de bombeo

Se puede considerar al pozo como una estructura conformada en dos partes principales: equipo de bombeo y el pozo, propiamente dicho.

4.1.1.1 Pozo Profundo

Un pozo profundo es una perforación vertical que se hace en el terreno de forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que su profundidad. Una vez hecha la perforación se instala un tubo vertical dentro de ella, el cual tiene unas secciones de tubería llamadas filtros que se instalan en frente de los acuíferos para que el agua penetre y pueda ser bombeada a la superficie del terreno. Las partes principales de un pozo profundo se pueden observar en la figura 1.

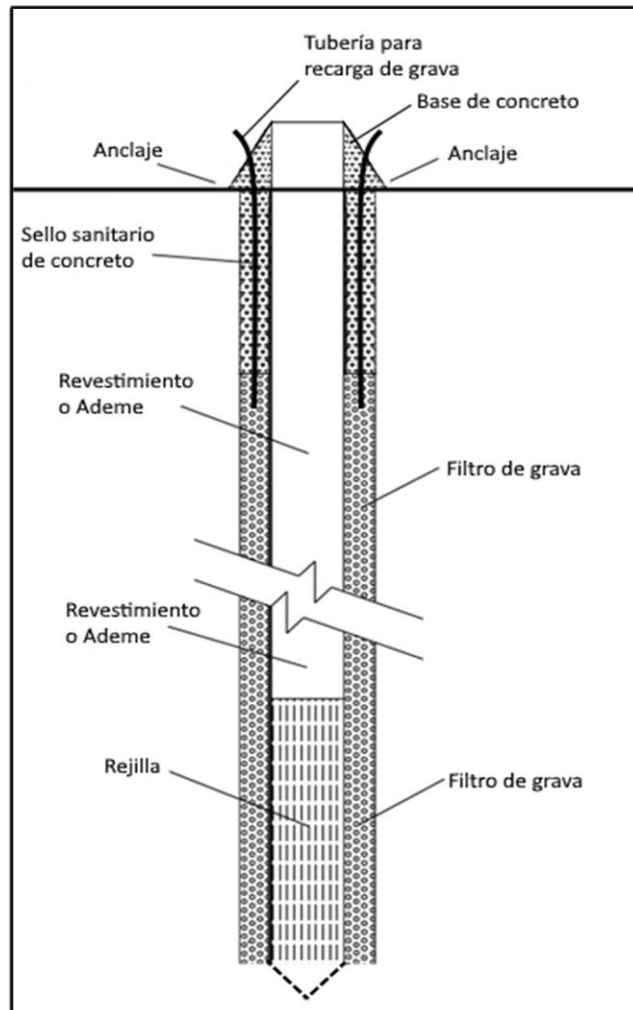


Figura 1. Partes principales del pozo profundo.
Fuente: Carvajal, J. (2021)

- **Hueco perforado**

Es la perforación que se realiza en el subsuelo con el objetivo de atravesar capas permeables que contengan agua (acuíferos) para ser captadas mediante un tubo metálico. Esta perforación debe tener un diámetro y una verticalidad tal que debe permitir la instalación de una tubería de un diámetro menor y del filtro de grava que la rodea. Esta perforación se hace con un equipo de perforación mecánico o hidráulico.

- **Sello sanitario**

Es la protección sanitaria que tiene el pozo contra la contaminación proveniente de la superficie o de acuíferos superiores contaminados y consiste en aislar las primeras capas atravesadas en la perforación. Es el espacio anular entre la tubería de revestimiento y el hueco de perforación, según el artículo 36 del Decreto N° 2048 (1997), está comprendido entre la superficie del terreno hasta una profundidad de seis (06) metros deberá sellarse en un anillo de protección de mortero de cemento en la proporción: 50 kilos de cemento por 20 litros de agua. El espesor mínimo de este anillo deberá ser de cinco (05) centímetros. Contiene dos tubos de alimentación de grava de un diámetro de 50 mm (2”). El extremo inferior del tubo penetra como mínimo 50 cm dentro del empaque de grava y sobresale 30 cm sobre la superficie natural del terreno.

- **Placa de concreto**

Alrededor del tubo de revestimiento y del tubo alimentador de grava, según artículo 43 del decreto N° 2048 (1997), se debe construir una placa de concreto de ochenta por ochenta (80 x 80) centímetros como mínimo, un espesor mínimo de cuarenta (40) centímetros, de los cuales veinte (20) centímetros sobresaldrán de la superficie natural del terreno y veinte centímetros penetrarán por debajo del mismo nivel. La superficie de la placa tendrá pendiente del 2% hacia la periferia de la misma. Esta construcción, permite la instalación, desinstalación y manejo de los equipos concerniente al pozo, además para evitar la entrada de aguas superficiales a los pozos.

- **Tubería de revestimiento o ademe**

Es la tubería que se instala en forma vertical dentro del hueco perforado, cubre y protege la integridad del mismo. La tubería es de PVC (policloruro de vinilo) de 10 pulgadas de diámetro. Esta tubería de ademe se divide en tubería lisa y tubería ranurada. Como su nombre las describe, la tubería lisa es recta y se utiliza en las zonas en que no va a haber ningún tipo de absorción o flujo de agua, por el contrario,

la tubería ranurada es la que permite el paso del agua hacia la construcción del pozo profundo de agua.

- **Filtro de grava**

La sección anular entre el hueco perforado y la tubería de revestimiento se rellena con grava para la formación de un filtro que permite mejorar la calidad del agua, impidiendo el paso de partículas hacia el interior del pozo, es decir, que su función es la de retener las arenas que tenga el acuífero para que el agua salga limpia y sin sedimentos en suspensión.

- **Anclaje**

Son los elementos que se instalan en la boca del pozo para sostener la tubería de revestimiento desde la superficie, puesto que esta nunca debe quedar apoyada sobre el fondo de la perforación sino colgada desde la superficie hasta que sea relleno de grava. Garantiza la verticalidad del pozo y consiste en dos rieles de acero de dos a tres metros de largo cada uno apoyados sobre la superficie del terreno y soldados al tubo del pozo por medio de platinas de acero. Evitan cualquier desplazamiento vertical de la tubería de revestimiento del pozo. Sobre el anclaje se construye la base de concreto en la cual se apoya la bomba.

- **Caseta del Pozo**

Debe ser amplia, con buena ventilación, luz artificial, contiene el tablero de control, que a su vez contiene los equipos de protección eléctrica del equipo de bombeo del pozo. Debe estar provista de un pequeño depósito para almacenar repuestos y herramientas. La caseta, conjuntamente con las instalaciones de abastecimiento de agua, está cercada con malla metálica, con su respectiva puerta de acceso y con la protección conveniente para que se mantenga cerrada para impedir el libre acceso de personas y animales. Los terrenos, así delimitados, deberán tener fácil acceso por vía terrestre para permitir el mantenimiento, operación y reparaciones.

4.1.2 Equipo de bombeo del pozo profundo

Para extraer el agua de un pozo y llevarla a un tanque de almacenamiento o a un sistema de tratamiento de agua potable o simplemente a un sistema de distribución de agua, se necesita de un equipo de bombeo el cual está compuesto básicamente por: bomba y motor sumergible, tablero eléctrico, cable sumergible, válvulas, tuberías de descarga. Ver figura 2.

- **Bomba sumergible**

Una bomba es un dispositivo mecánico que se utiliza para llevar o desplazar el agua de un sitio a otro, no desarrolla ninguna energía propia, solo transfiere la fuerza de una fuente de energía para poner el agua o el líquido en movimiento. Para pozos profundos se utilizan dos tipos de bombas: las de turbina de eje vertical y las sumergibles. La bomba de turbina de eje vertical tiene el motor en la superficie del terreno y la transmisión de energía es por medio de ejes verticales mientras que la bomba sumergible esta acoplada directamente al motor y todo el conjunto funciona sumergido en el agua dentro del pozo.

La norma COVENIN 1919-91, dice que la bomba sumergible es una combinación compuesta por una bomba tipo turbina acoplada directamente a un motor eléctrico hermético sumergible. Esta unidad de bombeo es soportada desde la superficie del pozo por una tubería vertical de descarga, donde recibe la alimentación de energía a través de un cable sumergible.

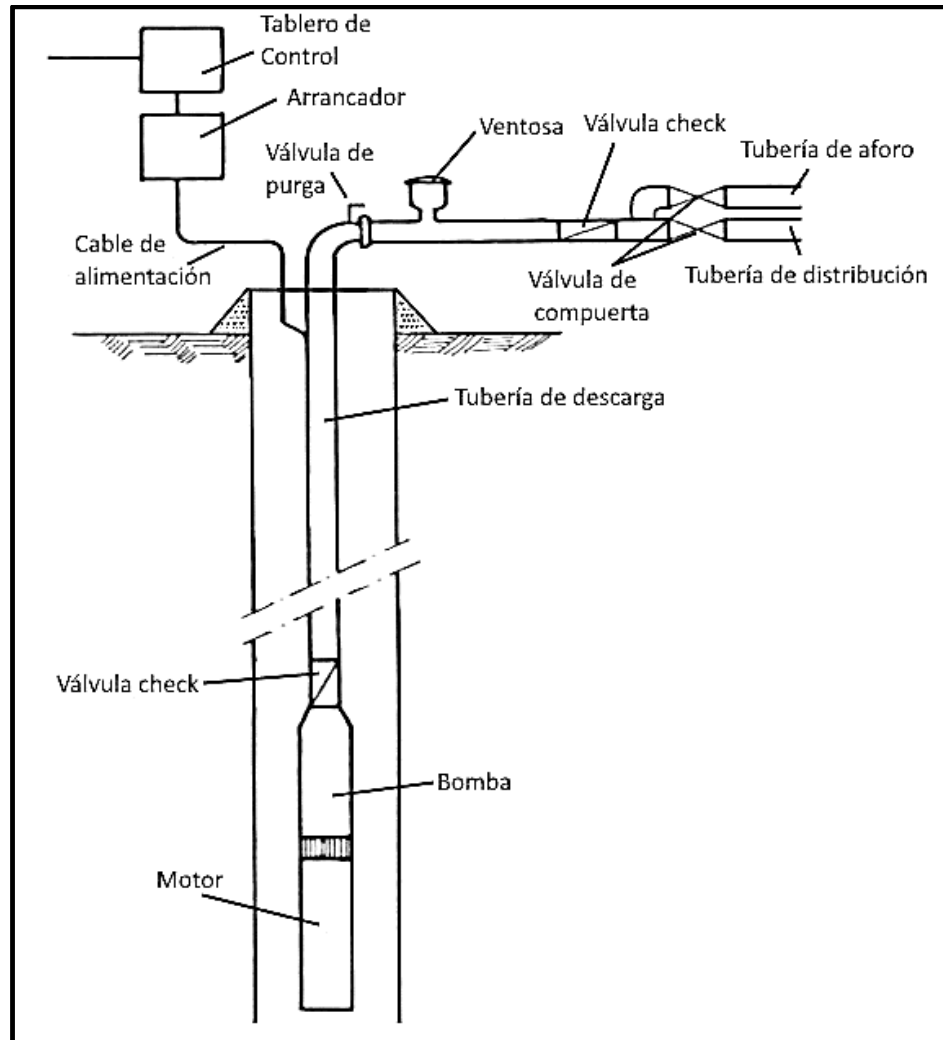


Figura 2. Componentes del equipo de bombeo.

Fuente: Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos para Acueducto (1999). Adaptado por Carvajal, J. (2021)

De acuerdo a la norma Covenin 1919-91, las partes de una bomba sumergible son:

- **Tazón:** es el elemento estructural diseñado como difusor, que contiene internamente el impulsor de una bomba vertical.
- **Impulsor:** es el elemento rotativo que imparte la energía al líquido bombeado

- **Cuerpo de la bomba:** es la parte de la bomba tipo turbina o sumergible formada por tazones, impulsores, cojinetes y eje; así como las conexiones de succión y descarga.
- **Etapas:** es el conjunto formado por un impulsor y un tazón o difusor, donde se transforma parte de la energía cinética del líquido en presión. La bomba puede contener una o más etapas.
- **Colador:** es el elemento que impide la entrada a la bomba de sólidos de tamaño tal que puedan causar daño a esta.

En la figura 3 se muestran las partes principales de una bomba sumergible.

Según el Manual de Ingeniería SP Grundfos (s.f.), la bomba sumergible es una bomba centrífuga, cuyo principio de bombeo consiste en transformar la energía mecánica del motor en energía cinética en el fluido bombeado creando, por lo tanto, una diferencia de presión en el fluido entre la entrada y la salida de la bomba. Los tazones contienen en su interior a los impulsores, los cuales están acoplados entre sí por medio de un eje, estos son los encargados de elevar el agua cuando giran a una velocidad determinada. La bomba puede tener uno o varios tazones dependiendo del caudal a extraer, la altura o carga dinámica total y la velocidad de trabajo.

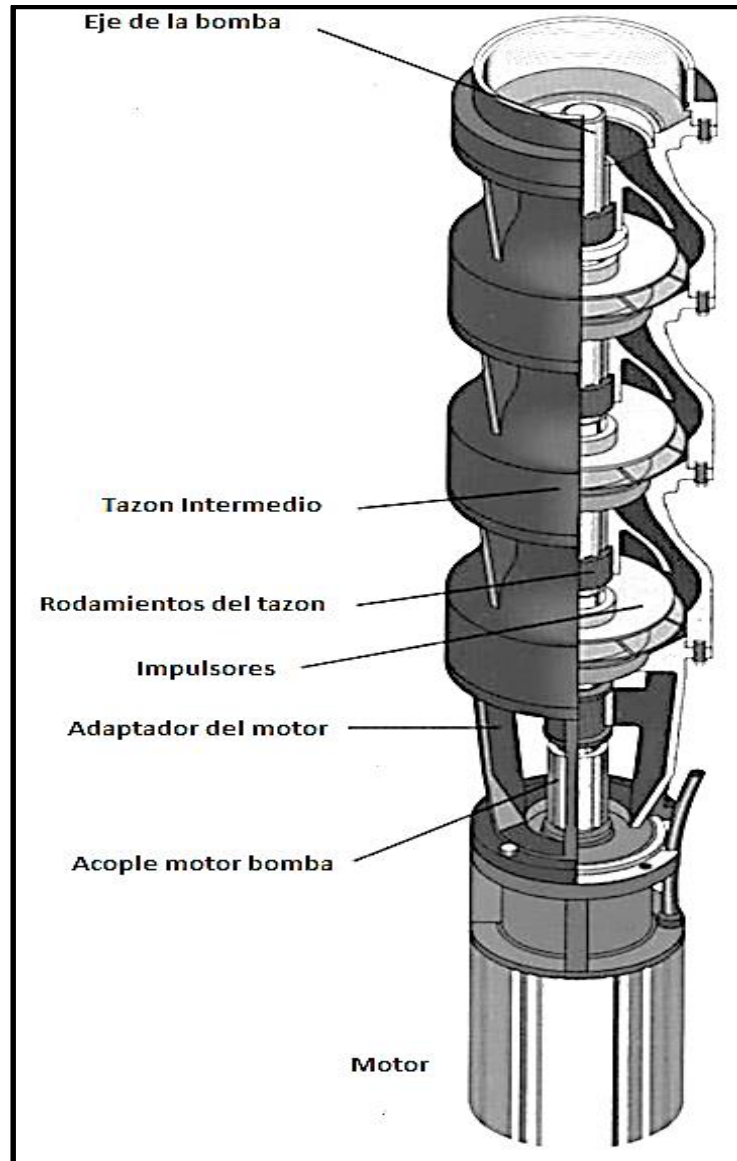


Figura 3. Partes principales de una bomba sumergible.
Fuente: Mijango (2014). Adaptado por Carvajal, J. (2021)

En la figura 4 se observa un corte transversal de una bomba sumergible, el agua ingresa por la rejilla de admisión (1) que se instala entre la bomba y el motor, esta rejilla es de acero inoxidable y está diseñada para permitir la entrada del agua que produzca la bomba. Tiene en su parte inferior un acople en acero inoxidable para unirlo al motor sumergible. El agua es dirigida hacia las etapas (2) y las atraviesa

hasta que finalmente se dirige hacia la salida (3). Cada etapa de la bomba crea una diferencia de presión y cuanto más presión se requiera, más etapas deberán incluirse. Cada etapa de la bomba incluye un impulsor, cuyos álabes transfieren energía al agua a través de un incremento de la velocidad y la presión. La cámara incluye un distribuidor (5), que dirige el agua a la siguiente fase. Asimismo, convierte la presión dinámica en presión estática. Y por último, en la salida (3), por encima del impulsor superior, la bomba se conecta mediante rosca a la tubería de conducción del agua. Generalmente, la salida de la bomba incluye una válvula de retención, que evita el refluo en la tubería ascendente cuando se detiene la bomba.

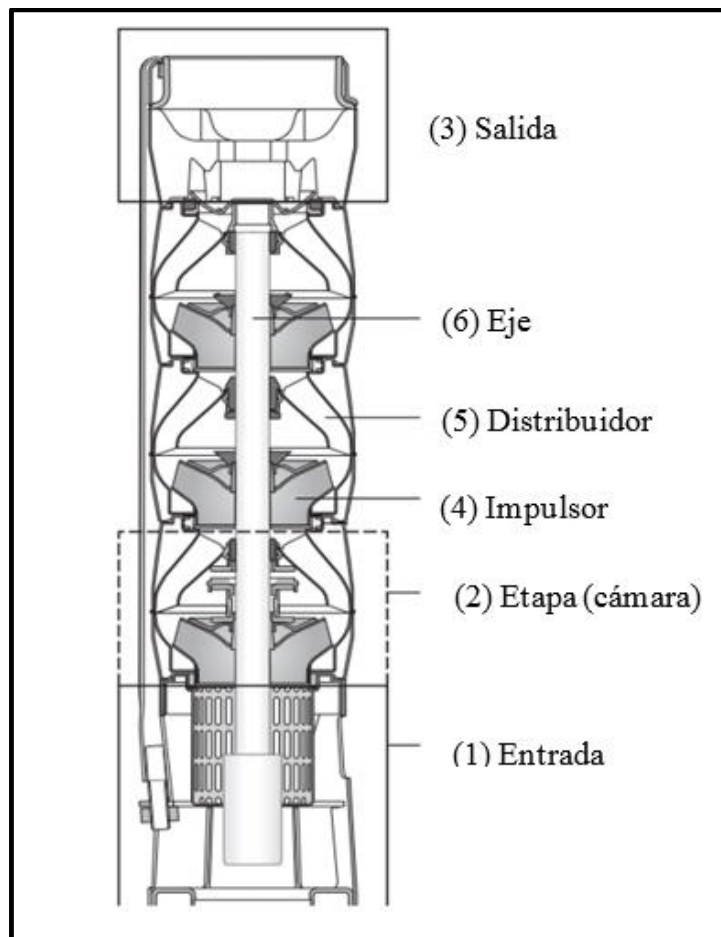


Figura 4. Corte transversal de una bomba sumergible.

Fuente: Grundfos (s.f.). Adaptado por Carvajal, J. (2021)

- **Motor sumergible**

Un motor sumergible está diseñado especialmente para trabajar sumergido en el agua. Construido en acero inoxidable y soportes en hierro, funciona a grandes rasgos como un motor eléctrico convencional salvo por algunos cambios que le permiten trabajar inmerso en un líquido. Contienen un estator y un rotor, que, acoplado a un eje, gira cuando se induce una corriente eléctrica. El calor que éste genera cuando está funcionando es disipado por lo que el propio líquido en el que está sumergido el motor, es decir, actúa como refrigerante. Cuando el motor sumergible está a una profundidad elevada, el líquido que lo rodea ejerce una gran presión sobre el cuerpo del propio motor. Esta presión puede ir variando a medida que el nivel de agua en el que está sumergido va descendiendo o aumentando.

Los motores sumergibles pueden funcionar en servicio continuo suministrando la potencia nominal, con tal de que estén alimentados con tensión y frecuencia nominal y una temperatura del agua externa al motor no superior a los 25° C, de conformidad con las Normas NEMA. La variación de la tensión de alimentación debe estar contenida dentro del 10% más o menos de la nominal. El factor de servicio es de 1 para los motores a 50 Hz y de 1,15 para los motores a 60 Hz. Estos motores pueden ser monofásicos o trifásicos. Los más utilizados son los trifásicos.

La potencia del motor sumergible va asociada a las capacidades hidráulicas de la bomba y varía desde 0.5 Hp hasta más de 300 Hp. También hay que tener en cuenta la tensión de trabajo, pudiendo encontrar modelos de motores de agua sumergibles de corriente continua en distintas tensiones y más frecuentemente en corriente alterna, de 230 y 400V ya sea en monofásica como en trifásica. La instalación eléctrica de un motor sumergible tiene características muy particulares, por lo tanto, los controles y protecciones eléctricas que necesita son importantes para su buen funcionamiento. Muchas veces estas características no son tenidas en cuenta al seleccionar e instalar el motor y sus elementos de protección, originando un elevado número de fallas eléctricas que normalmente no se deberían presentar.

- **Tablero de control**

Los tableros eléctricos de control son los encargados de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico desde un circuito básico en un hogar hasta el de una maquina industrial. En estos se puede concentrar los dispositivos de conexión, maniobra, protección, etc. que permitan que una instalación eléctrica funcione en óptimas condiciones.

Un tablero eléctrico está compuesto de dos partes:

- El gabinete, armario o caja, nombres todos que se utilizan para mencionar a la estructura.
- Los componentes: estos pueden ser los aparatos de maniobra (llaves, interruptores), los aparatos de protección (fusibles e interruptores automáticos) y los aparatos de medición (medidores de energía eléctrica, amperímetros, voltímetros, transformadores de intensidad)

En el caso de los pozos profundos es necesario instalar un elemento de control y mando para el arranque y apagado del motor, mediante un tablero de control. Entre los elementos de señalización que poseen los tableros se puede mencionar las lámparas, voltímetros, amperímetros, arrancadores, contactores, breakers, submonitor, entre otros.

- **Arrancador**

Es el elemento instalado entre un motor y la acometida eléctrica y cuya función es el arranque o parada del motor; adicionalmente, protege el motor contra sobrecargas internas o externas ajenas al equipo. Normalmente están compuestos por uno o más contactores y un relé térmico. Los arrancadores pueden ser directos, utilizados para motores monofásicos o trifásicos hasta de 9 HP con tensión de 110 a 440 voltios, o de estrella-triángulo, los cuales arrancan el motor inicialmente en una forma de conexión llamada estrella y posteriormente, ya en régimen, se conecta en triángulo, al inicio de la operación el motor produce el 100% de la intensidad nominal y posteriormente la reduce al 58% y se utiliza en motores de 12 HP o mayores.

- **Submonitor**

Es un dispositivo de protección programable para motores sumergibles trifásicos. Las características del submonitor le proporcionan las siguientes protecciones avanzadas para motores sumergibles:

- El submonitor opera en todo el rango de voltajes en motores trifásicos: 200 a 575 voltios, 50/60 Hz.
- Protege los motores y bombas de: sobrecargas de corriente, cargas bajas de corriente, alto voltaje, bajo voltaje, corrientes desbalanceadas, arranques falsos e inversión de fases.
- Monitorea y muestra los voltajes y corrientes de las tres fases y el estado de la bomba.
- Cuando ocurre una falla, muestra las condiciones y el tipo de la falla.
- Registra y muestra el historial.
- Registra el tiempo total de operación de la bomba.
- Cuenta con una unidad de pantalla separable que puede montarse en el frente de un panel para poder ver el estado de operación del motor.

- **Interruptor (Breaker)**

Un breaker es un término en inglés que significa interruptor, el cual opera automáticamente cerrando o interrumpiendo el flujo de corriente del circuito para proteger la instalación y personas de daños que pueden generar los cortocircuitos o sobrecargas.

- **Cable sumergible:**

Es un conductor de por lo menos 3 polos aislados en PVC que conecta al motor con el tablero eléctrico. Es el medio de alimentación eléctrica para el motor del equipo de bombeo, cuenta con un aislamiento a prueba de agua tanto en el forro de los cables como a la entrada del motor para evitar filtraciones de agua y provocar averías. Existen diferentes medidas para cubrir las necesidades requeridas para el funcionamiento del equipo de bombeo.

- **Transformadores**

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Debido a que los motores de los pozos requieren de características especiales de operación, se utilizan los transformadores para modificar la tensión de la corriente. Los transformadores pueden estar ubicados en postes o sobre soportes especiales en el piso.

- **Tuberías de descarga**

La tubería de descarga es simplemente un tubo de acero que se acopla al equipo de bombeo y es el conductor del agua hasta la superficie del terreno, generalmente es de un diámetro un poco menor o en ocasiones igual al diámetro del cuerpo de tazones.

- **Válvulas**

Las Válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías. El Comité Europeo de Normalización (CEN) en su Norma EN-736-2 define las válvulas como aquel componente de tuberías que permite actuar sobre el fluido por apertura, cierre u obstrucción parcial de la zona del paso o por derivación o mezcla del mismo. Las válvulas más comúnmente utilizadas en las líneas de descarga de los pozos profundos, se describen a continuación:

- **Válvula de purga:** estas válvulas se colocan en la parte baja de la conducción y sirven para limpiarla de posibles obstrucciones que puedan haberse acumulado (se usan solo si la conducción es larga) dependiendo de su tamaño, podrán ser de operación manual, acopladas a un motor o accionadas mediante un cilindro hidráulico.
- **Válvulas de retención o check:** sirven para impedir que el flujo en la tubería pueda ser en los dos sentidos. En general una válvula de este tipo siempre deberá instalarse en la tubería de descarga de la bomba para evitar que las ondas del golpe de ariete, al cerrar una válvula, puedan llegar hasta la bomba

misma. Otra válvula de este tipo deberá instalarse en la tubería de succión de la bomba para evitar pérdida de agua al parar la bomba y mantener y mantener el cebado de la misma.

- **Válvulas de compuerta** sirven para detener o reanudar completamente un fluido, abren y cierran el circuito mediante un disco que cierra gradualmente en vertical hasta amoldarse al asiento. Son bidireccionales y de paso integral por lo que ofrecen una mínima pérdida de carga.

- **Ventosas**

Son dispositivos mecánicos sencillos, imprescindibles en todo tipo de redes de distribución de agua, cuya misión es asegurar el correcto funcionamiento de las tuberías, regulando la cantidad de aire libre que existe en el interior de las mismas

4.1.2 Descripción del pozo profundo N° 87 y su equipo de bombeo

El pozo N° 87, también conocido como pozo Yuma, está ubicado en la Urbanización Yuma, al final de la avenida 149, detrás Complejo Educativo Monseñor Luis Eduardo Henríquez, con la ayuda del software Google Earth, se ubicó geográficamente en las coordenadas aproximadas de 10°13'22''N, 67°57'26'' O y 457 metros sobre el nivel del mar, en la figura 5 se puede observar esta localización.



Figura 5. Ubicación del pozo N° 87.
Fuente: Google maps. Adaptado por Carvajal, J. (2021)

En el anexo A se muestra el diseño del pozo y los datos del mismo emitidos por la empresa constructora Consmich C.A. En él se indica que el pozo cuenta con una profundidad total de 120 metros perforador desde la superficie, contando con un diámetro perforado de 22 pulgadas, y el del revestimiento o ademe es de 10 pulgadas, el diámetro de perforación es constante hasta el fondo. El revestimiento es de PVC, de los cuales, 60 m son lisos y 60 m ranurados, la distribución de las rejillas se muestra en el anexo A. El tipo de grava utilizada para el filtro de grava es la N° 1 y 2, ocupando un volumen de 39.35 m^3 . El nivel estático es de 10 m y el dinámico es de 13, el caudal es de 18 l/s. La caseta del pozo, conjuntamente con las instalaciones de abastecimiento de agua, está cercada con malla metálica, con su respectiva puerta de acceso y con la protección conveniente para que se mantenga cerrada. Ver figura 6.



Figura 6. Caseta del pozo N° 87 y las instalaciones de distribución de agua.
Fuente: Carvajal, J. (2021)

Cuenta con un sistema de subestación aérea que contiene tres transformadores (ver figura 6) para reducir el voltaje de la red a 440 V, seguido de un interruptor o breaker de 600 V y 125 A, de allí pasa a un arrancador de tensión reducida para motores eléctricos trifásico, que lo conecta con el tablero de control, el cual contiene un submonitor que se utiliza para la protección del motor, monitoreando la corriente, el voltaje y la temperatura del mismo, entre otros.

El equipo de bombeo está constituido por una bomba sumergible marca FABOVEN de 6 pulgadas de diámetro, acoplada a un motor SHAKTI trifásico,

también de 6 pulgadas, y una potencia de 40 Hp, conectado a un voltaje de 440 V y 60 ciclos. El motor incluye 10 metros de cable sumergible calibre 8, además la bomba cuenta con una válvula de retención (check) ubicada en la salida de la misma.

Para la línea de descarga se utilizan tubos de acero al carbono sin costura, de la clase ASTM A53 grado B acoplados directamente a la bomba. La misma está colocada aproximadamente a 100 m de profundidad, por lo tanto, se utilizan 16 tubos de 6.40 m de longitud y 4 pulgadas de diámetro, las uniones de los tubos se realizan mediante roscado. La descarga se realiza directamente a la red de distribución, que en caso de edificios llega hasta los tanques de almacenamiento de los mismos y en las casas llega directamente a los grifos. Cuenta con 5 válvulas, dos válvulas check o de retención, colocadas una a la salida de la bomba y otra en la superficie antes de las válvulas de descarga, también utiliza una válvula para la purga y dos válvulas de compuerta, una para la red de distribución y la otra para el aforo, además de una ventosa para la regulación del aire que pueda existir en el interior de la tubería.

4.2 Fase 2 Estudio de los fundamentos teóricos dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para pozo subterráneos y sistema de bombeo de agua potable.

En el capítulo II, se definió que un plan de mantenimiento, no es más que una serie de actividades o tareas que se deben realizar sobre un equipo, instalación o sistema con la finalidad de que estos no fallen. La pregunta que sigue es ¿Cómo elaborar un plan de Mantenimiento? ¿Que debe contener? ¿Cómo se debe realizar? Para contestar estas preguntas se recurrió a la investigación documental, revisando textos, videos, páginas WEB, revistas, también se utilizó la información obtenida a través de la entrevista a técnicos y usuarios del pozo.

Después de recopilada y revisada la información, se utilizó la estrategia recomendada por Renovetec (2021) para elaborar el plan de mantenimiento, por considerarla uno de los métodos más sencillo y que mejor se adapta a las instalaciones del pozo y su equipo de bombeo. Renovetec indica que un plan de mantenimiento no es más que un conjunto de tareas o actividades que son necesarias

llevar a cabo para que un equipo, instalación o sistema no fallen, es decir que se mantenga funcionando. Existen tres técnicas para elaborar un plan de mantenimiento, las cuales ya fueron mencionadas en el capítulo II. Estas técnicas son:

1) Plan de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante

2) Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta.

3) Plan de mantenimiento basado en un análisis de fallos que pretenden evitarse.

Junto a estas tres formas puras, existen infinitas formas combinadas de elaborar el plan, basándolo parcialmente en instrucciones de fabricantes, complementándolo en mayor o menor medida con protocolos genéricos y por último incorporando instrucciones derivadas de los análisis de fallos que puede sufrir la instalación. En industrias que no tienen ningún plan de mantenimiento implantado, puede ser conveniente hacer algo sencillo y ponerlo en marcha. Eso se puede hacer siguiendo las recomendaciones de los fabricantes o basándose en la experiencia propia o de otros.

En este caso, no se tiene ningún plan de mantenimiento, y tal como recomienda Renovetec, es conveniente iniciar con algo sencillo tal como elaborar un plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas e ir complementándolo con las instrucciones generadas por los fabricantes y la experiencia de los técnicos que trabajan con estas instalaciones.

4.2.1 Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas.

En gráfico 3 del capítulo II se presenta un esquema del plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas. La tarea básica en este plan es la elaboración de los protocolos de mantenimiento. Un protocolo de mantenimiento es un listado de tareas a realizar en un tipo concreto de equipo. En el protocolo de mantenimiento de un equipo tipo debe incluirse al menos la siguiente información para cada tarea incluida en el protocolo:

- Especialidad del trabajo.
- Frecuencia con la que debe realizarse.
- Duración estimada de la realización de la tarea.
- Necesidad de un permiso de trabajo especial.
- Si el equipo debe estar parado o en marcha para la realización de la tarea.

En el cuadro 4, se muestra el formato que se utilizó para elaborar el Protocolo de Mantenimiento

CUADRO 4
FORMATO PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO

Equipo	Tarea	Frecuencia	Especialidad	Duración	Per. Trab.	Equipo parado o en marcha

Fuente: Carvajal, J. (2021)

El primer trabajo para elaborar un protocolo de mantenimiento de un equipo tipo es determinar el conjunto de tareas o actividades a llevar a cabo en él. Los tipos de tareas que pueden llevarse a cabo en un equipo son las siguientes:

- Inspecciones sensoriales: son inspecciones que se realizan con los sentidos, sin necesidad de instrumentos de medida o medios técnicos adicionales.
- Lecturas y anotación de parámetros de funcionamiento, con instrumentos que están instalados en los equipos.
- Tareas de lubricación.
- Verificaciones mecánicas, como medición de holguras, de alineación, de espesor, de apriete de pernos, de instrumentos de medida, de funcionamiento de lazos de control, etc. Pueden requerir de una intervención para que determinados parámetros se ajusten a unos valores preestablecidos.

- Verificaciones eléctricas, como medición de intensidad de corriente, verificación de puestas a tierra, verificación del funcionamiento de paradas de emergencia, verificación de conexiones, etc.
- Análisis y mediciones de variables con instrumentos externos, como analizadores de vibraciones, termografías, análisis de aceites, etc.
- Limpiezas, que pueden ser sencillas o de cierta complejidad técnica.
- Configuración, en equipos programables o que admitan diferentes modos de funcionamiento.
- Verificación del correcto funcionamiento de equipos de medida
- Calibración de instrumentos de medida.
- Chequeo de lazos de control.
- Sustitución o reacondicionamiento condicional de piezas sujetas o propensas al desgaste.
- Sustitución o reacondicionamiento sistemático de piezas sujetas o propensas al desgaste.

A la hora de elaborar la lista completa de tareas que aplica en un equipo y que compondrá el protocolo de mantenimiento de ese tipo de equipo es conveniente comprobar cuáles de los tipos de tareas mencionadas son aplicables en ese equipo. De esta manera se asegura que la lista de tareas para cada equipo es completa y exhaustiva, sin olvidar nada importante.

- **Especialidad**

En la elaboración del plan de mantenimiento es conveniente diferenciar las tareas que realizan unos profesionales u otros, de forma que al generar las órdenes de trabajo correspondientes no se envíe al especialista eléctrico lo que debe realizar el especialista mecánico y viceversa.

Las especialidades más habituales de las tareas que componen un plan de mantenimiento son las siguientes:

- Operación. Las tareas de este tipo son llevadas a cabo por el personal que realiza la operación de la instalación, y normalmente se trata de inspecciones sensoriales que se realizan muy frecuentemente, lecturas de datos y en ocasiones trabajos de lubricación.
- Campo solar. Las tareas de este tipo son llevadas a cabo por especialistas en la realización de tareas en la zona de captación de radiación. Incluye normalmente tareas eléctricas, mecánicas y de instrumentación.
- Mecánica. Las tareas de este tipo requieren especialistas en montaje y desmontaje de equipos, en ajustes, alineaciones, comprensión de planos mecánicos, etc.
- Electricidad. Los trabajos de este tipo exigen que los profesionales que los llevan a cabo tengan una fuerte formación en electricidad, bien en baja, media o alta tensión.
- Instrumentación. Los trabajos de este tipo están relacionados con profesionales con formación en electrónica, y además, con una formación específica en verificación y calibración de instrumentos de medida.
- Predictivo. Esta especialidad incluye termografías, boroscopias, análisis de vibraciones, etc. Los profesionales que las llevan a cabo son generalmente técnicos especialmente entrenados en estas técnicas y en las herramientas que utilizan para desarrollarlas.
- Mantenimiento legal. En muchas ocasiones se requiere que para llevar a cabo determinadas tareas de carácter obligatorio recogidas en normativas en vigor sea necesario tener determinadas acreditaciones. Además, es muy habitual contratar con empresas externas, poseedoras de dichas acreditaciones, estos mantenimientos.
- Limpieza técnica. La fuerte especialización que requiere este trabajo, junto con las herramientas que se emplean hace que se trate de conocimientos muy específicos que además normalmente se contratan con empresas externas.

- Obra civil. No es habitual que el personal de plantilla realice este tipo de trabajos, por lo que para facilitar su programación, realización y control puede ser conveniente crear una categoría específica.

- **Frecuencia**

En cuanto a la frecuencia de una tarea, existen dos formas para fijarla:

- Siguiendo periodicidades fijas
- Determinándola a partir de las horas de funcionamiento

Cualquiera de las dos formas es perfectamente válida; incluso es posible que para unas tareas sea conveniente que se realice siguiendo periodicidades preestablecidas y que otras tareas, incluso referidas al mismo equipo, sean referidas a horas efectivas de funcionamiento. Ambas formas de determinación de la periodicidad con la que hay que realizar cada una de las tareas que componen un plan tienen ventajas e inconvenientes.

No es fácil fijar unos criterios para establecer las tareas de mantenimiento. Teóricamente, una tarea de mantenimiento debe realizarse para evitar un fallo, con lo cual habría que determinar estadísticamente el tiempo que transcurre de media hasta el momento del fallo si no se actúa de ninguna forma en el equipo. El problema es que normalmente no se dispone de datos estadísticos para hacer este estudio, ya que en muchos casos significaría llevar los equipos a rotura para analizar cuanto aguantan; en otros, realizar complejas simulaciones del comportamiento de materiales, que no siempre están al alcance del departamento de mantenimiento de una instalación. Así que es necesario buscar criterios globales con los que fijar estas periodicidades, buscando primar el coste, la fiabilidad y la disponibilidad en esta decisión, y no tanto el agotamiento de la vida útil de las piezas o los conjuntos.

- **Duración**

La estimación de la duración de las tareas es una información complementaria del plan de mantenimiento. Siempre se realiza de forma aproximada, y se asume que esta estimación lleva implícito un error por exceso o por defecto.

- **Permiso de trabajo**

Determinadas tareas requieren de un permiso especial para llevarlas a cabo. Así, las tareas de corte y soldadura, las que requieren la entrada en espacios confinados, las que suponen un riesgo eléctrico, otros, requieren normalmente de un permiso de trabajo especial. Resulta útil que en el plan de mantenimiento esté contenida esta información, de manera que estén diferenciados aquellos trabajos que requieren de un permiso, de aquellos que se realizan simplemente con una orden de trabajo.

- **Máquina parada o en marcha**

Para llevar a cabo una tarea determinada puede ser conveniente que el equipo, el sistema al que pertenece o incluso toda la planta estén paradas o en marcha. Resulta útil que este extremo esté indicado en el plan de mantenimiento, ya que facilita su programación.

4.3 Fase 3. Identificación las variables internas y externas que afectan el rendimiento y la continuidad operativa del pozo subterráneo y del sistema de bombeo de agua potable.

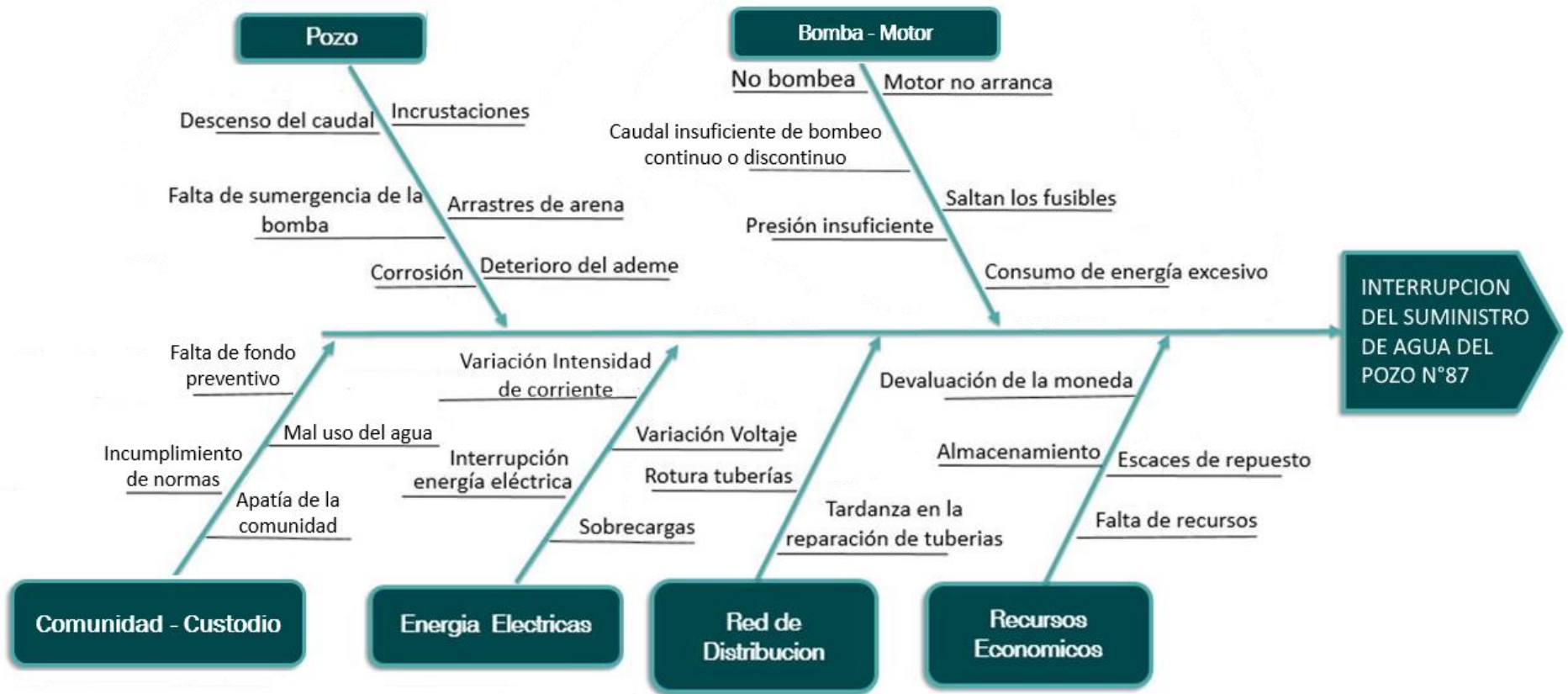
De acuerdo a la información obtenida en las entrevistas realizadas, tanto a los especialistas en el área como a los usuarios del pozo se pudo detectar que Los factores internos que pueden afectar las instalaciones de un pozo profundo y que provoquen fallas en el suministro de agua, pueden clasificarse en dos grupos: los problemas propios de la instalación de bombeo y los problemas propios del pozo. Algunos de los problemas propios de la instalación de bombeo pueden ser, entre otros, un descenso en el nivel de aislamiento de los cables de alimentación, la derivación de alguno de los bobinados del motor, el bloqueo de alguno de los rodamientos de la bomba sumergible, el desgaste de los rodets de la bomba o desajuste de los mismos, entre otros. Por otro lado, entre los problemas propios del pozo se puede destacar el descenso del caudal disponible, el deterioro de la entubación del pozo o la obstrucción de las ranuras de la entubación, los arrastres de

arena, la falta de sumergencia de la bomba por descenso del nivel dinámico del pozo, entre otros.

En cuanto a los factores externos que afectan el funcionamiento del pozo, los usuarios mencionaron que las interrupciones en el suministro de energía eléctrica, la rotura de tubos de la red de distribución, la demora en la reparación de esos tubos, la escasez de recursos y de repuesto para cualquier reparación, tienen una influencia muy grande en la operatividad del pozo, estos factores, aparte de los que de por sí causan los factores internos, provocan interrupción en el suministro de agua. Otra variable que podría tener influencia en la operatividad del pozo, es la actitud de los usuarios con respecto a la colaboración que deben prestar para la conservación y mantenimiento del pozo y sus instalaciones.

En grafico 4 se muestra un diagrama de causa-efecto, en donde se visualizan gráficamente estos factores En la parte superior se señalan las variables internas que pueden afectar al equipo de bombeo, cualquiera de ellas va a disminuir el rendimiento del pozo y eventualmente ocasionara su paralización como se puede ver, las causas que puedan ocasionar averías en el pozo y su equipo de bombeo son múltiples.

Factores Internos



Factores Externos

Gráfico 4. Diagrama Causa – Efecto Pozo N° 87.
Fuente: Carvajal, J. (2021)

El pozo es un sistema más sencillo, uno de los principales problemas que se presentan son las incrustaciones, estas pueden ser químicas, mecánicas, bacteriológicas, que fácilmente se remedian con una limpieza periódica, con los respectivos químicos de acuerdo al tipo de incrustación. Cabe destacar que estas incrustaciones también pueden ocurrir en el filtro de la bomba, no permitiendo la entrada de agua a la misma, esto implica sobrecalentamiento y la consecuente avería. El arrastre de arena, afecta principalmente a la bomba, causando atascamiento. Otro factor importante es la corrosión, si las rejillas son metálicas ocasiona aumento del tamaño de las ranuras del filtro y en consecuencia entrada de sedimentos y gravas, rotura de la tubería, falla estructural y derrumbe parcial o total, disminución del caudal cuando arrastre muchos sedimentos.

Entre los factores externos que se mencionan se encuentra las interrupciones frecuentes de energía eléctrica, esto trae implícito variaciones tanto en el voltaje como en la intensidad de la corriente eléctrica, la mayoría de los motores están hechos para manejar +/- 10% del voltaje nominal. En algunos casos, como con el uso de un variador de frecuencia (VFD), se acepta una variación de voltaje de hasta 15%. Sin embargo, si la tensión está fuera del rango recomendado del producto, se corre el riesgo de un calentamiento excesivo de los devanados del motor, lo que puede provocar fallas y reducir en gran medida la vida útil del motor.

El alto voltaje también a menudo conduce a una mayor velocidad del motor, lo que provocará una mayor carga de la bomba y situaciones de sobrecorriente, mientras que las condiciones de bajo voltaje pueden provocar una situación de no arranque. Otro factor bastante frecuente es la rotura de las tuberías de distribución de agua, en distintas zonas cercanas al pozo y alimentadas por el mismo, es evidente que estas roturas disminuyen el rendimiento del pozo y en algunos casos es necesario apagar el pozo para evitar mayores pérdidas de agua. El arreglo de las tuberías, que en apariencia es sencillo se demora bastante, por falta de recursos tanto financieros y por la escasez de repuesto.

En este mismo orden de ideas, el factor económico, es uno de los más influyentes en el rendimiento del pozo, no se tiene un stock de almacenamiento, cada vez que se deteriora un equipo, accesorio o componente hay que salir a comprarlo, con la escasez de repuesto y con la devaluación de la moneda es difícil dar una repuesta inmediata para solventar el problema. En el pasado, el suministro de agua se ha interrumpido durante largo tiempo por la falta de recursos económicos. No se puede dejar de mencionar el factor político, que en algunos momentos puede ser favorable, dependiendo de la situación particular que atravesase el país en el momento de la ocurrencia de alguna falla que ocasiona la parada del pozo profundo de agua.

4.4 Fase 4. Elaboración de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el pozo profundo y su sistema de bombeo de agua potable, que asegure continuidad operativa.

En esta fase se elabora el Plan de Mantenimiento del Pozo N° 87 y su sistema de bombeo el cual suministra agua potable a las comunidades de Yuma 1 y 2, Residencias los Andes 1 y 2, Las Gaviotas, Residencias San Nicolás del municipio San Diego del Estado Carabobo. El mismo fue realizado siguiendo las pautas ya mencionadas y recomendadas por Renovetec, es decir, plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas. Este método recomienda elaborar el protocolo de mantenimiento, que no es otra cosa que desarrollar una lista de tarea que se debe realizar por cada equipo, así como la frecuencia y la duración del mantenimiento entre otras cosas.


Este plan de mantenimiento se elaboró tomando como base el análisis realizado en las fases anteriores, es decir, la descripción de las instalaciones y con ello se determinó las necesidades de mantenimiento que requieren los componentes. En la fase II se trataron los conceptos acerca de cómo elaborar un plan de mantenimiento, se seleccionó, como se dijo anteriormente, el método recomendado por Renovetec que es el de plan de mantenimiento con instrucciones genéricas y en cuanto a la tercera fase, que indica las variables que afectan el rendimiento del pozo, se clasificaron en variable internas y externas. Las variables internas son aquellas que

dependen directamente del pozo y sus instalaciones, se puede decir que son variables que se pueden detectar, vigilar, registrar y corregir en caso de necesidad, mientras que las variables externas no dependen del pozo ni de los encargados del mismo, el control de estas variables dependen de un tercero y por supuesto no se pueden controlar, un ejemplo de ello son las constantes variaciones de voltaje e interrupciones del suministro de energía eléctrica, y aunque el sistema de bombeo cuenta con una buena protección ante los factores ya mencionados, no deja de causar afectaciones a la electrobomba sumergible.

Los pozos profundos, por su configuración, es decir, bomba y motor ubicados a gran profundidad, donde no se puede monitorear para inspeccionar el funcionamiento, no requieren de un mantenimiento continuo el mismo se debe programar, ya sea en función del tiempo o monitoreando las características del agua. Tomando en cuenta esas características se elaborará el plan de mantenimiento. El mismo estará conformado de la siguiente manera:


1. Objetivo
2. Fundamentos Teóricos Básicos
3. Bases legales
4. Inventario de Equipos
5. Protocolo de mantenimiento
6. Plan de Mantenimiento Preventivo
7. Cronograma de actividades del plan de mantenimiento preventivo
8. Procedimientos para el mantenimiento preventivo del pozo N° 87 y su equipo de bombeo
9. Formatos
10. Anexos

A continuación se presenta el Plan de Mantenimiento Preventivo para el pozo N° 87 y su sistema de bombeo

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 1 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01


**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE
BOMBEO, UBICADO EN EL SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN
DIEGO.**

Elaborado: Carvajal Jorberth	Revisado:	Aprobado:
Fecha: Enero de 2022	Fecha:	Fecha:

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 2 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

CONTENIDO

	PP
1. Objetivo.....	3
2. Fundamentos teóricos básicos.....	3
3. Bases Legales.....	5
4. Inventario de Equipos.....	6
5. Protocolo de Mantenimiento.....	8
6. Plan de Mantenimiento Preventivo para el pozo su sistema de bombeo.....	10
7. Cronograma de actividades del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	12
8. Procedimientos para el Mantenimiento Preventivo del pozo N° 87 y su equipo de bombeo.....	14
9. Formatos para el registro de las actividades de mantenimiento.....	25
10. Anexos.....	30

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 3 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

1. Objetivo

Establecer las tareas o actividades necesarias para efectuar el mantenimiento del pozo N° 87 y su equipo de bombeo con la finalidad de garantizar el suministro continuo de agua potable.

2. Fundamentos Teóricos Básicos

2.1 Mantenimiento

Es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado. Hidráulica Tamanaco S.A. (s.f)


2.1.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo de cualquier sistema de bombeo de agua es un mantenimiento, que se realiza con la finalidad de prevenir fallas. Entre las principales actividades que se efectúan como parte de este tipo de mantenimiento se cuentan:

- Inspección de los equipos y todos los componentes que hacen funcionar el sistema.
- Limpieza.
- Sustitución de componentes.
- Lubricación

2.1.2 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo de un sistema de bombeo de agua está fundamentado en el monitoreo, registro y análisis del comportamiento de las principales variables de operación del equipo y de las instalaciones, para comprobar que el funcionamiento sea el correcto, y en caso de que se manifieste una desviación de las condiciones de operación estándar, se programen las actividades correctivas correspondientes al equipo o componente

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 4 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

Entre las principales actividades que se efectúan como parte de este tipo de mantenimiento se cuentan:

- Análisis de vibraciones
- Ultrasonidos
- Análisis de lubricante
- Aislamiento
- Variables eléctricas
- Termografía.


2.1.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el que se realiza para corregir fallas en el equipo. Este puede ser:

- Planificado, cuando se sabe con anticipación qué es lo que se debe reparar, y por lo tanto se poseen todos los elementos a la mano al momento de efectuarlo.
- No planificado, es el que se ejecuta cuando se presenta una falla generalmente de origen exógeno. Por ejemplo, la descarga eléctrica de un rayo que inhabilita un equipo esencial.

2.2 Protocolo de mantenimiento

Conjunto de tareas o actividades de mantenimiento que debe realizarse en equipos o componente de las instalaciones indicando la frecuencia, la especialidad, la duración estimada del trabajo, la necesidad de un permiso de trabajo especial y si el equipo debe estar parado o en marcha. Cabe destacar que el protocolo de mantenimiento contempla tanto actividades e mantenimiento preventivo como de mantenimiento predictivo.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 5 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01


3. Bases Legales

Las leyes, y decretos más relevantes de la República Bolivariana de Venezuela que rigen las directrices para la operación y mantenimiento de los pozos profundos, así como también la calidad del agua, se mencionan a continuación

El Reglamento de Ley de Agua (2018). Artículos 13 (parámetros de vulnerabilidad), artículo 14 (estimaciones de riesgo de contaminación) y artículo 16 (limpieza y mantenimiento del pozo)

Normas para la ubicación, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable (1997). Artículo 13, 15, 16, 55, 56, 57, 58, 59, 60,

Normas sanitarias de calidad de agua potable (1998). Establece los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido, así como la regulación que asegure su cumplimiento.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 6 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

4. Inventario de Equipos

CUADRO 5 EQUIPO DE BOMBEO


Bomba	
Marca	FABOVEN
Modelo	04006M08
N° etapas	8
Diámetro	6 pulgadas
Longitud	2,620 m
Motor	
Marca	SHAKTI
Modelo	5006H06
Potencia	40 HP
Voltaje	230 – 460 V
Fases	3

FUENTE: Carvajal, J. (2021)

CUADRO 6 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL POZO N° 87

POZO N° 87	
Profundidad total	120 metros
Diámetro interno	10 pulgadas
Material de la camisa	PVC (policloruro de vinilo)
Nivel estático	10 m
Nivel dinámico	13 m
Caudal	23 l/s
Profundidad instalación bomba	100 m
Ubicación de las rejillas.	A partir de 32.50 m, 5 rejillas de 12 m c/u
Perfil original del pozo	Si. Fecha: 18/10/2011
Estudios eléctricos	Si. Fecha: 18/10/2011
Perfil litológico	Si. Fecha: 18/10/2011
Estudio físico químico del agua	Si. Fecha: 18/10/2011
Ensayo bacteriológico del agua	Si. Fecha: 18/10/2011

FUENTE: Carvajal, J. (2021)

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 7 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

**CUADRO 7
ACCESORIOS DEL POZO N° 87**

Tablero Eléctrico	
Cable sumergible, 120 m, calibre 8.	120 m, calibre 8.
Submonitor marca Genius	1
Contactador	1
Arrancador	1
Interruptor (Breakers)	1
Relé de sobretensión	1
Relé térmico	1
Relé de voltaje	1
Transformadores.	3
Instalaciones Hidráulicas	
Válvulas de compuerta	2
Válvulas de retención	2
Válvula de purga	1
Ventosa	1
Tubos de acero ASTM A53	16 tubos de 6.40 m de longitud y 4 pulgadas de diámetro

FUENTE: Carvajal, J. (2021)

5. Protocolo de mantenimiento

CUADRO 8
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO DEL POZO SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO

Equipo	Actividades	Frecuencia	Área	Duración	Condición de operación
Motor	Medición de aislamiento	Mensual	Eléctrica	5 minutos	O
	Medición de consumo	Semanal		5 minutos	O
	Análisis Termográfico	Anual		5 minutos	O
	Verificación de componentes mecánicos	*Anual/relativa	Mecánica	2 semanas	P
Tablero Eléctrico	Medición y análisis de parámetros eléctricos	Semanal	Eléctrico	5 minutos	O
	Verificación de parámetros ajustables	Semanal		5 minutos	O
	Pruebas de resistencia a la red trifásica	Anual		5 minutos	O
	Pruebas de continuidad a la red trifásica	Anual		5 minutos	O
	Análisis Termográfico	Anual		5 minutos	O
	Limpieza del tablero con solvente dieléctrico	Anual		4 horas	P
	Reajuste de tornillería a terminales y conectores	Anual		4 horas	P
Bomba	Medición de caudal	Mensual	Mecánica	5 minutos	O
	Medición de presión y carga dinámica	Mensual		5 minutos	O
	Medición y análisis de vibraciones	Anual		5 minutos	O
	Verificación de componente mecánicos	Anual/relativa		2 semanas	P

Continuación CUADRO 8

Equipo	Actividades	Frecuencia	Área	Duración	Condición de operación
Pozo	Inspección visual del pozo	Anual/relativa	Hidráulica	2 semanas	P
	Medición de niveles				P
	Limpieza/extracción de sedimentos				P
	Desinfección/saneamiento				P
	Pruebas/ensayo de calidad de agua				O
	Limpieza de la caseta	Mensual	Obra civil	3 horas	O
Cable sumergible	Inspección visual	Anual/relativa	Eléctrica	5 minutos	P
	Medición de aislamiento			5 minutos	O
Válvulas	Inspección visual	Semanal	Mecánica	1 hora	O
	Verificación de componentes mecánicos	Anual		2 semanas	P
Tubería de descarga	Inspección de tuberías de descarga	Anual	Mecánica	2 semanas	P

Fuente: Carvajal, J. (2021)

P: parado O: operativo

Nota: Anual/relativa: La limpieza del pozo debe realizarse anualmente, sin embargo, si el pozo produce arrastre de arenas y finos en suspensión por más de diez minutos después de iniciado el bombeo, si el pozo comienza a presentar señales de intermitencia en el flujo por descenso excesivo del nivel de bombeo, la bomba presente problemas de desgaste, o la capacidad se ha reducido en más de un 20%, se debe programar un mantenimiento preventivo (Sena 1999). Entonces se aprovecha la reparación de la bomba o el motor para limpiar el pozo y viceversa

6. Plan de Mantenimiento preventivo del pozo y su sistema de bombeo

CUADRO 9

PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL POZO SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO

Equipo	Actividad	Frecuencia	Condición de operación	Recursos		
				Mano de obra	Materiales/Repuestos	Equipos/Herramientas
Pozo	Inspección visual	Anual /relativa	P	Hidráulico	Ácidos, polifosfato, cloro, agua Hipoclorito de sodio o calcio	Video grabadora sumergible
	Limpieza Mecánica		P			Compresor, Inyector de aire, pistón
	Limpieza química		P			Tubería de PVC plástica de diámetro de 3/4" a 1"
	Desinfección		P			Tubería de PVC plástica de diámetro de 3/4" a 1"
	Limpieza caseta	mensual	O	Obra civil	Agua, jabón,	Escoba, rastrillo, machete, desmalezadora
Bomba	Inspección visual	Anual /relativa	P	Mecánico	Limpiador dieléctrico, bujes, chumaceras, guardacables, tazones, impulsores, ejes.	Extractor, martillo, juego de llaves combinadas,
	Limpieza					Herramientas menores
	Sustitución de componente de la bomba					

Continuación CUADRO 9

Equipo	Actividad	Frecuencia	Condición de operación	Recursos		
				Mano de obra	Materiales/Repuestos	Equipos/Herramientas
Motor	Evaluar los componentes eléctricos y mecánicos	Anual /relativa	P	Mecánico	Refrigerante, sellos mecánicos, cables.	Extractor, martillo, juego de llaves combinadas, Herramientas menores
	Sustituir el líquido refrigerante					
	Reemplazar el sello mecánico, cable de alimentación, conjunto de empuje axial					
Tablero eléctrico	Inspección visual	Mensual	O	Eléctrico	Limpiador dieléctrico, teipe aislante, trapo para limpieza.	Herramientas menores
	Limpieza gabinete y componentes eléctricos	Anual	P			
	Ajuste de tornillería a terminales					
	Lubricar accionamientos mecánicos					
Válvulas	Inspección visual	Mensual	O	Mecánico	Limpiador anticorrosivo, empacaduras, lubricantes.	Herramientas menores
	Limpieza	Anual	P			
	Reemplazo de piezas					
	Cambio de empacaduras					
	Lubricación rodamientos del vástago					

Fuente: Carvajal 2021

Herramientas Menores: Juegos de llaves, martillos, alicates, atornilladores, destornilladores, brochas.

P: parado

O: operativo

7. Cronograma del Plan de Mantenimiento Preventivo

CUADRO 10


PROPUESTA DEL CRONOGRAMA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO

Equipo	Actividad	Año 1											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Pozo	Inspección visual												
	Limpieza Mecánica												
	Limpieza química												
	Desinfección del agua												
	Limpieza caseta												
Bomba	Inspección visual												
	Limpieza												
	Sustitución de componente de la bomba												
Motor	Evaluar los componentes eléctricos y mecánicos												
	Sustituir el líquido refrigerante												
	Reemplazar el sello mecánico, cable de alimentación, conjunto de empuje axial												

Continuación CUADRO 10.

Equipo	Actividad	Año 1											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Tablero eléctrico	Inspección visual												
	Limpieza gabinete y componentes eléctricos												
	Ajuste de tornillería a terminales												
	Lubricar accionamientos mecánicos												
Válvulas	Inspección visual (semanal)												
	Limpieza												
	Reemplazo de piezas												
	Cambio de empaaduras												
	Lubricación rodamientos del vástago												

Fuente: Carvajal (2021)

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 14 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

8. Procedimientos para el mantenimiento preventivo del pozo N° 87 y su equipo de bombeo

8.1 Inspección visual

1. Desinstalar la bomba: labor a ser realizada por técnicos con experiencia y el equipo necesario para evitar accidentes.

2. Revisar la bomba: observar que tipo de minerales o incrustaciones están adheridos a la superficie del cuerpo de tazones y a la tubería o columna de conducción. Anotar el número de tubos de conducción, revisar su estado de desgaste, las roscas de los tubos y uniones. Lo mismo de los ejes todas las observaciones deben ser anotadas en la hoja de reporte de mantenimiento de bomba.

3. Tomar el vídeo del pozo: en él se podrá observar el estado estructural del pozo, del revestimiento y las incrustaciones que tengan los filtros, cuales están más incrustados y que tipo de incrustaciones tienen. El vídeo es una herramienta muy importante para programar el tratamiento químico y mecánico del pozo y detectar cualquier desgaste por corrosión que pueda tener la tubería de revestimiento del pozo.


4. Limpieza del pozo

a) Limpieza mecánica:

Pistoneo del pozo: consiste en pistonear el pozo con inyección simultánea de aire con compresor en frente de cada filtro para extraer la mayor cantidad de finos o arena antes de aplicar los químicos.

b) Limpieza Química


Aplicación de químicos: cuando un pozo presenta diferentes tipos de incrustaciones lo mejor es aplicar estos químicos en el siguiente orden: - Ácido - Polifosfato - Cloro, tal como se indica en anexo 1. La aplicación se debe realizar de la forma indicada anteriormente respetando los tiempos de contacto para que ejerzan su acción efectivamente. Cada aplicación tiene que ser en frente de los filtros y agitada

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 15 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

vigorosamente con el pistón para que penetre bien en los acuíferos. Después de aplicar cada uno de ellos y dejar transcurrir el tiempo de contacto necesario, se debe nuevamente pistonear cada filtro para extraer los químicos y las incrustaciones disueltas.

La aplicación de estos químicos se realiza de la siguiente manera:

- Instalar tubería de PVC plástica de diámetro de 3/4" a 1" hasta la profundidad donde está ubicado el filtro que se quiere limpiar. Ver anexo 2
- Los químicos granulares deben ser previamente disueltos en agua. Unos 20 galones de agua para cada 10 Kg de polifosfato o 5 Kg de hipoclorito.
- Verter el ácido, polifosfato o hipoclorito por medio de la tubería plástica a través de un embudo al cual se conecta una manguera que hace las veces de sifón con el recipiente que contiene el ácido o donde se preparen previamente los químicos a utilizar.
- El químico baja por gravedad, como tiene mayor densidad que el agua desciende sin problemas, aunque es recomendable inyectarle agua o aire para forzarlo a que penetre bien en los acuíferos.
- Luego se agita vigorosamente con el pistón para que su efecto sea completo en los filtros, el filtro de grava y en los acuíferos.
- Dejar en reposo durante el tiempo necesario (tiempo de contacto) para que el desincrustante ejerza su acción.
- Finalmente se bombear con compresor o bomba los químicos utilizados y las incrustaciones disueltas hasta que el agua salga completamente limpia, sin sabor y sin olor.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 16 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01


Recomendaciones cuando se usan ácidos:

- La velocidad a la que el ácido retira la incrustación está relacionada con su pH. Entre más bajo sea el pH, más rápido funcionará el ácido.
- Siempre utilizar anteojos, protectores y guantes impermeables.
- Verter el ácido lentamente en el agua. Nunca vierta el agua en el ácido.
- Trabajar con ácido, solo en espacios bien ventilados.
- Bombear todo el ácido aplicado después de que ejerza su acción

5. Revisión del filtro de grava: si un pozo presenta fuertes incrustaciones, la aplicación de los químicos debe disolverlas alrededor del pozo, haciendo que el filtro de grava se mueva y descienda en la medida que se extraigan los sedimentos o incrustaciones. Si la grava no se mueve, es señal de que la incrustación es demasiado fuerte, luego lo más probable es que el tratamiento no sea muy efectivo. Es importante hacer mover el filtro de grava, es una señal definitiva del éxito del mantenimiento.

6. Nivelación de la grava: la grava se debe completar con otra similar a la que tiene el pozo. La grava debe conservarse limpia y estar disponible todo el tiempo durante la operación y el mantenimiento del pozo. También se puede aplicar químicos por el oído del filtro de grava cuando la incrustación es muy fuerte para obligarla a bajar.

7. Chequeo final del pozo: se debe chequear todos los filtros, uno por uno, con el pistón y el compresor para verificar que el agua está saliendo limpia de cada uno de ellos sin finos o arena en suspensión y de que filtro de grava se haya estabilizado nuevamente.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 17 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

8. Toma de video de comprobación: para verificar la efectividad de los tratamientos realizados, observando el estado en que quedaron la tubería y los filtros.


9. Instalación de la bomba: durante la instalación del equipo de bombeo se debe verificar que la bomba baje libremente y bien nivelada, que los tubos de conducción y ejes queden bien alineados y apretados. La bomba nunca debe quedar recostada sobre la tubería del pozo, debe quedar totalmente vertical y libre para garantizar su alineamiento y buen funcionamiento.

8.2 Desinfección del pozo

La desinfección es una labor obligatoria que se debe realizar a todos los pozos de abastecimiento público para eliminar las bacterias coliformes que pueden estar presentes, especialmente las fecales, que afectan la salud humana. La desinfección se debe hacer como fase final al construir un pozo nuevo y en cada mantenimiento que se programe a los que estén en operación y en lo posible cada que se extrae la bomba para su reparación.

Los pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable, deberán someterse a desinfección en los casos siguientes:

- a) Una vez terminada la construcción del pozo y después de instalados los equipos y las instalaciones adicionales requeridas, antes de usar las aguas provenientes del mismo.
- b) Cuando se hayan afectado reparaciones, modificaciones o cambios en la perforación, en el equipo o en las instalaciones correspondientes
- c) Cuando los resultados de los exámenes bacteriológicos practicados a las muestras de agua captadas del pozo, indiquen contaminación por organismos coliformes

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 18 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

La desinfección se realiza utilizando una solución de cloro como agente desinfectante puesto que es el más fácil de manejar y efectivo para esterilizar un pozo, una bomba, un tanque o una tubería.

Forma de aplicación:

Mezclar agua con el hipoclorito hasta que quede bien disuelto. Se aplica a través de tubería plástica de PVC de una pulgada de diámetro en frente de cada filtro y a lo largo de toda la profundidad del pozo. La solución de cloro debe tener alrededor de 100 mg/l de cloro disponible, para garantizar su efectividad. Luego de aplicado se debe agitar vigorosamente dentro del pozo con un pistón o con aire con un compresor. El tiempo de contacto en el pozo debe ser entre 6 y 8 horas.


Luego se debe bombear el pozo durante un tiempo mínimo de 2 horas o el que se necesite hasta que el agua salga sin residuos, ni olor a cloro.

Se deben tomar muestras de agua para su análisis bacteriológico, antes y después de la desinfección, para verificar su efectividad. Todos los elementos que componen la bomba, la tubería de conducción, accesorios y tanque de almacenamiento también deben ser desinfectados en forma simultánea con el pozo. En cuanto a las dosis, se recomienda de acuerdo a la longitud y el diámetro de los filtros, es decir, a su volumen de almacenamiento. Ver Tabla 4.

**CUADRO 11
DOSIS DE QUÍMICO PARA DESINFECCIÓN**

Profundidad del pozo	Dosis (kg de hipoclorito de sodio o calcio)
100	10
200	15
400	15

Fuente: Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos para Acueducto (1999)


	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 19 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

8.3 Pruebas/ensayo de calidad de agua

Para determinar la calidad del agua de un pozo profundo se deben realizar análisis físicos, químicos y bacteriológicos de muestras de agua que previamente deben ser colectadas por el operador o un tecnólogo químico.


a) Técnicas de muestreo de agua de pozos: cuando se extraen las aguas subterráneas de un acuífero están sujetas a modificación físico química como resultado de los cambios de presión cuando se bombea, de temperatura, exposición a la luz solar y contacto con la atmósfera. Otro factor a tener en cuenta es asegurarse de que la muestra recogida provenga directamente del acuífero y no del agua estancada dentro del pozo. Para obtener una muestra confiable se deben seguir los siguientes pasos:

- **Purgar el pozo:** consiste en bombear el pozo por un tiempo mínimo de 10 a 20 minutos para eliminar el agua estancada y extraer el agua del acuífero.
- **Recolección de la muestra:** la muestra se debe recoger tan cerca como sea posible de la descarga de la bomba. Si se colecta desde una llave de agua existente, se debe utilizar una manguera para evitar que esta no contamine la muestra. La muestra se debe recoger en recipientes nuevos o limpios previamente enjuagados con el agua del pozo. Se hacen las determinaciones de los siguientes parámetros en el sitio hasta que sus medidas se estabilicen y luego recoger la muestra definitiva: Conductividad Eléctrica (CE), Temperatura (T), PH Y Oxígeno disuelto (OO). Los tipos de recipientes más utilizados son los de plástico, teflón o vidrio con tapa hermética. Los recipientes se deben llenar hasta el borde, evitando la aireación por salpicaduras.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 20 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

- **Filtración de las muestras:** se recomienda en la mayoría de los casos a excepción de las determinaciones microbiológicas y de orgánicos. Esta filtración se debe hacer porque a menudo las aguas subterráneas tienen sólidos suspendidos, que si no se eliminan, pueden influir en los resultados analíticos. Esta filtración se puede hacer utilizando un filtro de acetato celulosa de 0,45 micrómetros de tamaño de poro.
- **Preservación de la muestra:** la preservación de la muestra es recomendable puesto que los determinantes o iones pueden cambiar de concentración en el tiempo de la recolección y el análisis de laboratorio. Esta preservación se puede hacer añadiendo ácido a PH < 2 para prevenir la precipitación metálica y/o almacenar la muestra a 4° C en una nevera portátil para retrasar cualquier reacción bioquímica.
- **Transporte.** El transporte al laboratorio y el almacenamiento posterior de la muestra antes del análisis debe ser a 4°C.
- **Identificación de la muestra.** La muestra debe ser identificada mediante una etiqueta en la cual se debe especificar claramente:
 - Fecha y hora de recolección
 - Identificación del pozo
 - Localización del pozo
 - Nombre del operador o del que toma la muestra
 - Lugar donde se toma la muestra (tubo de descarga, llave)
 - Tipo de análisis a realizar (bacteriológico, físico-químico).

Para la toma de muestras para análisis bacteriológico las condiciones deben ser estériles así:

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 21 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01


- Quemar previamente con un mechero la boca del tubo de descarga o la llave donde se recoge la muestra.
- Utilizar recipientes de vidrio esterilizado, preferiblemente oscuro. Evitar plásticos o cerámicas.
- No se debe filtrar la muestra.
- Almacenar a 4°C.
- Preferible análisis en el sitio.
- Se debe registrar en la hoja de reporte de control de calidad del agua la fecha y hora de cada muestreo, así como las determinaciones hechas en el sitio.

Cuando un pozo esté en operación y tenga sistemas comunes de tratamiento para potabilización se deben determinar periódicamente los siguientes parámetros:

- Físicos: pH, temperatura, color, conductividad.
- Químicos: alcalinidad, dureza total, índice de Langelier, cloro residual total, cloro residual libre, hierro, manganeso, sólidos disueltos totales, cloruros, nitratos, amonio.
- Bacteriológicos: bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales.

El índice de Langelier. Debe ser determinado en todos los sistemas de tratamiento, permite estimar si el agua es corrosiva o incrustante y por lo tanto, determinar las dosificaciones de cal u otras sustancias necesarias para producir un agua estable. El índice de Langelier es adimensional y se recomienda que se aproxime a 0,3. Si el agua es estable el pH no cambia. Si es corrosiva el pH baja y si es incrustante el pH sube. Se recomienda que el agua sea ligeramente incrustante.

En el anexo 3 se muestran las tablas extraídas de las Normas Sanitarias de Calidad el Agua del Potable establecidas en la República de Venezuela y publicada en la Gaceta Oficial N ° 36.395 de fecha 13 de febrero d3 1998.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 22 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

8.4 Limpieza de la caseta


- Cada mes se debe limpiar el terreno alrededor del pozo, eliminando la maleza, desechos y fuentes de contaminación.
- Revisar la protección sanitaria del pozo (contorno de la boca de pozo), observando que no existan fisuras por donde ingrese agua contaminada.
- Reparar desperfectos, tesar el enmallado de protección, engrasar los candados, barnizar y engrasar la puerta.

8.5 Mantenimiento preventivo de la bomba

Los equipos de bombas sumergibles funcionan normalmente sin necesidad de mantenimiento, no obstante, se puede hacer una inspección o revisión cuando se le realice mantenimiento al pozo. El diseño constructivo de un equipo de bomba sumergible hace posible desmontar y volver a montar las piezas con medios sencillos. En el caso del desmontaje, puede solicitarse del fabricante una instrucción de desmontaje adecuada para el equipo. Después de desmontado el equipo, se procede con el mantenimiento de la siguiente manera:

- Limpiar completamente todas las piezas de la bomba para desalojar sedimentos acumulados dentro del cuerpo de bomba.
- Evaluar del estado de los componentes de la bomba. Todas las piezas desgastadas deben reemplazarse.
- Sustituir bujes, chumaceras, guardacable, tazones, impulsores, eje.
- No aplica la lubricación de componentes

Como la reparación o revisión de una bomba-puede tardar uno o varios días, es recomendable tener a disposición una bomba sumergible, similar a la que está instalada en el pozo.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 23 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01


8.6 Mantenimiento preventivo motor

Los motores sumergibles son máquinas que no necesitan mantenimiento de tipo ordinario; no obstante, se puede hacer una inspección o revisión cuando se le realice mantenimiento al pozo o a la bomba. Esta revisión consiste en:

- Evaluar los componentes eléctricos y mecánicos
- Sustituir el líquido refrigerante
- Reemplazar el sello mecánico, cable de alimentación, conjunto de empuje axial


8.7 Mantenimiento preventivo de Tablero eléctrico

- Observar que no se presenten daños visibles o piezas flojas o sueltas.
- Retirar el polvo asentado sopleteando ligeramente o con ayuda de una aspiradora o una brocha.
- Ajustar todos los terminales, poniendo atención a cada componente que se esté ajustando para detectar si este presenta señal de recalentamiento.
- Limpiar y lubricar accionamientos mecánicos (botoneras, resortes, entre otros)
- Verificar que los conductores de tierra estén bien ajustados y que además tengan continuidad eléctrica con la estructura del tablero.
- Realizar la limpieza del gabinete y componentes eléctricos con solvente dieléctrico para retirar polvo o rastros de humo.
- Realizar la limpieza de las entradas naturales de ventilación.
- En caso de ventilación forzada, verificar que los ventiladores giren libremente.
- Energizar el tablero y poner en funcionamiento la máquina en condiciones normales.
- Medir la corriente que circula por los elementos que presentaban rastros de calentamiento para determinar si requieren ser cambiados por encontrarse fuera de rango.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 24 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

8.8 Mantenimiento preventivo de válvulas

- Verificar si la válvula presenta fuga ya sea por el cuerpo como en las conexiones (bridas, roscas, entre otros).
- Inspeccionar presencia de corrosión (cuerpo, volanta y conexiones).
- Observar si la válvula presenta alguna deformación en el cuerpo o conexiones.
- Verificar si existen fisuras o fracturas.
- Indicar si presenta exceso de ruido.
- Verificar la placa de identificación esté en buen estado.
- Aplicar protección anti corrosiva en el volante, accesorios y el cuerpo de la válvula.
- Cambiar accesorios cuando estos se encuentran en malas condiciones (volantes, rodamientos, vástagos).
- Limpiar y/o cambiar tornillería, así como, la protección anticorrosiva de los mismos.
- Reemplazar las juntas en uniones bridadas y medios cuerpos
- Cambiar empaquetadura mecánica. Las empaquetaduras mecánicas proporcionan lubricación al vástago para que este pueda tener un desplazamiento pleno al momento de abrir o cerrar la válvula.
- Limpiar y lubricar de los rodamientos del vástago.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 25 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

9. Formatos para el registro de las actividades de mantenimiento

CUADRO 12 REGISTRO DE MANTENIMIENTO

Registro de Mantenimiento					
Equipo:					
Marca:			Modelo:		
Fecha:			Descripción de la actividad realizada	Nombre del profesional o técnico	Firma
Mantenimiento					
Preventivo	Predictivo	Correctivo			

Fuente: Carvajal (2021)



**CUADRO 13
REPORTE DE MANTENIMIENTO DEL POZO**

Reporte Mantenimiento del Pozo													
Pozo N°			Nombre del Profesional o Tecnico							Firma:			
Fecha	Bomba		Video	Limpieza química				Pistoneo		Desinfección		Observaciones	
	D	I		Acido	Polifosfato	Cloro	Dosis		Barra y cable	Compresor	Desinfectantes		Dosis (kg)
							kg	Galones					

Fuente: Carvajal (2021)

I: instalacion D: desinstalacion




**PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y
SU EQUIPO DE BOMBEO**

**CUADRO 14.
REPORTE DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA SUMERGIBLE**

Reporte de Mantenimiento de la Bomba Sumergible															
Pozo N°					Nombre Profesional o Técnico:							Firma:			
Fecha	I	D	Estado de la bomba			Profundidad (m)	N° tubos	Piezas reemplazadas	Ruidos		Fugas		Alineamiento		Observaciones
			B	R	M				Normal	Fallas	Normal	Fallas	Normal	Fallas	

Fuente: Carvajal (2021)
 D: desinstalacion
 B: buena
 R: regular
 M: mal


I: instalacion

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 28 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

**CUADRO 15
REPORTE DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR**

Reporte de Mantenimiento del Motor																	
Fecha:			Nombre Profesional o Técnico														
Fec ha	Voltaje		Amperaje		Temperatura		Estabilidad		Ruidos		Humedad		Alineamie nto		Conexiones electricas		Lubrica cion
	Placa	Medida	Placa	Medida	Rec.	Nor.	Vibr a.	Nor.	Nor mal	Falla	Si	No	Nor mal	Falla	Nor mal	Falaal	
Observaciones:																	

Fuente: Carvajal (2021)

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 29 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

**CUADRO 16
 REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA**

Reporte de Control de Calidad del Agua


Pozo N° _____ Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Fecha de Muestreo		Dureza total	
Hora:		Cloro residual total	
Conductividad		Cloro residual libre	
pH		Cloruros	
Temperatura		Hierro	
Bacterias Coliformes totales		Manganeso	
Bacterias Coliformes fecales		Índice de Langelier	
Alcalinidad			
Observaciones			

Fuente: Carvajal (2021)

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 30 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01


10. Anexos

Anexo 1.

Productos químicos desincrustantes utilizados para la limpieza química.

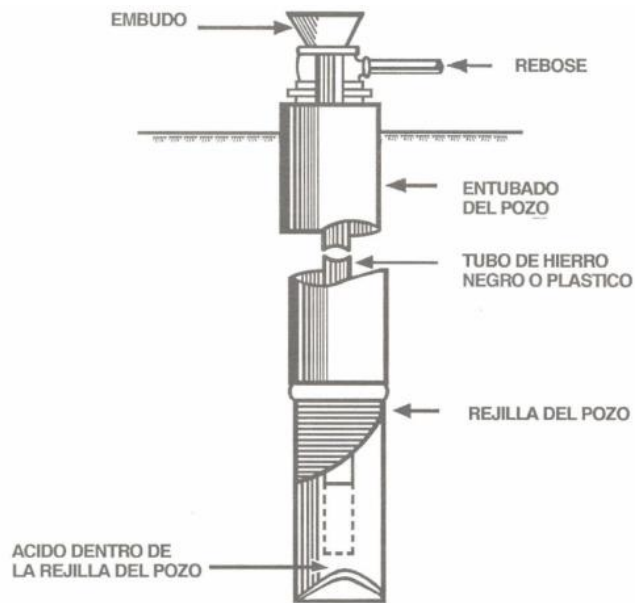
Desinfectante	Tipos más usado	Presentación	Tipos de incrustaciones	Dosis	Tiempo de contacto (horas)
Ácidos	muriático	Líquido	Todos los minerales	1.5 volúmenes de agua contenida en los filtros	2
	Sulfámico	Granular	Carbonatos y óxidos de hierro	1.5 volúmenes de agua contenida en los filtros	12
	acético	líquido	Incrustaciones ferrosas y bacterias	1 galón por cada 15 galones de agua contenida en los filtros del pozo	16
Polifosfatos	Hexametáfosfato de sodio	Granular	Arcillas, limos, arenas e incrustaciones de hierro	1 kilo por cada 100 galones de agua contenida en los filtros del pozo	24
	Tripolifosfato de sodio				
Cloro	Hipoclorito de calcio	granular	bacterias	1 kilo por cada 200 galones de agua contenida en filtros del pozo	12
	Hipoclorito de sodio	líquido			

Fuente: Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos para Acueducto (1999)


	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 31 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

Anexo 2.

Equipo utilizado para la aplicación de ácidos en el pozo



Aplicación de ácido en el pozo

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 32 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

Anexo 3.


“NORMAS SANITARIAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE”

(Gaceta Oficial N° 36395 de fecha 13 de febrero de 1998)

Cuadro N° 1 Componentes relativos a la calidad organoléptica del agua potable

Componentes o Características	Unidad	Valor Desable menor a	Valor Máximo Aceptable (a)
Color	UCV(b)	5	15(25)
Turbiedad	UNT(c)	1	5(10)
Oloro o Sabor	--	Aceptable para la mayoría de los consumidores	
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	600	1000
Dureza Total	mg/LcaCo ₃	250	500
pH	--	6,5-8,5	9,0
Aluminio	mg/L	0,1	0,2
Cloruro	mg/L	250	300
Cobre	mg/L	1,0	(2,0)
Hierro Total	mg/L	0,1	0,3 (1,0)
Manganeso Total	mg/L	0,1	0,5
Sodio	mg/L	200	200
Sufato	mg/L	250	500
Cinc	mg/L	3,0	5,0

- (a) Los valores entre paréntesis son aceptados provisionalmente en casos excepcionales, plenamente justificados ante la autoridad sanitaria.
 (b) UCV: Unidades de Color verdadero.
 (c) UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 33 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

Continuación anexo 3

Cuadro N° 2 Componentes inorgánicos

Componentes	Valor Máxima Aceptable Cmg/L)
Arsénico	0,01


Barrio	0,7
Boro	0,3
Cobre	20
Cadmio	0.003
Cianuro	0.07
Cromo Total	0,05
Fluoruros	(c)
Mercurio Total	0,001
Níquel	0,02
Nitrato (NO3)	45,0
(N)	10
Nitrito (NO2)	0,03
(N)	0,01
Molibdeno	0,07
Selenio	0,001
Plata	0,05
Cloro Residual	1,0 (3,0) (a)

NO3 = Nitrato

N= Nitrógeno

NO2= Nitrito

- (a) El valor entre paréntesis es aceptado provisionalmente en casos extremadamente excepcionales, plenamente justificado ante la Autoridad Sanitaria Competente.
- (b) La suma de las razones entre la concentración de cada uno y su respectivo valor máximo aceptable no debe ser mayor a la unidad..
- (c) El contenido de flúor como ion fluoruro F^o se fijará de acuerdo con el promedio anual de temperatura máxima del aire en °C, según el cuadro N° 3 siguiente:

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 34 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

Continuación anexo 3


Cuadro N°3 Valores límites recomendables para el contenido de Fluoruro en mg/L.

Promedio anual de Temperatura máxima del aire en °C	Límite Inferior	Límite Optimo	Límite Superior
10,0-14,0	0,8	1,1	1,5
14,0-17,6	0,8	1,0	1,3
17,7-21,4	0,7	0,9	1,2
21,5-26,2	0,7	0,8	1,0
26,3-32,6	0,6	0,7	0,8

Frecuencia mínima para el análisis de los parámetros relacionados con las características organolépticas, físicas y químicas del agua potable.

Componentes o Características	Frecuencia Mínima	
	Aguas Superficiales	Aguas Subterráneas
Color y Turbiedad Aluminio (4) pH Dureza	- Una (1) muestra quincenal en aguas no sometidas a tratamientos de clarificación. - Una (1) muestra diaria en aguas tratadas.	- Dos (2) muestras anuales en aguas no sometidas a tratamientos de clarificación. Una (1) muestra diaria en aguas tratadas.
Olor Sabor Aspecto Conductividad específica Temperatura Cloro residual	- Una (1) muestra diaria.	- Una (1) muestra diaria.
Todos los parámetros incluidos en las tablas del artículo 14 de estas Normas.	- Una (1) muestra trimestral	- Una (1) muestra semestral.

(a) Realizar el análisis de este elemento, con la frecuencia establecida sólo si se adiciona durante el tratamiento de clarificación.

	UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ	Página: 35 de 35
	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO N° 87 Y SU EQUIPO DE BOMBEO	Versión: 01

Continuación anexo 3

Cuadro N° 4 Componentes orgánicos

Componentes	Valor Máxima Aceptable mg/L
Bromoformo	100
Cloroformo	200
Dibromoclorometano	100
Benceno	10
Tolueno	700
Xileno	500
Aldrín y Dieldrín	0,03
Clordano	0,2
DDT y sus metabolitos	2,0
2-4-D	30
Heptacloro	0,03
Heptacloro Expóxico	0,1
Hexaclorobenceno	1,0
Lindano	2,0
Metoxicloro	20
Acilamina	0,5
Benzopireno	0,7
1-2 Dicloroetano	30
1-1 Dicloroetano	30
Etilbenceno	300
Pentaclorofenol	9,0
2-4-6 Triclorofenol	200

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se elaboró la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para las instalaciones del pozo profundo N° 87 y su equipo de bombeo integrando los modelos, técnicas y herramientas en las actividades de mantenimiento.
- A través de la descripción de las instalaciones del pozo, se determinó que el mantenimiento preventivo del pozo consistió en una inspección visual mediante videocámara seguido de una limpieza química y mecánica para eliminar incrustaciones, sedimento y corrosión. También se determinó que el motor y la bomba sumergible prácticamente no necesitan mantenimiento y que los mismos se revisan cuando se le hace mantenimiento al pozo.
- A las bombas y motores sumergibles se les debe realizar mantenimiento predictivo a fin de determinar si existe alguna desviación de sus valores normales y tomar las acciones correctivas pertinentes.
- Los accesorios tales como el tablero eléctrico y las instalaciones hidráulicas requieren de mantenimiento preventivo.
- Se realizó análisis de los fundamentos teóricos y conceptuales dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo lo cual permitió adaptar el modelo recomendado por Renovetec para el diseño del plan de mantenimiento preventivo en instalaciones de pozos profundos de agua.
- A través del protocolo de mantenimiento, se pudo diferenciar entre las actividades de mantenimiento preventivo de las de mantenimiento predictivo.
- Se identificaron las variables internas y externas que afectan el rendimiento del pozo y su continuidad operativa, estas son:
 - ✓ Variables internas:

- Desgaste de la bomba
- Sobrecalentamiento del motor
- Incrustaciones
- Sedimentos
- Corrosión
- ✓ Variables externas:
 - Interrupciones de energía eléctrica
 - Variaciones de voltaje
 - Rotura de tubos de la red de distribución
 - Escases de repuestos.
- Entre las variables externas, las más determinantes en cuanto a la operatividad y rendimiento del pozo son las interrupciones de energía eléctrica y las constantes variaciones de voltaje, debido a que no solo se suspende el suministro de agua, sino que también afectan las instalaciones eléctricas, principalmente al motor, sobrecalentándolo, y con ello la inevitable falla.

5.2 Recomendaciones

- Implementar el plan de mantenimiento desarrollado en el presente trabajo para el pozo subterráneo N° 87 y su equipo de bombeo.
- Desarrollar planes de mantenimiento predictivo utilizando el protocolo de mantenimiento diseñado.
- Es necesario verificar resultados del protocolo de tareas y realizar modificaciones en las frecuencias para lograr respuestas satisfactorias en el funcionamiento y operación del pozo.
- Se debe llevar un registro de fallas ocurridas en el sistema, para dar un análisis más certero del comportamiento y estado de los materiales, y equipos.
- Se recomienda llevar un stock de repuestos y materiales usados en las actividades de mantenimiento, tener proveedores de servicios reconocidos en el mercado.

- Es importante considerar como crítico el sistema eléctrico puesto que la falla del mismo puede causar graves efectos a las instalaciones, particularmente al motor sumergible.
- Elaborar e implementar un plan de mantenimiento predictivo, es decir, medir variables como voltaje, intensidad de corriente, aislamiento eléctrico, caudales, entre otros, que permitan detectar desviación de las condiciones de operación estándar y se programen las actividades correctivas correspondientes al equipo o componente. Por ejemplo, un consumo de corriente discontinuo v/o rápidamente creciente, indica que se producen fallos de carácter mecánico en la bomba o en el motor.
- Indagar en qué estado se encuentran los 108 pozos que funcionan en el municipio San Diego, para determinar si es posible aplicar el plan de mantenimiento propuesto. Además, también se recomienda llevar un historial de fallas de cada uno de los pozos del municipio.
- Implementar el uso de una planta eléctrica de emergencia.
- Estimular a los usuarios del pozo, para que participen más activamente en la operación y mantenimiento del pozo profundo, cumpliendo con las directrices dictadas por las leyes y normas venezolanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2016). **El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica.** 7ma ed. Editorial Episteme. Caracas.
- AulaAbierta. **Situación del servicio público de acceso al agua potable en Venezuela. Violación de los derechos al agua y a la salud. Informe preliminar. (enero- marzo 2021)** Disponible en <http://aulaabiertavenezuela.org/wp-content/uploads/2021/03/INFORME-PRELIMINAR-ACCESO-AL-AGUA.pdf>
- Aular, M. (2014) **Instructivo para la Transcripción de los Proyectos de Investigación**, Valencia, Venezuela.
- Bavaresco, Guillermo (2002). **Mantenimiento: Una Herramienta para la Productividad.** Disponible en <https://es.scribd.com/document/339744399/mantenimiento-herramienta-productiva>
- Bernal, T.C.A. (2006). **Metodología de la Investigación para Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales.** 2da. Ed. Pearson. Colombia.
- Carrillo F., Víctor E. (2015) **Vulnerabilidad Hidrogeológica del Acuífero del Municipio San Diego, Estado Carabobo.** Trabajo de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad de Carabobo.
- Colón K. y Mata M. (2016), **Propuesta para Mejorar el Abastecimiento de Agua Potable en el Sector los Guayabitos del Municipio Naguanagua Mediante la Incorporación de un Pozo Profundo.** Trabajo no publicado. Universidad de Carabobo
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1993). **Norma 3049-93 Mantenimiento Definiciones.**
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1993). **Norma 2500-93 Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria.**
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1991). **Norma 1619-91 Bombas Turbinas para Pozos Profundos y Sumergibles**
- Escobar G. Mirelys (2016), **Elaboración de un Plan de Mantenimiento para los Equipos Críticos de la Sala de Jarabe Simple y Terminado de Pepsi-Cola**

Villa de Cura Basado en el Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA), Trabajo de grado no publicado, Universidad Central de Venezuela.

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36298. (1997). **Normas para la ubicación, construcción, protección, operación y mantenimiento de pozos perforados destinados al abastecimiento de agua potable.**

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36395. (1998). **Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable**

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 41337. (2018). **Reglamento de la Ley de Aguas**

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5833. (2006). **Ley Orgánica del Ambiente.**

Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39913. (2012). **Ley Penal del Ambiente**

García G. Santiago. (s.f.) **Organización y Gestión del Mantenimiento de Instalaciones.** Consultado en mayo 2021. Disponible en <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/>

Gómez, M. (2019). **Propuesta de Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en el Taller de Metalmecánica de la Empresa Ensamblajes S.A.** Trabajo no publicado. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Grundfos (s.f.). **Manual de Ingeniería SP.** Disponible en file:///C:/Users/Quijada/AppData/Local/Temp/Manual_SP_de_ingenier%C3%ADa_GCO-1.pdf. Consultado en septiembre 2021.

Hidráulica Tamanaco S.A. (s.f.) **Plan de Mantenimiento Integral para un Sistema de Bombeo de Aguas Subterráneas con Bomba Electro-Sumergible.** Disponible en <https://docplayer.es/70983351-Plan-integral-de-mantenimiento-para-un-sistemas-de-bombeo-de-aguas-subterraneas-con-bomba-electro-sumergible-pim-sbas-b-s.html>. Consultado en agosto 2021

- Hidrostal (s.f.) Manual del Usuario. Instalación, Operación y Mantenimiento. Consultado en septiembre 2021. Disponible en [http://www.hidrostal-peru.com/pdf/manuales/L2/MANUAL%20LINEA-2%2016%20BOMBA%20SUMERGIBLE%204,%206,%208%20y%2010%20PULGADAS%20\(03-2015\).pdf](http://www.hidrostal-peru.com/pdf/manuales/L2/MANUAL%20LINEA-2%2016%20BOMBA%20SUMERGIBLE%204,%206,%208%20y%2010%20PULGADAS%20(03-2015).pdf).
- Hurtado J (2000). **Metodología de la investigación Educativa**. Fundación Sygal: Servicios y Proyecciones para América Latina. Caracas, Venezuela.
- Mijangos, J (2014). **Diseño, Instalación, Energización y Puesta en Operación de Equipo Electromecánico, Aplicando Equipo Submonitor, en Pozos Profundos**. Trabajo no publicado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Ministerio de Desarrollo Económico (1999). **Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos**. 1ra. Edición. Sena Publicaciones. Colombia.
- Papantonatos S.A. (s.f.) **Manual de servicio para bombas sumergibles de Pozo Profundo**. Disponible en <https://papantonatos.gr/wp-content/uploads/2018/01/Manual-de-Servicio-FLOWPAP-.pdf>. Consultado en septiembre 2021
- Renovetec. **Determinación de la frecuencia con la que debe llevarse a cabo cada tarea de mantenimiento**. Disponible en: <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento/145-frecuencia-de-las-tareas-de-mantenimiento>. Consultado en mayo 2021
- Salcedo, Jorge. (2016). **Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Llenadora Rotativa de la Línea de Producción de Salsa a base de Tomate y Ketchup de la Empresa Alimentos Garmi C.A**. Trabajo no publicado. Universidad Central de Venezuela
- Sánchez, Argenis. (2017), **Propuesta de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, en las Bombas G-4204 A/B de la Unidad de THDA**. Trabajo de Maestría. Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Simge, Varol y Aysen, Davraz, (2014). **Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenniplain (Burdur/Turkey)**. En: Environmental Earth Sciences, <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3531-z>.


Universidad José Antonio Páez (2020). **Manual para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos de trabajos de grado, trabajos de grado, tesis doctoral e informe de pasantía y extramuros de la universidad José Antonio Páez.** San Diego. Venezuela.

UNESCO, **Programa mundial de evaluación de los recursos hídricos (2006). El agua, una responsabilidad compartida 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo.** Consultado el 4 de abril en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409S.pdf>

Zambrano, S, Leal, S. (2005). **Fundamentos básicos de mantenimiento.** FEUNET.

ANEXOS

ANEXO A
DATOS DEL POZO

 <p>Consmich CA Soluciones hidráulicas Integrales.</p>	<p>ESPECIALIZADOS EN AGUAS SUBTERRANEAS Y EQUIPOS DE BOMBEO</p>
	<p>RIF. J-30606893-7</p>
<p>ESTUDIO DE REGISTRO ELÉCTRICO (POTENCIAL ESPONTÁNEO Y RESISTIVIDAD)</p>	
<p>Octubre, 18 - 2011</p>	<p>Pozo YUMA-III 197 814197,00 1130251,00 463 m.</p>
<p>Calle California, N° 7, Barrio Francisco de Miranda, Sector III, frente a la Autopista de Palo Negro, Maracay - Edo. Aragua - Venezuela Telfax: +58 (243) 271.20.44 - Móvil (0414) 345.10.12</p>	

✓ ESTUDIOS REALIZADOS POR:

- ⇒ COALCO ESTUDIOS HIDROLOGICOS, CA
TELF: (0212) 693-53-84
Caracas

✓ DIRECCIÓN:

- ⇒ POZO TIPO ACUEDUCTO SECTOR YUMA I Y II
MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO

✓ POZO CONSTRUIDO POR:

- ⇒ CONSMICH, C.A.

✓ CONTENIDO:

- ⇒ DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA
- ⇒ RECOMENDACIONES DEL ENTUBADO
- ⇒ DISEÑO DEL ENTUBADO
- ⇒ PERFIL ELECTRICO SP-R

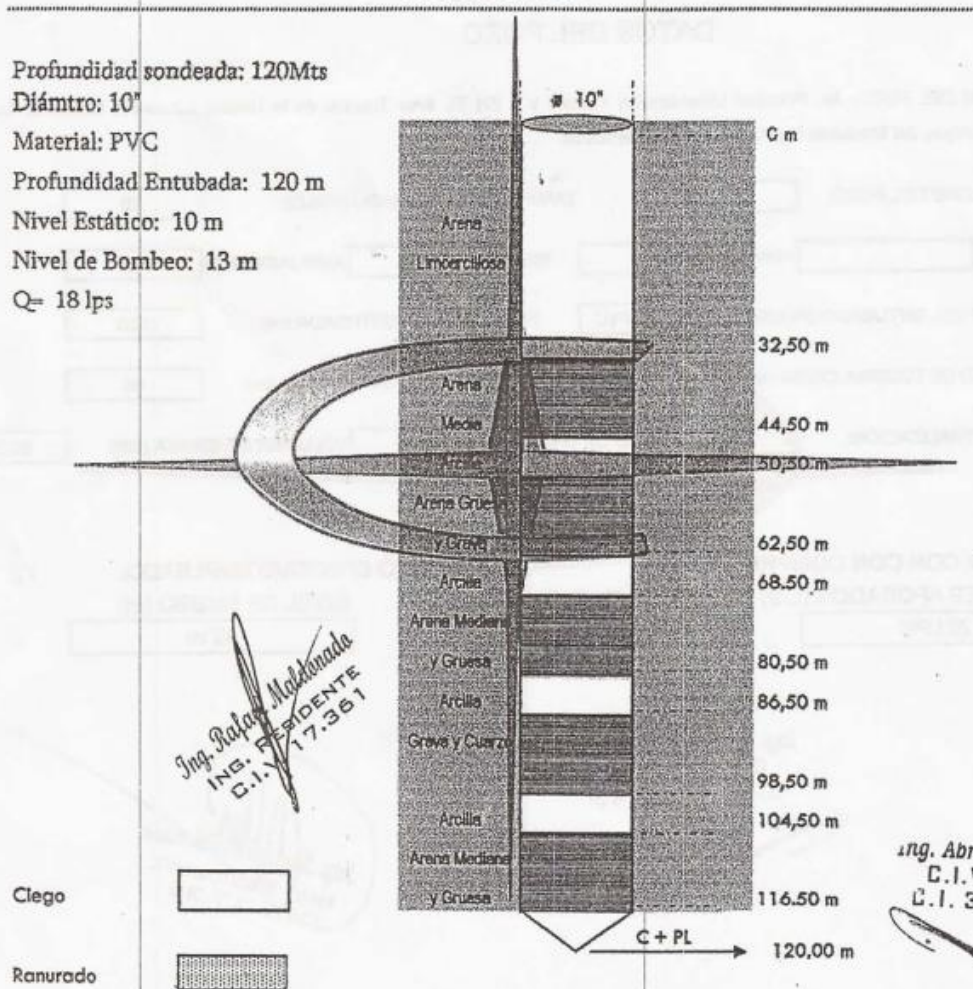
✓ FECHA DE REALIZACIÓN:

- ⇒ OCTUBRE, 16 - 2011

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DE LAS MUESTRAS CAPTADAS DURANTE EL
SONDEO EXPLORATORIO EN EL POZO YUMA I Y II MUNICIPIO SAN DIEGO
ESTADO CARABOBO

DISEÑO DEL POZO

Profundidad sondeada: 120Mts
Diámetro: 10"
Material: PVC
Profundidad Entubada: 120 m
Nivel Estático: 10 m
Nivel de Bombeo: 13 m
Q= 18 lps



INFORME DE CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DEL POZO

CONTRATANTE: CONSMICH, CA

DATOS DEL POZO

UBICACIÓN DEL POZO: Av. Principal Urbanización Yuma I y EN EL área Trasera de la Unidad Educativa Monseñor Luis Eduardo Enrique, del Municipio San Diego, Estado Carabobo

PROFUNDIDAD DEL POZO: DIÁMTERO PERFORADO (PULG):
 INICIAL: AMPLIACIÓN: INICIAL: AMPLIACIÓN:
 DIAMETRO DEL ENTUBADO (PULG.): PROFUNDIDAD ENTUBADA (m):
 LONGITUD DE TUBERIA CIEGA (m): LONGITUD DE TUBERIA RANURADA (m):
 N° DE CENTRALIZACIÓN: TIPO DE GRAVA: VOLUMEN DE GRAVA (m3):

LIMPIEZA, DESARROLLO Y AFORO

METODO: CON CON COMPRESOR TIEMPO EFECTIVO EMPLEADO:
 CAUDALES AFORADOS (L/S) NIVEL ESTÁTICO: NIVEL DE BMBEO (m)

Ing. Abner J. Estaba Z.
C.I.V. 73.360
C.I. 3.700.843

Ing. Rafael Maldonado
ING. RESIDENTE
C.I.V. 17.361

APÉNDICES

APÉNDICE A

Guía de entrevista semiestructurada

Objetivo General: Proponer un plan de mantenimiento preventivo para el pozo subterráneo N° 87 y su sistema de bombeo, de manera que se asegure la continuidad operativa y se satisfaga las necesidades de los pobladores del sector Yuma del Municipio San Diego del estado Carabobo.	
Objetivos Específicos	Preguntas
1 Describir las instalaciones del pozo y del sistema de bombeo, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno.	1.1 ¿Qué tipo de bomba se utiliza, cuáles son sus componentes? 1.2 ¿Qué tipo de motor se utiliza, cuáles son sus características (potencia, corriente, voltaje, N° de fases, otros)? 1.3 ¿Cuáles son los componentes del tablero eléctrico (contactor breaker, relé de nivel, relé de voltaje relé de sobrecarga, luces/indicadoras, selector/trabajo, caja de control)? 1.4 ¿Cuáles son las características del pozo (profundidad total, diámetro interno, material de la camisa, nivel estático, nivel dinámico, caudal, muestra de agua, ubicación de las rejillas, abatimiento, otros)? 1.5 ¿Cuáles son las características de los accesorios (cable sumergible, válvulas de retención (check), electrodos de nivel, tubería de descarga, otros)?
2 Estudiar los fundamentos teóricos dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para pozo subterráneos y sistema de bombeo.	2.1 ¿Que debe contener un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones de un pozo subterráneo y su sistema de bombeo? 2.2 ¿Cuál debe ser la frecuencia en el mantenimiento del pozo subterráneo y del equipo de bombeo (motor y bomba, tablero eléctrico)? 2.3 ¿Cuáles son las principales fallas que se observan en un pozo subterráneo y en el equipo de bombeo? 2.4 ¿Cómo se pueden corregir estas fallas mediante el mantenimiento preventivo? 2.5 ¿Se llevan registros de operación del pozo y de su equipo de bombeo? 2.6 ¿Existe algún historial de fallas del pozo N°

		<p>87 o de algún otro pozo del municipio San Diego?</p> <p>2.7 ¿Hay procedimientos para la operación y mantenimiento de los pozos subterráneos y de los equipos de bombeo? ¿Se siguen estos procedimientos?</p>
3	<p>Identificar las variables internas y externas que afectan el rendimiento y la continuidad operativa del pozo subterráneo y del sistema de bombeo de agua potable.</p>	<p>3.1 ¿Cuáles son las causas que disminuyen el rendimiento del pozo?</p> <p>3.2 ¿Cuáles son los factores internos que afectan la operatividad del pozo?</p> <p>3.2 ¿Cuáles son los factores externos al pozo que afectan su operatividad?</p>

APÉNDICE B

Matriz de Observación Directa

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN EL SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO		
Fecha	N°	Descripción aspectos Importantes
15/05/2021	1	<p>Mediante una grúa, se realizó extracción de los tubos de descarga, del motor y bomba del pozo bajo la supervisión del Ing. José Díaz, Gerente General Regional de Distribución de Hidrocentro y el Sr. José Sánchez calificado por Hidrocentro.</p> <p>Se observó lo siguiente;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Conector quemado, producto de una explosión, provocando que se fundiera. 2) Los tubos presentan gran cantidad de sedimentos, por lo cual se amerita una limpieza 3) Motor trabado, por lo cual no gira. <p>Paso a seguir:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Sustituir motor 2) Reparación de una rosca de columna de 4 pulgadas 3) Mantenimiento de la válvula check o de retención 4) Rectificación del manifold (sistema de válvulas) 5) Limpieza profunda del pozo.
04/06/2021	2	<p>Se recibió la noticia a través de la Gerente de Gestión Administrativa Lic. Alicia Pareja que Hidrocentro se hace cargo de la compra del motor y que la comunidad debe encargarse de todo lo requerido para la reactivación del pozo.</p>
05/06/2021	3	<p>En reunión de la Mesa Técnica con Hidrocentro se logró tener los datos técnicos necesarios para la reactivación del pozo: motor, bomba, limpieza profunda del pozo, reparación de válvula check, mantenimiento del tablero, reparación de portón, iluminación, seguridad, la estructura de costos es de 5 dólares por unidad habitacional.</p>
30/06/2021	4	<p>Mesa Técnica informa que en reunión con el alcalde del municipio, el mismo confirmó las gestiones para la reactivación del pozo, indicando que ya están firmados los contratos para los trabajos que ellos cubrirán, los mismos comenzarán la semana próxima. La alcaldía aporta: limpieza profunda del pozo, aforo, video, válvula check nueva, una bomba y la puesta en funcionamiento del equipo. Hidrocentro suministrará motor nuevo, insumos, personal técnico.</p>
12/07/2021	5	<p>Se inicia limpieza profunda del pozo. A las 08:00 am se adiciona</p>

		un químico desincrustante biodegradable. Se deja actuar durante 8 horas aproximadamente para destruir las incrustaciones. Para sacar las incrustaciones y el sedimento se utiliza inyección de aire a presión mediante un compresor. Este proceso comienza a las 04:00 pm. La limpieza se realiza por tramos, descendentes, al observar en un tramo que el agua está limpia, se procede a bajar la tubería con el inyector al tramo siguiente y así hasta llegar al fondo del pozo. Esa operación duro 16 horas.
13/07/2021	6	A las 08:00 am culmina la primera etapa de rehabilitación del pozo, (limpieza del pozo). Se debe esperar a que se estabilice para hacer el video y perfil, el mismo se realizará el jueves. Hidrocentro entrega motor y espera que se haga montaje para el fin de semana.
	7	Se tomaron tres muestras de agua, las cuales fueron entregadas a Hidrocentro para su respectivo análisis físico-químico
15/07/2021	8	Se hizo el video, y se observa el pozo sin sedimentos e incrustaciones. Se midió el nivel estático.
19/07/2021	9	Se realiza mantenimiento al tablero de control, limpieza y ajustes. El breakers presento fallas y fue necesario cambiarlo.
21/07/2021	10	Se llevan algunos tubos a realizar rosca para luego ensamblar
27/07/2021	11	Esperando al contratista para proceder a la instalación del equipo de bombeo y tubos para activar el pozo de inmediato. Todos los procedimientos e insumos preparados y armados, personal técnico prevenido.
	12	Utilizando una grúa, se introducen bomba y motor ya ensamblados se introducen los tubos de descarga, los cuales se van acoplando a medida que se van introduciendo, el conjunto debe quedar bien centrado y alineado, luego se procede a unir el cable de alimentación, el cual está sumergido, que va desde la bomba hasta el tablero de control. Una vez finalizado el proceso de instalación se procedió a encender la bomba.

APÉNDICE C

Entrevistas Realizadas

Entrevista 1

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN EL SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO	
Entrevistado: Ing. José Lugo. Ing. Civil. Especialista en Hidráulica. Miembro de la Mesa Técnica de Agua del pozo N° 87.	
Fecha:	
Objetivo 1. Describir las instalaciones del pozo y del sistema de bombeo, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno.	
Pregunta 1	<i>Qué tipo de bomba se utiliza, cuáles son sus componentes?</i>
Respuesta	Se utilizan bombas sumergibles de 4 pulgadas, es decir, están totalmente inmersas en el agua, sus componentes principales son los impulsores, los tazones, y el eje. Los impulsores empujan el agua, los tazones la guían hacia la siguiente etapa, y así hasta la salida de la bomba. Mientras más altura se requiera impulsar el agua, más etapas son necesarias, para general la presión necesaria para hacer subir el agua.
Pregunta 2	<i>¿Qué tipo de motor se utiliza, cuáles son sus características</i>
	Los motores, al igual que la bomba son sumergibles, pueden ser monofásicos o trifásicos, en este caso, el motor es trifásico, los motores están acoplados a la bomba. Son motores de inducción que con la energía eléctrica proveniente de los transformadores, hacen girar el rotor y este hace girar la bomba, y de esta manera succionan el agua y la empujan hacia la bomba.
Pregunta 3	<i>¿Cuáles son los componentes del tablero eléctrico?</i>
Respuesta	En los tableros se encuentran todos los dispositivos que se encargan de proteger el motor eléctrico sumergible. entre los dispositivos protectores se pueden nombrar: contactores, interruptores, relé térmico, de sobrevoltaje, arrancadores, submonitor, el cable de alimentación que va desde la bomba hasta el tablero eléctrico.
Pregunta 4	<i>¿Cuáles son las características del pozo (profundidad total, diámetro interno, material de la camisa, nivel estático, nivel dinámico, caudal, muestra de agua, ubicación de las rejillas, abatimiento, otros)?</i>
Respuesta	El pozo tiene una profundidad de 120 metros, el revestimiento es de

	PVC y tiene un diámetro de 10 pulgadas, en el revestimiento se encuentran las rejillas, son 60 metro de tubería ciega y 60 metros de tuberías ranuradas, actualmente tiene un caudal de 23 l/s. el nivel estático es de 10 m.
Pregunta adicional	<i>¿Qué accesorios se utilizan para la descarga del agua?</i>
Respuesta	El sistema utiliza tubos de acero, de 4 pulgadas de diámetro y 6.40 m de longitud, cuenta con dos válvulas de retención, dos válvula de compuesta, una válvula para la purga y una ventosa
Objetivo 2. Estudiar los fundamentos teóricos dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para pozo subterráneos y sistema de bombeo.	
Pregunta 1	<i>¿Que debe contener un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones de un pozo subterráneo y su sistema de bombeo?</i>
Respuesta	Debe contener las actividades de mantenimiento que se debe hacer, la frecuencia con la que se debe realizar y por supuesto la forma como debe hacerse el mismo.
Pregunta 2	<i>¿Cuál debe ser la frecuencia en el mantenimiento del pozo subterráneo y del equipo de bombeo (motor y bomba, tablero eléctrico)?</i>
Respuesta	En los pozos subterráneos, por sus características es difícil realizar mantenimiento. En general, los motores y las bombas que se fabrican hoy en día no necesitan mantenimiento. En el caso de los pozos se puede programar un mantenimiento preventivo de forma anual o bianual, depende básicamente de la calidad del agua, si el agua muestra algo de tierra o arena, eso indica que el pozo necesita de un mantenimiento, entonces en ese momento se realiza el mantenimiento del pozo. Se aprovecha entonces revisar bomba y motor, también se aprovecha para hacer la revisión y limpieza de los mismos
Pregunta 3	<i>¿Cuáles son las principales fallas que se observan en un pozo subterráneo y en el equipo de bombeo?</i>
Respuesta	En este pozo, las principales fallas han ocurrido en el motor, se ha quemado, las bombas han permanecido sin fallas solo han presentado desgastes, mientras que el motor se ha dañado y ha sido necesario sustituirlo.
Pregunta 4	<i>¿Cómo se pueden corregir estas fallas mediante el mantenimiento preventivo?</i>
Respuesta	No se puede hacer mantenimiento preventivo, solo mantenimiento predictivo, es decir, monitorear los valores de voltaje, corriente y temperatura, y si hay alguna desviación de los valores normales, se procede entonces a apagar el pozo y realizar las acciones correctivas

	necesarias.
Pregunta 5	<i>¿Existe algún historial de fallas del pozo N° 87 o de algún otro pozo del municipio San Diego?</i>
Respuesta	Hasta donde yo sé, no existe ningún reporte de fallas, mucho menos historial de fallas. El pozo Yuma ha tenido dos fallas y que yo sepa, las mismas no están reportadas, de los otros pozos del municipio no tengo información.
Pregunta 6	<i>¿Hay procedimientos para la operación y mantenimiento de los pozos subterráneos y de los equipos de bombeo? ¿Se siguen estos procedimientos?</i>
Respuesta	En verdad no lo sé, pero si existen estos procedimientos, no los conozco, y por supuesto no lo siguen, yo particularmente he trabajado con el personal de Hidrocentro y con las empresas contratadas para el mantenimiento de pozos y no he visto que se sigan procedimientos y se llenen formatos.
Objetivo 3. Identificar las variables internas y externas que afectan el rendimiento y la continuidad operativa del pozo subterráneo y del sistema de bombeo de agua potable	
Pregunta 1	<i>¿Cuáles son las causas que disminuyen el rendimiento del pozo?</i>
Respuesta	Hay múltiples causas, puede que falle la bomba, o el motor, los sedimentos, la corrosión, arrastre de arena, atascamiento de las rejillas, arena en la bomba, etc.
Pregunta 2	<i>¿Cuáles son los factores internos que afectan la operatividad del pozo?</i>
	Entre los factores internos se pueden mencionar las incrustaciones en las rejillas y en la bomba, esta agua tiene muchos carbonatos y estos carbonatos pueden formar incrustaciones y sedimentos. También se puede mencionar la corrosión, sobre todo en la bomba, en las tuberías de descarga y en las válvulas.
Pregunta 3	<i>¿Cuáles son los factores externos al pozo que afectan su operatividad?</i>
	El factor externo más crítico es la energía eléctrica, la variabilidad tanto en corriente como en voltaje, afectan grandemente al motor y a la bomba. También se puede mencionar la rotura de las tuberías de distribución de agua y la escasez de recursos económicos. Te puedo decir que Hidrocentro cuenta con personal capacitado, siempre bien dispuesto a realizar los trabajos, pero la falta de repuesto, la demora en la adquisición de los mismos, hacen que ellos no puedan realizar el trabajo a tiempo y con calidad.

Fuente: Carvajal, J. (2021)

Entrevista 2

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL POZO SUBTERRÁNEO N° 87 Y SU SISTEMA DE BOMBEO, UBICADO EN EL SECTOR YUMA DEL MUNICIPIO SAN DIEGO, ESTADO CARABOBO	
Entrevistado: Ing. Sandra López. Ing. En Materiales Industriales. Docente de Programa Nacional de Formación (PNF) en Mantenimiento. Universidad Politécnica de Puerto Cabello.	
Fecha:	
Objetivo 1. Describir las instalaciones del pozo y del sistema de bombeo, sus componentes y accesorios con la finalidad de determinar las necesidades de mantenimiento de cada uno.	
Pregunta 1	<i>Qué tipo de bomba se utiliza, cuáles son sus componentes?</i>
Respuesta	Se utilizan bombas y motores sumergibles ambos están acoplados y totalmente sumergidos en agua. Entre sus componentes se pueden mencionar tazones, impulsores, columna, cabezal de descarga, colador, eje de transmisión.
Pregunta 2	<i>¿Qué tipo de motor se utiliza, cuáles son sus características</i>
	Como dije anteriormente, los motores utilizados son sumergibles, pueden ser monofásicos o trifásicos. Las características de funcionamiento de los motores se pueden visualizar en los manuales que emiten cada fabricante al vender un motor. En ellos se indica los rangos de valores en que deben funcionar, por ejemplo el voltaje varía entre un valor máximo y mínimo permitido y así con otras variables.
Pregunta 3	<i>¿Cuáles son los componentes del tablero eléctrico?</i>
Respuesta	Los tableros eléctricos en general están conformados por una serie de módulos que tienen como función de proteger sobre todo al motor eléctrico. Entre los módulos usados están los contactores, interruptores, relé térmico, de sobrevoltaje, arrancadores.
Pregunta 4	<i>¿Cuáles son las características del pozo (profundidad total, diámetro interno, material de la camisa, nivel estático, nivel dinámico, caudal, muestra de agua, ubicación de las rejillas, abatimiento, otros)?</i>
Respuesta	La profundidad del pozo, así como el diámetro de perforación es variable, va a depender básicamente de la profundidad en que se encuentra el agua potable y del caudal que se requiere. El revestimiento puede ser de acero o de PVC. En el revestimiento se encuentran las rejillas, las cuales permiten el paso del agua. Para determinan las características del pozo, tales como nivel estático,

	dinámico y abatimiento, se requiere de pruebas de bombeo o aforo esto permite determinar el caudal a utilizar.
Objetivo 2. Estudiar los fundamentos teóricos dentro de los cuales se enmarca un plan de mantenimiento preventivo para pozo subterráneos y sistema de bombeo.	
Pregunta 1	<i>¿Que debe contener un plan de mantenimiento preventivo para instalaciones de un pozo subterráneo y su sistema de bombeo?</i>
Respuesta	Un plan de mantenimiento preventivo es un documento que indica que tareas se deben realizar y con qué frecuencia, para que el pozo pueda funcionar eficientemente sin interrupciones inesperadas.
Pregunta 2	<i>¿Cuál debe ser la frecuencia en el mantenimiento del pozo subterráneo y del equipo de bombeo (motor y bomba, tablero eléctrico)?</i>
Respuesta	Los pozos subterráneos requieren de poco mantenimiento preventivo, el mismo debe ser programado de forma anual, se revisa el estado del revestimiento, de las tuberías de descarga, de la bomba y del motor, es decir de todo lo que funciona sumergido. En cambio el tablero eléctrico, las válvulas, los alrededores del pozo y la caseta deben ser inspeccionados y mantenidos con mayor frecuencia.
Pregunta 3	<i>¿Cuáles son las principales fallas que se observan en un pozo subterráneo y en el equipo de bombeo?</i>
Respuesta	Las principales fallas que se observan son en el motor y la bomba. Bomba o motor que no arranca o que no enciende, bomba arranca pero no descarga, la bomba descarga de forma intermitente.
Pregunta 4	<i>¿Cómo se pueden corregir estas fallas mediante el mantenimiento preventivo?</i>
Respuesta	Debido a que estos equipos funcionan a gran profundidad, se recomienda realizar mediciones de voltaje, consumo de corriente, caudal, verificación de aislamiento, a intervalos regulares para detectar posibles averías o fallos. Esto se considera mantenimiento predictivo.
Pregunta 5	<i>¿Existe algún historial de fallas del pozo N° 87 o de algún otro pozo del municipio San Diego?</i>
Respuesta	No conozco esta información
Pregunta 6	<i>¿Hay procedimientos para la operación y mantenimiento de los pozos subterráneos y de los equipos de bombeo? ¿Se siguen estos procedimientos?</i>
Respuesta	No conozco esta información
Objetivo 3. Identificar las variables internas y externas que afectan el rendimiento y la continuidad operativa del pozo subterráneo y del sistema de bombeo de agua potable	
Pregunta 1	<i>¿Cuáles son las causas que disminuyen el rendimiento del pozo?</i>

Respuesta	Como ya lo mencioné, problemas en la bomba o motor, pero también puede haber incrustaciones o sedimentos en las rejillas o en la bomba y también la corrosión.
Pregunta 2	<i>¿Cuáles son los factores internos que afectan la operatividad del pozo?</i>
Respuesta	Los mismos que indique anteriormente
Pregunta 3	<i>¿Cuáles son los factores externos al pozo que afectan su operatividad?</i>
Respuesta	No soy residente del sector Yuma pero si del municipio San Diego, y una de las cosas que afecta la operatividad del pozo son las continuas interrupciones de la energía eléctrica.

Fuente: Carvajal, J. (2021)